



PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO DE PINGO D'ÁGUA - MG

Relatório Final – Revisão 1

Volume 1 – Caracterização Geral do Município e do Saneamento Básico Municipal

ABR/2018



Realização:



Instituto BioAtlântica IBIO AGB Doce

Rua Afonso Pena, 2590, Esplanada - Governador Valadares/MG - 35.020-010

Tel.: 55 33 3212-4350 www.ibioagbdoce.org.br



Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Piranga - D01

Rua João Vidal de Carvalho, 295 – Guarapiranga – Ponte Nova/MG – 35430-186

Tel.: 55 33 3212-4350

E-mail: contato@cbhpiranga.org.br

Execução:



Prefeitura Municipal de Pingo D'Água – MG

Pc Legislação 153 – Pingo D'Água/ MG – 35.348-000

Telefone: 55 33 33536100

E-mail: administracao@pingodagua.mg.gov.br

Prefeito: Artur Carlos da Silva



Comitê de Coordenação do Plano Municipal de Saneamento Básico

Nome	Órgão
Titular: Cristina Nogueira de Moura Suplente: José Santana Pereira	Conselho Municipal de Saúde
Titular: Sirlene Aparecida Ferreira Demore Suplente: Shirley Carvalho Lima Paula	Conselho Municipal de Educação
Titular: Ademir Ferreira de Assis Suplente: João Batista da Cunha	Secretaria Municipal de Meio Ambiente
Titular: Sávio Samuel Pereira de Souza Suplente: Leônidas Lucindo de Souza Junior	Câmara dos Vereadores
Titular: Carlos Eduardo Silva Suplente: José Geraldo Rivelli	Comitê de Bacia Hidrográfica do Rio Piranga

Comitê Executivo do Plano Municipal de Saneamento Básico

Nome	Órgão
Titular: Valdecir Cardoso Gomes Suplente: Ronaldo Antônio dos Santos	Secretaria Municipal de Obras e/ou Serviços Urbanos
Titular: Arlindo Martins Gomes Neto Suplente: Adir Basílio de Sales	Secretaria Municipal de Agricultura e Meio Ambiente
Titular: Itamar Martins Cardoso Suplente: Maria da Glória Teixeira Coelho	Secretaria Municipal de Assistência Social
Titular: Márcia Aparecida da Rocha Reis Suplente: Irani Martins da Silva	Secretaria Municipal de Saúde
Titular: Aloísio Antônio Tristão Suplente: Luzia Coelho de Paula	Secretaria de Educação
Titular: Francisco Anísio F. de Jesus Suplente: Marcos Henrique dos Santos	Concessionárias ligadas aos serviços de saneamento básico
Titular: Ramon Batista Suplente: Sargento Flávio Herculano	Defesa Civil



Delegados

Nome	Comunidade
Titular: Antônio Fernandes Suplente: Luiz Paulo Coelho	Bairro Sacramento do distrito sede
Titular: Antônio de Paula Pedra Suplente: Wesley de Paula Pedra	Bairro São Sebastião do distrito sede
Titular: Nadir Xavier Suplente: Vanderleia da Silva Matos	Bairro Santo Agostinho do distrito sede
Titular: Maria Aparecida da Silva Calazans Suplente: Lindomar	Comunidade rural Acampamento Chico Mendes



Consultoria especializada para apoio na elaboração dos Planos Municipais de Saneamento Básico:



SHS - Consultoria e Projetos de Engenharia Ltda. EP

Rua Padre Teixeira, 1772, Centro - São Carlos/SP - 13.560-210

Tel.: 55 16 33741755 www.shs.com.br

Equipe-chave:

Lívia Cristina Holmo Villela - Engenheira Civil Sênior / Doutora em Engenharia Hidráulica e Saneamento - Coordenação e revisão geral.

Iveti Ap. Pavão Macedo da Silva - Engenheira Civil Sênior / Especialista em projetos de saneamento - Responsável pelos setores de abastecimento de água; esgotamento sanitário; drenagem urbana e manejo de águas pluviais; limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos.

Larissa Nogueira Olmo Margarido - Engenheira Civil Sênior / Mestre em Engenharia Hidráulica e Saneamento - Responsável pelos setores de abastecimento de água; esgotamento sanitário; drenagem urbana e manejo de águas pluviais; limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos. Responsável pelos estudos populacionais.

Swami Marcondes Villela - Engenheiro Civil Sênior / Livre-docente da Universidade de São Paulo - Responsável pelos setores de abastecimento de água; esgotamento sanitário; drenagem urbana e manejo de águas pluviais; limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos.

Ana Carolina do Prado Whitaker Medeiros - Bacharel em Comunicação Social – Jornalismo / Pós-graduada em Gestão Ambiental - Responsável pelo Plano de Comunicação e Mobilização Social.

Wlamir José Paschoalino - Economista / Mestre em Política Científica e Tecnológica – Consultor na área de Economia.



Isabel Cristina Inocente Pavão – Advogada - Responsável pelos trabalhos na área jurídica.

Equipe Complementar:

Sheila Holmo Villela - Bacharel em Psicologia / Mestre e Doutora em Ciências da Engenharia Ambiental - Coordenadora operacional dos PMSBs nos quatro setores do saneamento (água, esgoto, drenagem e resíduos sólidos); responsável pela configuração dos eventos públicos (Seminários, Oficinas, Audiências) e pelas equipes de campo.

João Paulo Freitas Alves Pereira – Engenheiro Ambiental Junior - Coordenador operacional dos quatro setores do saneamento básico (água, esgoto, drenagem e resíduos sólidos); responsável pelo Sistema de Informação e Bases Cartográficas elaboradas utilizando técnicas de geoprocessamento (SIG).

Darci Pereira - Engenheiro Civil Pleno / Especialista em projetos de saneamento - Corresponsável pelo setor de drenagem urbana e manejo de águas pluviais.

Vítor Catoia – Biólogo - Corresponsável pela caracterização geral dos municípios e Sistema de Informação e Bases Cartográficas elaboradas utilizando técnicas de geoprocessamento (SIG).

Paloma Fernandes Paulino - Engenheira Ambiental Plena / Mestre em Engenharia Hidráulica e Saneamento - Responsável pelo setor de drenagem; responsável pelo Sistema de Informação e Bases Cartográficas elaboradas utilizando técnicas de geoprocessamento (SIG).

Vilma Matias – Bióloga - Levantamento de dados e apoio aos gestores municipais quanto aos procedimentos de comunicação e mobilização social.

Flávia B. Feliciano de Lima – Pedagoga - Responsável pela revisão e edição geral dos textos e corresponsável pela área de comunicação e mobilização social.

Danilo Gustavo - Desenhista / Projetista - Responsável pelos desenhos técnicos.

Simone Pavão – Técnica em Gestão – Responsável pela área administrativa.



Ana Carolina Ferrari dos Santos - Engenharia Ambiental - Colaboradora técnica no setor de Esgotamento Sanitário.

Junio da Silva Luiz - Engenheiro Ambiental - Corresponsável pelo setor de drenagem urbana e manejo de águas pluviais.

Marina da Costa Ribeiro de Almeida – Aluna de Engenharia Ambiental – USP - Estagiária - Colaboradora técnica no setor de Drenagem.

Erik Vieira de Melo - Aluno de Engenharia Ambiental – USP - Estagiário - Colaborador técnico na caracterização geral dos municípios e no setor de Drenagem.

Julia Villela Berlinger - Aluna de Engenharia de Produção – UFSCar - Estagiária - Colaboradora técnica no setor de caracterização institucional dos municípios.

Flávia Arlette Oliveira - Aluna do Curso de Gestão e Análise Ambiental – UFSCar - Estagiária - Colaboradora técnica no setor de Esgotamento Sanitário.



SUMÁRIO

Lista de Figuras	xvi
Lista de Quadros	xx
Lista de Tabelas.....	xxiii
Lista de Anexos	xxv
Abreviaturas e Siglas	xxv
Glossário.....	xxviii
Apresentação.....	xxxi
1. Introdução.....	34
2. Caracterização geral do município.....	41
2.1. Diagnóstico físico-ambiental.....	41
2.1.1. <i>Localização e acessos</i>	41
2.1.2. <i>Topografia e geomorfologia</i>	43
2.1.3. <i>Hidrografia e hidrogeologia</i>	48
2.1.4. <i>Clima</i>	52
2.1.5. <i>Cobertura vegetal e Unidades de Conservação</i>	52
2.2. Caracterização demográfica.....	57
2.2.1. <i>Demografia</i>	57
2.2.2. <i>Projeção populacional</i>	62
2.2.2.1. <i>Metodologia</i>	62
2.2.2.2. <i>Cálculo das projeções</i>	63
2.3. Características socioeconômicas	65
2.3.1. <i>Indicadores de renda, pobreza e desigualdade</i>	65
2.3.2. <i>Economia</i>	66
2.3.3. <i>Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM)</i>	68



2.3.4.	<i>Nível educacional da população.....</i>	69
2.3.5.	<i>Indicadores de saúde e saneamento.....</i>	71
2.4.	<i>Infraestrutura local.....</i>	73
2.4.1.	<i>Infraestrutura física.....</i>	73
2.4.2.	<i>Infraestrutura social.....</i>	77
2.5.	<i>Características sociais.....</i>	78
2.5.1.	<i>Aspectos históricos.....</i>	78
2.5.2.	<i>Dinâmica social.....</i>	79
2.5.3.	<i>Áreas de interesse social.....</i>	83
2.6.	<i>Caracterização institucional do município.....</i>	84
2.6.1.	<i>Organização institucional do governo municipal.....</i>	84
2.6.2.	<i>Capacidade econômico-financeira do município.....</i>	87
2.6.2.1.	<i>Índice FIRJAN.....</i>	87
2.6.2.2.	<i>Plano Plurianual.....</i>	90
2.6.3.	<i>Capacidade da rede educacional no apoio ao saneamento.....</i>	92
2.6.4.	<i>Soluções compartilhadas com outros municípios.....</i>	92
2.6.5.	<i>Programas locais de interesse do saneamento básico.....</i>	94
2.6.6.	<i>Política local de Recursos Humanos.....</i>	95
2.6.7.	<i>Sistema de comunicação local.....</i>	95
3.	Caracterização institucional dos setores do Saneamento Básico.....	96
3.1.	<i>Aspectos institucionais e situação econômico-financeira do sistema de água.....</i>	96
3.2.	<i>Aspectos institucionais e situação econômico-financeira do sistema de esgoto.....</i>	99



3.3.	Aspectos institucionais e situação econômico-financeira do sistema de drenagem	100
3.4.	Aspectos institucionais e situação econômico-financeira do sistema de resíduos sólidos	100
4.	Diagnóstico Operacional dos setores do saneamento básico municipal....	102
4.1.	Situação dos serviços de abastecimento de água.....	103
4.1.1.	<i>Análise crítica dos planos existentes.....</i>	<i>103</i>
4.1.2.	<i>Caracterização da prestação dos serviços por meio de indicadores.....</i>	<i>109</i>
4.1.3.	<i>Situação atual do sistema</i>	<i>110</i>
4.1.4.	<i>Soluções alternativas empregadas.....</i>	<i>114</i>
4.1.5.	<i>Análise de mananciais.....</i>	<i>115</i>
4.2.	Situação dos serviços de esgotamento sanitário.....	116
4.2.1.	<i>Levantamentos, planos e projetos existentes e análise da legislação aplicável para os serviços de esgotamento sanitário</i>	<i>117</i>
4.2.1.1.	<i>Legislação aplicável</i>	<i>117</i>
4.2.1.2.	<i>Planos e Projetos</i>	<i>118</i>
4.2.2.	<i>Descrição geral do sistema de esgotamento sanitário</i>	<i>121</i>
4.2.2.1.	<i>Cenário de lançamentos de esgotos no município</i>	<i>128</i>
4.2.2.2.	<i>Principais deficiências do sistema do esgotamento sanitário.....</i>	<i>130</i>
4.2.3.	<i>Soluções alternativas empregadas ao esgotamento sanitário</i>	<i>130</i>
4.2.4.	<i>Sistema de monitoramento da quantidade e qualidade dos esgotos</i>	<i>131</i>
4.2.5.	<i>Enquadramento dos corpos receptores.....</i>	<i>132</i>
4.2.6.	<i>Avaliação de áreas de risco de contaminação</i>	<i>133</i>
4.2.7.	<i>Identificação de fundos de vale (possíveis áreas para a localização das ETEs e interceptores).....</i>	<i>134</i>
4.3.	Situação dos serviços de drenagem urbana e manejo de águas pluviais ..	135



4.3.1. Considerações preliminares	135
4.3.2. Localização do município na bacia hidrográfica	136
4.3.3. Levantamentos, planos e projetos existentes e análise da legislação aplicável ao setor de drenagem urbana e manejo de águas pluviais.....	136
4.3.3.1. Levantamento cadastral do Sistema de Drenagem Urbana.....	136
4.3.3.2. Legislação, planos e projetos	137
4.3.4. Principais cursos d'água e microbacias.....	142
4.3.5. Infraestrutura atual do sistema e pontos críticos	144
4.3.5.1. Pavimentação.....	145
4.3.5.2. Bocas de lobo.....	147
4.3.5.3. Rede de drenagem.....	149
4.3.5.3.1. Verificação da separação entre os sistemas de drenagem e de esgotamento sanitário.....	150
4.3.5.4. Fundos de vale, lançamento de águas pluviais e dissipação de energia ...	151
4.3.5.5. Processos erosivos	157
4.3.5.6. Assoreamento	157
4.3.5.7. Escorregamento	158
4.3.5.8. Enchentes, inundações e alagamentos	159
4.3.5.9. Mapa dos principais pontos críticos no município.....	160
4.3.6. Áreas de Preservação Permanente (APPs)	162
4.3.7. Obras, manutenção e fiscalização do SDU.....	163
4.3.8. Análise da capacidade-limite e croqui das bacias contribuintes para o sistema de microdrenagem.....	164
4.3.9. Simulações hidrológicas.....	164
4.3.9.1. Área da bacia de contribuição	166
4.3.9.2. Talvegue da bacia de contribuição e declividade equivalente do talvegue.....	166



4.3.9.3.	Tempo de concentração da bacia.....	167
4.3.9.4.	Coeficiente de escoamento superficial	168
4.3.9.5.	Período de retorno	169
4.3.9.6.	Intensidade da chuva de projeto.....	169
4.3.9.7.	Vazão de pico.....	170
4.3.10.	<i>Análise da capacidade de escoamento do ribeirão Sacramento</i>	<i>171</i>
4.3.11.	<i>Órgãos municipais que atuam no SDU.....</i>	<i>174</i>
4.4.	Situação dos serviços de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos ...	174
4.4.1.	<i>Análise crítica dos planos existentes.....</i>	<i>174</i>
4.4.2.	<i>Descrição e análise do sistema.....</i>	<i>176</i>
4.4.2.1.	Resíduos sólidos urbanos	179
4.4.2.1.1.	<i>Resíduos domiciliares e comerciais</i>	<i>179</i>
4.4.2.1.2.	<i>Resíduos de limpeza urbana.....</i>	<i>182</i>
4.4.2.2.	Resíduos de responsabilidade do gerador	185
4.4.2.2.1.	<i>Resíduos dos serviços públicos de saneamento básico.....</i>	<i>185</i>
4.4.2.2.2.	<i>Resíduos sólidos industriais.....</i>	<i>185</i>
4.4.2.2.3.	<i>Resíduos sólidos dos serviços de saúde</i>	<i>186</i>
4.4.2.2.4.	<i>Resíduos sólidos da construção civil.....</i>	<i>187</i>
4.4.2.2.5.	<i>Resíduos agrossilvopastoris</i>	<i>187</i>
4.4.2.2.6.	<i>Resíduos de serviços de transporte.....</i>	<i>187</i>
4.4.2.2.7.	<i>Resíduos de mineração</i>	<i>187</i>
4.4.2.3.	Resíduos especiais passíveis de logística reversa	187
4.4.3.	<i>Identificação dos passivos ambientais e medidas saneadoras</i>	<i>189</i>
4.4.4.	<i>Geração de resíduos.....</i>	<i>191</i>
4.4.4.1.	Resíduos sólidos urbanos	191
4.4.4.2.	Resíduos sólidos industriais	192



4.4.4.3.	Resíduos sólidos dos serviços de saúde	192
4.4.4.4.	Resíduos sólidos da construção civil	192
4.4.4.5.	Resíduos de mineração.....	192
4.4.4.6.	Resíduos especiais passíveis de logística reversa	193
4.4.5.	<i>Soluções consorciadas.....</i>	193
5.	Projeções e estimativas de demanda dos serviços públicos de saneamento básico	193
5.1.	Sistema de Abastecimento de Água.....	193
5.1.1.	<i>Projeção das demandas do Sistema de Abastecimento de Água</i>	<i>193</i>
5.1.2.	<i>Descrição dos principais mananciais e definição de alternativas técnicas de Engenharia para atendimento da demanda</i>	<i>200</i>
5.1.2.1.	Sede.....	200
5.1.2.2.	Áreas rurais.....	205
5.2.	Sistema de Esgotamento Sanitário.....	208
5.2.1.	<i>Estimativa da demanda de esgotamento sanitário</i>	<i>208</i>
5.2.2.	<i>Definição de alternativas técnicas de engenharia para o Serviço de Esgotamento Sanitário a partir das projeções.....</i>	<i>229</i>
5.2.3.	<i>Metas de qualidade para os efluentes da ETE e para o corpo d 'água ..</i>	<i>234</i>
5.3.	Sistema de Drenagem Urbana e Manejo de Águas Pluviais	239
5.3.1.	<i>Projeções e estimativas da ocupação urbana e seus impactos</i>	<i>239</i>
5.3.2.	<i>Medidas de controle de erosão e assoreamento.....</i>	<i>247</i>
5.3.3.	<i>Medidas para a redução da disposição de resíduos sólidos nos corpos d'água.....</i>	<i>252</i>
5.3.4.	<i>Diretrizes para o controle do escoamento superficial.....</i>	<i>254</i>
5.3.5.	<i>Diretrizes para o tratamento dos fundos de vale</i>	<i>258</i>
5.4.	Sistema de Limpeza Urbana e Manejo de Resíduos Sólidos	262



<i>5.4.1. Projeções e estimativa de demanda do Sistema de Limpeza Urbana e Manejo de Resíduos Sólidos.....</i>	<i>262</i>
5.4.1.1. Resíduos sólidos domiciliares	262
5.4.1.2. Resíduos recicláveis.....	264
5.4.1.3. Resíduos orgânicos.....	266
5.4.1.4. Rejeitos	267
<i>5.4.2. Cálculo dos custos da prestação dos serviços.....</i>	<i>269</i>
5.4.2.1. Panorama do setor	269
5.4.2.2. Princípio da isonomia	271
5.4.2.3. Princípio da capacidade contributiva	271
5.4.2.4. Metodologias de cálculo da taxa de coleta de lixo	271
5.4.2.4.1. Rateio dos custos pelo número de economias.....	273
5.4.2.4.2. Cálculo baseado na tipologia do gerador	274
5.4.2.4.3. Cálculo baseado na área construída do imóvel.....	276
5.4.2.4.4. Cálculo baseado no consumo de água	278
5.4.2.4.5. Cálculo alternativo baseado no consumo de água	279
5.4.2.5. Formas de cobrança da taxa de coleta de lixo.....	281
<i>5.4.3. Identificação de áreas favoráveis à disposição final ambientalmente adequada de rejeitos.....</i>	<i>282</i>
5.4.3.1. Dimensionamento da área necessária para instalação de um aterro sanitário em Pingo D'Água	285
<i>5.4.4. Critérios para escolha da área para projeto e implantação de aterro de resíduos da construção civil e de resíduos inertes.....</i>	<i>290</i>
<i>5.4.5. Análise preliminar de viabilidade de implantação de usina de reciclagem de resíduo de demolição da construção civil</i>	<i>293</i>
6. Hierarquização das áreas e/ou programas de intervenção prioritários	297
7. Considerações Finais	299



8. Bibliografia	300
9. Anexos	319

Lista de Figuras

Figura 1 - Localização geográfica do município de Pingo D'Água e dos municípios limítrofes	42
Figura 2 - Mapa de acessos ao município de Pingo D'Água	43
Figura 3 - Hipsometria do município de Pingo D'Água	46
Figura 4 - Geomorfologia do município de Pingo D'Água.....	47
Figura 5 - Hidrografia do município de Pingo D'Água.....	50
Figura 6 - Domínios hidrogeológicos presentes no município de Pingo D'Água	51
Figura 7 - Características climáticas do município de Pingo D'Água.....	52
Figura 8 - Vegetação e APA do município de Pingo D'Água	55
Figura 9 - Zoneamento ecológico-econômico em Pingo D'Água.....	56
Figura 10 - Distribuição da população de Pingo D'Água nas zonas urbana e rural por faixa etária.....	58
Figura 11 - Mapa de densidade demográfica do município de Pingo D'Água	59
Figura 12 - Pirâmide etária da população de Pingo D'Água em 2010	61
Figura 13 - Distribuição da população de 10 anos ou mais de acordo com o rendimento mensal	62
Figura 14 - Projeção populacional para o município de Pingo D'Água.....	64
Figura 15 - Porcentagem dos valores adicionados por setor da Economia.....	67
Figura 16 - IDHM de Pingo D'Água nos anos de 1991, 2000 e 2010	69
Figura 17 - Mortalidade proporcional da população de Pingo D'Água em 2014.....	73
Figura 18 - Índice FIRJAN de Gestão Fiscal (IFGF) de Pingo D'Água	89



Figura 19 - Despesas e Receitas orçamentárias do Município de Pingo D'Água.....	90
Figura 20 - Organograma da COPASA	97
Figura 21 - Ponto de captação de água da sede.....	111
Figura 22 - Estação de Tratamento de Água da sede	112
Figura 23 - Reservatórios de água tratada RAP-R01 (esq.) e RSA-R02 (dir.)	113
Figura 24 - Imagem de satélite com a localização dos equipamentos do SAA da sede.....	113
Figura 25 - Lançamento de esgotos no ponto 1	124
Figura 26 - Confluência com o ribeirão Sacramento	124
Figura 27 - Canal de concreto da drenagem que recebe os esgotos	124
Figura 28 - Canal aberto formado.....	124
Figura 29 - Tubulação quebrada no ponto 3.....	125
Figura 30 - Lançamento dos esgotos na galeria de águas pluviais	126
Figura 31 - Lançamento dos esgotos a céu aberto	127
Figura 32 - Lançamento dos esgotos no ponto 6	127
Figura 33 - Pontos críticos do Sistema de Esgotamento Sanitário do município de Pingo D'Água.....	129
Figura 34 - Microbacias do município de Pingo D'Água	143
Figura 35 - Detalhe da pavimentação de bloquete sextavado.....	146
Figura 36 - Rua sem pavimentação.....	146
Figura 37 - Rede coletora.....	147
Figura 38 - Boca de lobo em situação recomendada por Tucci (1993) em Pingo D'Água.....	148
Figura 39 - Boca de lobo existente em Pingo D'Água sem resíduos sólidos.....	149
Figura 40 - Boca de lobo existente em Pingo D'Água com resíduos sólidos.....	149



Figura 41 - Lançamento de esgotos na rede de drenagem do município.....	151
Figura 42 - Ponto de lançamento de águas pluviais 1 em conjunto com lançamento de esgotos	152
Figura 43 - Canal aberto do lançamento de águas pluviais 1	152
Figura 44 - Canal aberto do lançamento de águas pluviais 1	153
Figura 45 - Local de desaguamento do canal aberto no ribeirão Sacramento	153
Figura 46 - Rede de drenagem no ponto de lançamento de águas pluviais 2.....	154
Figura 47 - Rede de drenagem no ponto de lançamento de águas pluviais 2.....	154
Figura 48 - Interligação da rede coletora à rede coletora de águas pluviais	155
Figura 49 - Lançamento de águas pluviais 3 e de esgotos	155
Figura 50 - Lançamento de águas pluviais 4 e processo erosivo	156
Figura 51 - Lançamento de águas pluviais 4 e processo erosivo	156
Figura 52 - Lançamento de águas pluviais 4 e processo erosivo	156
Figura 53 - Pontos de assoreamento no ribeirão Sacramento no município de Pingo D'Água.....	158
Figura 54 - Esquema ilustrativo sobre enchente, inundação e alagamento	159
Figura 55 - Ponto crítico de alagamento no município de Pingo D'Água.....	160
Figura 56 - Mapa dos principais pontos críticos do município de Pingo D'Água	161
Figura 57 - Área de Preservação Permanente do ribeirão Sacramento	163
Figura 58 - Mapa da bacia de contribuição no ponto estudado do município de Pingo D'Água.....	165
Figura 59 - Ribeirão Sacramento próximo à área urbana de Pingo D'Água - meandros.....	171
Figura 60 - Ribeirão Sacramento próximo à área urbana de Pingo D'Água - planície de inundação.....	172
Figura 61 - Destinação dos resíduos sólidos urbanos na bacia do rio Doce	175



Figura 62 - Caminhão utilizado na coleta dos resíduos sólidos domiciliares	179
Figura 63 - Usina de Triagem e Compostagem de Resíduos Sólidos (UTC) de Pingo D'Água.....	180
Figura 64 - Leiras de disposição de resíduos compostáveis (matéria orgânica)	181
Figura 65 - Vala de disposição de rejeitos.....	182
Figura 66 - Entreposto de galhos	183
Figura 67 - Localização da UTC	184
Figura 68 - Componentes da UTC.....	184
Figura 69 - Local de armazenamento de pneus e resíduos volumosos da UTC	188
Figura 70 - Localização do antigo ponto de captação e o novo ponto proposto para a sede.....	203
Figura 71 - Visão panorâmica do local proposto para a sede.....	203
Figura 72 - Esquema do sistema de cloração desenvolvido pela Embrapa	206
Figura 73 - Esquema geral de filtragem de água de uma nascente	208
Figura 74 - Alternativa locacional da ETE para município de Pingo D'Água	231
Figura 75 - Esquema do sistema de fossas/tanques sépticos em conjunto com o filtro anaeróbio.....	233
Figura 76 - Esquema de um sumidouro	233
Figura 77 - Dados do Atlas Digital das Águas de Minas para o município de Pingo D'Água.....	235
Figura 78 - Aumento do pico em função da proporção de área impermeável e da canalização do sistema de drenagem	240
Figura 79 - Ribeirão Sacramento próximo à área urbana de Pingo D'Água - planície de inundação.....	246
Figura 80 - Esquema de vala de infiltração	256
Figura 81 - Bacia de amortecimento transformada em espaço pra lazer	257



Figura 82 - Exemplo de distribuição de lotes e vias públicas nas margens de cursos d'água	261
Figura 83 - Exemplo de parcelamento do solo considerando aspectos	262
Figura 84 - Critérios a serem adotados para escolha da localização da área	284
Figura 85 - Áreas sugeridas para instalação do Aterro Sanitário (AS)	288
Figura 86 - Áreas sugeridas para instalação do Aterro Sanitário (AS)	289

Lista de Quadros

Quadro 1 - Evolução e distribuição da população de Pingo D'Água nos anos de 1991, 2000 e 2010.....	60
Quadro 2 - Estrutura etária da população de Pingo D'Água nos anos de 1991, 2000 e 2010.....	61
Quadro 3 - Projeção populacional para o município de Pingo D'Água	63
Quadro 4 - Indicadores de renda, pobreza e desigualdade de Pingo D'Água.....	65
Quadro 5 - Valor do rendimento nominal médio mensal <i>per capita</i> dos domicílios	66
Quadro 6 - Valores adicionados por setor da Economia	67
Quadro 7 - IDHM de Pingo D'Água nos anos de 1991, 2000 e 2010	68
Quadro 8 - Informações do setor educacional no município de Pingo D'Água.....	70
Quadro 9 - Escolaridade da população de 25 anos ou mais em Pingo D'Água	70
Quadro 10 - Longevidade, mortalidade e fecundidade	71
Quadro 11 - Proporção de internações por doenças relacionadas ao saneamento básico inadequado no período de 2000 a 2013, em Pingo D'Água.....	71
Quadro 12 - Número de internações devido a doenças infecciosas e parasitárias por faixa etária.....	72
Quadro 13 - Características urbanísticas dos domicílios particulares permanentes	74



Quadro 14 - Tipo de abastecimento de água, esgotamento sanitário e destino dos resíduos sólidos.....	75
Quadro 15 - Tipo de saneamento em áreas rurais e urbanas em 2010	76
Quadro 16 - Informações sobre o manejo de resíduos sólidos	101
Quadro 17 - Índice de cobertura média dos serviços de abastecimento de água e volume produzido para as UPGRHs do rio Doce	103
Quadro 18 - Resumo do tratamento convencional adotado no município	111
Quadro 19 - Situação das comunidades rurais quanto ao abastecimento de água.....	114
Quadro 20 - Coordenadas dos pontos de lançamento de esgotos de Pingo D'Água..	128
Quadro 21 - Estimativa da composição gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos coletados no Brasil	192
Quadro 22 - Projeção da demanda futura para a sede no cenário previsível.....	195
Quadro 23 - Balanço da oferta e demanda do SAA para a sede no cenário previsível	196
Quadro 24 - Projeção da demanda futura para a sede no cenário normativo	198
Quadro 25 - Balanço da oferta e demanda do SAA para a sede no cenário normativo.....	199
Quadro 26 - Vazões no manancial utilizado na sede	200
Quadro 27 - Balanço entre a vazão outorgável no manancial e a demanda futura da sede.....	201
Quadro 28 - Dados referentes ao manancial de captação proposto para a sede.....	204
Quadro 29 - Balanço entre a vazão outorgável no manancial recomendado para a sede e a demanda futura.....	204
Quadro 30 - Evolução da vazão de esgoto doméstico do município de Pingo D'Água no cenário previsível	210
Quadro 31 - Evolução da contribuição de infiltração do município de Pingo D'Água ..	212



Quadro 32 - Evolução da vazão sanitária para o cenário previsível do município de Pingo D'Água.....	213
Quadro 33 - Evolução da carga orgânica bruta e concentração inicial de DBO para o cenário previsível do município de Pingo D'Água.....	214
Quadro 34 - Evolução da carga orgânica removida e concentração removida de DBO para o cenário previsível do município de Pingo D'Água.....	216
Quadro 35 - Evolução da carga e concentração de coliformes fecais termotolerantes para o cenário previsível do município de Pingo D'Água.....	217
Quadro 36 - Evolução da carga removida de coliformes e concentração removida de coliformes para o cenário previsível do município de Pingo D'Água	219
Quadro 37 - Evolução da vazão de esgoto doméstico para o cenário normativo do município de Pingo D'Água	220
Quadro 38 - Evolução da vazão de infiltração para o cenário normativo do município de Pingo D'Água	221
Quadro 39 - Evolução da vazão sanitária para o cenário normativo do município de Pingo D'Água.....	223
Quadro 40 - Evolução da carga orgânica bruta e concentração inicial de DBO para o cenário normativo do município de Pingo D'Água	224
Quadro 41 - Evolução da carga e concentração removida de DBO para o cenário normativo do município de Pingo D'Água.....	225
Quadro 42 - Evolução da carga e concentração de coliformes fecais termotolerantes para o cenário normativo do município de Pingo D'Água	227
Quadro 43 - Evolução da carga removida de coliformes e concentração removida de coliformes para o cenário previsível do município de Pingo D'Água	228
Quadro 44 - Medidas para prevenção, controle, mitigação e/ou recuperação que podem ser usadas para áreas degradadas por processos erosivos.	249
Quadro 45 - Esquema das diferentes técnicas compensatórias estruturais.....	255
Quadro 46 - Projeção da geração de resíduos.....	263



Quadro 47 - Estimativa da composição gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos coletados no Brasil em 2008.	264
Quadro 48 - Metas para redução de resíduos secos recicláveis enviados à disposição final.....	265
Quadro 49 - Metas para redução de resíduos orgânicos enviados à disposição final.....	266
Quadro 50 - Cenário projetado para os rejeitos enviados à disposição final.....	268
Quadro 51 - Informações sobre o manejo de resíduos sólidos	270
Quadro 52 - Área necessária em m ²	286
Quadro 53 - Projeção de geração de RCD de Pingo D'Água.....	295
Quadro 54 - Aspectos considerados no processo de hierarquização das áreas e/ou programas de intervenção prioritários	298

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Análise financeira a partir dos dados do SNIS	99
Tabela 2 - Percentual médio de perdas da bacia do rio Doce.....	104
Tabela 3 - Consumo <i>per capita</i> do estado de Minas Gerais, conforme as faixas populacionais.....	105
Tabela 4 - Disponibilidade hídrica superficial dos rios que compõem a UPGRH DO1	107
Tabela 5 - Vazão média no mês de janeiro dos rios que compõem a UPGRH DO1... ..	107
Tabela 6 - Usos de soluções individuais alternativas na área rural de Pingo D'Água.....	130
Tabela 7 - Padrões de qualidade do ribeirão Sacramento comparados com os valores de referência para classe 2 da CONAMA nº 357/05.....	132
Tabela 8 - Localização e área de contribuição na seção estudada	166



Tabela 9 - Diferença de nível, declividade média e declividade equivalente	167
Tabela 10 - Coeficientes volumétricos de escoamento (C_2)	168
Tabela 11 - Constantes da equação I-D-F para o município de Pingo D'Água	170
Tabela 12 - Intensidade das chuvas para cada período de retorno.....	170
Tabela 13 - Simulação hidrológica do ponto estudado.....	171
Tabela 14 - Velocidades médias aconselháveis em canais abertos.....	173
Tabela 15 - Resultados da avaliação da capacidade de escoamento do ribeirão Sacramento	174
Tabela 16 - Valores utilizados para o cálculo da concentração de DBO de lançamento máxima aceitável da futura ETE em Pingo D'Água.....	237
Tabela 17 - Valores utilizados para o cálculo da concentração de coliformes fecais termotolerantes de lançamento máxima aceitável da futura ETE em Pingo D'Água...	238
Tabela 18 - Impermeabilização das bacias com histórico de inundação.....	241
Tabela 19 - Projeção de crescimento populacional urbano até 2038 no cenário previsível	242
Tabela 20 - Projeção da impermeabilização decorrente da ocupação urbana até 2038 a partir do cenário normativo	243
Tabela 21 - Evolução das estruturas de retenção de resíduos sólidos — autolimpantes	254
Tabela 22 - Fatores de referência hipotéticos para o cálculo da taxa de coleta de lixo baseado na área construída do imóvel	277
Tabela 23 - Simulação das taxas de coleta de lixo baseadas na área construída do imóvel	277
Tabela 24 - Simulação das taxas de coleta de resíduos sólidos baseadas no consumo de água	279
Tabela 25 - Fatores de referência hipotéticos para o cálculo da taxa de coleta de lixo baseado no consumo de água	280



Tabela 26 - Fatores de referência hipotéticos para o cálculo da taxa de coleta de lixo baseado no consumo de água	280
---	-----

Lista de Anexos

Anexo 1 - Mapa das Áreas de Preservação Permanente (APPs) dos cursos d'água do município de Pingo D'Água.....	320
Anexo 2 - Termo Aditivo ao Contrato de Concessão à COPASA.....	321
Anexo 3 - Relatório de Qualidade de Água 2016 de Pingo D'Água.....	322

Abreviaturas e Siglas

AGEITEC - Agência Embrapa de Informação Tecnológica.

ANA - Agência Nacional de Águas.

APA - Área de Proteção Ambiental.

APP - Área de Preservação Permanente.

ARSAE - Agência Reguladora de Serviços de Abastecimento de Água e de Esgotamento Sanitário do Estado de Minas Gerais.

CBH - Comitê de Bacia Hidrográfica.

CEMIG - Companhia Energética de Minas Gerais.

CNRH - Conselho Nacional de Recursos Hídricos.

CODEMA – Conselho Municipal de Defesa do Meio Ambiente.

CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais.

CRAS - Centro de Referência de Assistência Social.

DATASUS - Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde.

DER-MG - Departamento de Estradas e Rodagem de Minas Gerais.



EEE - Estação Elevatória de Esgotos.

EPI - Equipamento de Proteção Individual.

ETA - Estação de Tratamento de Água.

ETE - Estação de Tratamento de Esgotos.

FJP - Fundação João Pinheiro.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

IBIO AGB Doce – Instituto BioAtlântica - Agência de Água da bacia hidrográfica do rio Doce.

IDH - Índice de Desenvolvimento Humano.

IMRS - Índice Mineiro de Responsabilidade Social.

IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada.

ONG - Organização Não Governamental.

PARH Piranga – Plano de Ação de Recursos Hídricos da Unidade de Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos Piranga.

PCMS - Plano de Comunicação e Mobilização Social.

PERD - Parque Estadual do Rio Doce.

PERS-MG - Política Estadual de Resíduos Sólidos de Minas Gerais.

PEV - Ponto de Entrega Voluntária.

PIRH Doce - Plano Integrado de Recursos Hídricos da bacia hidrográfica do rio Doce.

PITE Piranga - Plano para Incremento do Percentual de Tratamento de Esgotos Sanitários na bacia hidrográfica do rio Piranga.

PMGIRS - Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos.

PMSB - Plano Municipal de Saneamento Básico.

PNRS - Política Nacional de Resíduos Sólidos.

PNUD - Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento.

PPA - Plano Plurianual.

PPP - Parceria público-privada.



SAA - Sistema de Abastecimento de Água.

SAAE - Serviço de Abastecimento de Água e Esgoto.

SDU - Sistema de Drenagem Urbana.

SEMAD - Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável.

SES - Sistema de Esgotamento Sanitário.

SLU - Sistema de Limpeza Urbana.

SMIS - Sistema Municipal de Informações sobre Saneamento.

SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento.

SNUC - Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza.

TI - Tecnologia da Informação.

UC - Unidade de Conservação.

UGRH - Unidade de Gestão de Recursos Hídricos.

UPGRH - Unidade de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos.



Glossário

Área de preservação permanente: área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas.

Área de risco: área especial que denota a existência de risco à vida humana e que necessita de sistema de drenagem especial, como encosta sujeita a deslizamentos, área inundável com proliferação de vetores, área sem infraestrutura de saneamento, etc.

Área periurbana: área que se localiza para além dos subúrbios de uma cidade. Espaço onde as atividades rurais e urbanas se misturam, dificultando a determinação dos limites físicos e sociais do espaço urbano e do rural. Resulta da implantação dispersa do povoamento urbano em meio rural. Aqui o tecido urbano surge de forma descontínua, a atividade agrícola é instável e assiste-se à implantação de indústrias e de alguns serviços. Na generalidade das áreas periurbanas, a densidade de ocupação humana registra valores reduzidos.

Controle de vetores: é o conjunto de programas cujo objetivo é evitar a proliferação das zoonoses, isto é, das doenças transmitidas ao homem por animais, tais como: raiva, leishmaniose, leptospirose, toxoplasmose, entre outras. São doenças consideradas típicas de áreas rurais, mas que, em função da interferência do homem no meio ambiente, manifestada na forma de desmatamento, acúmulo de lixo, circulação de animais, etc., aumentou a sua frequência de ocorrência em zonas urbanas.

Controle social: conjunto de mecanismos e procedimentos que garantem à sociedade informações, representações técnicas e participações nos processos de formulação de políticas, de planejamento e de avaliação relacionados aos serviços públicos de saneamento básico.

Drenagem e manejo das águas pluviais urbanas: conjunto de atividades, infraestruturas e instalações operacionais de drenagem urbana de águas pluviais, de transporte, detenção ou retenção para o amortecimento de vazões de cheias, tratamento e disposição final das águas pluviais drenadas nas áreas urbanas.



Gestão associada: associação voluntária de entes federados, por convênio de cooperação ou consórcio público, conforme disposto no art. 241 da Constituição Federal.

Limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos: conjunto de atividades, infraestruturas e instalações operacionais de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destino final do lixo doméstico e do lixo originário da varrição e limpeza de logradouros e vias públicas.

Macro/mesodrenagem: sistema de drenagem que compreende basicamente os principais canais de veiculação das vazões, recebendo ao longo de seu percurso as contribuições laterais e a rede primária urbana, provenientes da microdrenagem. Considera-se como macro e mesodrenagem os cursos de água, galerias tubulares com dimensões iguais ou superiores a 1,20 m de diâmetro e galerias celulares cuja área da seção transversal seja igual ou superior a 1m².

Microdrenagem: sistema de drenagem de condutos pluviais em nível de loteamento ou de rede primária urbana, que constitui o elo entre os dispositivos de drenagem superficial e os dispositivos de macro e mesodrenagem, coletando e conduzindo as contribuições provenientes das bocas de lobo ou caixas coletoras. Consideram-se como microdrenagem as galerias tubulares com dimensões iguais ou superiores a 0,30m e inferiores a 1,20m de diâmetro e galerias celulares cuja área da seção transversal seja inferior a 1m².

Nascente: afloramento natural do lençol freático que apresenta perenidade e dá início a um curso d'água.

Plano Plurianual: instrumento de planejamento governamental de médio prazo, previsto no artigo 165 da Constituição Federal, regulamentado pelo Decreto nº 2.829, de 29 de outubro de 1998 e estabelece diretrizes, objetivos e metas da Administração Pública para um período de quatro anos, organizando as ações do governo em programas que resultem em bens e serviços para a população. É aprovado por lei quadrienal, tendo vigência do segundo ano de um mandato majoritário até o final do primeiro ano do mandato seguinte. Nele constam, detalhadamente, os atributos das políticas públicas executadas, tais como metas físicas e financeiras, produtos a serem entregues à sociedade, entre outros.



Salubridade ambiental: qualidade ambiental capaz de prevenir a ocorrência de doenças veiculadas pelo meio ambiente e de promover o aperfeiçoamento das condições mesológicas, favoráveis à saúde da população urbana e rural.

Saneamento: é o conjunto de ações, obras e serviços que tem por objetivo alcançar níveis crescentes e sustentáveis de salubridade ambiental.

Saneamento ambiental: é o nome que se dá ao conjunto de serviços e práticas que visam promover a qualidade e a melhoria do meio ambiente e contribuir para a saúde pública e o bem-estar da população.

Saneamento básico: conjunto de serviços e ações com o objetivo de alcançar níveis crescentes de salubridade ambiental, nas condições que maximizem a promoção e a melhoria das condições de vida nos meios urbanos e rurais, compreendendo o abastecimento de água, o esgotamento sanitário, a limpeza urbana e o manejo de resíduos sólidos, a drenagem e o manejo de águas pluviais urbanas.

Sistema de Abastecimento de Água: constituído pelas atividades, infraestruturas e instalações necessárias ao abastecimento público de água potável, desde a captação até as ligações prediais e respectivos instrumentos de medição.

Sistema de Esgotamento Sanitário: constituído pelas atividades, infraestruturas e instalações operacionais de coleta, afastamento, recalque, tratamento e disposição final adequados dos esgotos sanitários, desde as ligações prediais até o seu lançamento final no meio ambiente.

Sistema de Limpeza Urbana: conjunto de atividades, infraestruturas e instalações operacionais do lixo originário da varrição e limpeza de logradouros e vias públicas.

Sustentabilidade: termo usado para definir ações e atividades humanas que visam suprir as necessidades atuais dos seres humanos, sem comprometer o futuro das próximas gerações. Ou seja, a sustentabilidade está diretamente relacionada ao desenvolvimento econômico e material sem agredir o meio ambiente, usando os recursos naturais de forma inteligente para que eles se mantenham no futuro.

Universalização: ampliação progressiva do acesso de todos os domicílios ocupados ao saneamento básico.



Apresentação

A partir da regulamentação dos artigos 182 e 183 da Constituição Federal, instituiu-se, em 2001, o Estatuto da Cidade que estabelece normas de ordem pública e interesse social que regulam o uso da propriedade urbana em prol do bem coletivo, da segurança e do bem-estar dos cidadãos, bem como do equilíbrio ambiental.

Para uma maior compreensão das questões do saneamento básico, os legisladores entenderam necessário especificar ainda mais a regulamentação iniciada no Estatuto da Cidade, surgindo então a Lei Federal nº 11.445/07. Essa lei e o Decreto Federal nº 7.217/10, que a regulamenta, vêm estabelecer diretrizes sobre o saneamento básico intensificando a regulamentação de serviços que, em última instância, afetam diretamente a saúde das pessoas e o meio ambiente.

A Lei nº 11.445, sancionada em 5 de janeiro de 2007, trouxe nova disciplina para a prestação de serviços de saneamento básico, exigindo tanto do titular quanto do prestador de serviços novas atribuições, direitos e obrigações, entre elas a obrigatoriedade da elaboração dos planos de saneamento básico, a regulação dos serviços, a instituição do controle social dos serviços de saneamento e a participação social no planejamento do setor, além da adequação da prestação dos serviços às condições de sustentabilidade e equilíbrio econômico-financeiro, em regime de eficiência.

Ainda de acordo com a legislação vigente, a obtenção de financiamentos ou de recursos a fundo perdido, nos órgãos federais e estaduais, ficou atrelada à apresentação, por parte do Poder Público Municipal, do Plano Municipal de Saneamento Básico e do Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos.

As diretrizes estabelecidas para o saneamento básico passaram a ser baseadas em princípios como a universalização do acesso aos serviços, a regulação dos serviços, a realização dos mesmos de forma adequada à saúde e à proteção do meio ambiente e a garantia de segurança, qualidade e regularidade na prestação dos serviços, entre outros.

A partir desse novo contexto, busca-se garantir que o fornecimento desses serviços à população não se dê exclusivamente pela busca da rentabilidade econômica e financeira, mas que leve em consideração o objetivo fundamental de garantir a todos



os cidadãos o direito ao saneamento básico como meio de lhes garantir saúde e bem-estar social. Por essa razão, os investimentos no setor não são mais entendidos como uma decisão empresarial, mas como metas de universalização e de integralidade, permitindo o acesso de todos aos serviços, inclusive daqueles que, por sua baixa renda, não tenham capacidade de pagamento.

As diretrizes dadas pela lei também apontam para o controle social dos serviços públicos de saneamento básico, através, inclusive, da participação de órgãos colegiados (novas entidades instituídas especificamente para lidar com os serviços de saneamento ou órgãos já existentes, desde que essas novas atribuições sejam legalmente constituídas em seus estatutos) de caráter consultivo, estaduais, municipais e do Distrito Federal, nos quais deve ser assegurada a representação:

I - Dos Titulares dos serviços.

II - De órgãos governamentais relacionados ao setor de saneamento básico.

III - Dos prestadores de serviços públicos de saneamento básico.

IV - Dos usuários de serviços de saneamento básico.

V - De entidades técnicas, organizações da sociedade civil e de defesa do consumidor relacionadas ao setor de saneamento básico.

A legislação vigente, entretanto, não impõe a estatização ou a privatização do setor, mas apenas cria um ambiente legal a que devem se subordinar todos os prestadores dos serviços de saneamento básico, sejam eles entes públicos estaduais e municipais, ou entidades privadas e de economia mista.

O Decreto nº 9.254, de 29 de dezembro de 2017 em seu § 2º dispõe que “após 31 de dezembro de 2019, a existência de plano de saneamento básico, elaborado pelo titular dos serviços, será condição para o acesso aos recursos orçamentários da União ou aos recursos de financiamentos geridos ou administrados por órgão ou entidade da administração pública federal, quando destinados a serviços de saneamento básico”.

Revisar periodicamente o Plano Municipal de Saneamento Básico é tarefa que depende de uma agenda permanente de discussão sobre a salubridade ambiental local, o que muitas vezes tem prioridade baixa e acaba sendo preterida pelo gestor local. O acesso à informação, imprescindível para o controle social, também é garantido no art. 26 da Lei nº 11.445/07.



A Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS, instituída pela Lei nº 12.305 de 02 de agosto de 2010 e regulamentada pelo Decreto nº 7.404, de 23 de dezembro de 2010, integra a Política Nacional do Meio Ambiente e articula-se com as diretrizes nacionais para o saneamento básico, dadas pela Lei nº 11.445 de 5 de janeiro de 2007, com a Lei nº 11.107 de 6 de abril de 2005, que dispõe sobre consórcios públicos, e com a Política Nacional de Educação Ambiental, regulada pela Lei nº 9.795 de 27 de abril de 1999.

Ademais, o Plano Municipal de Saneamento Básico deve apresentar compatibilidade com as disposições do Plano Diretor Municipal, se houver, e com o Plano de Bacias a que o município está sujeito. O município de Pingo D'Água – MG não possui Plano Diretor e está inserido na Unidade de Gestão de Recursos Hídricos UGRH 1, bacia do rio Piranga.

Este PMSB incorpora o Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS), previsto na Lei nº 12.305/10, já que atende ao art. 51 de seu decreto regulamentador.

Os gestores públicos que não atenderem a essas disposições estarão sujeitos ao enquadramento por ato de improbidade administrativa. Entretanto, além de simplesmente fazer cumprir essas disposições é importante que o gestor público entenda que o PMSB não deve ser considerado mera obrigação legal, mas sim um instrumento de gestão e um orientador da formulação da política local do setor.



1. Introdução

O Instituto BioAtlântica (IBIO) é uma organização sem fins lucrativos, criada por indivíduos, empresas e ONGs ligadas ao tema sustentabilidade, através do Decreto Federal de 2002, alterado pelo Decreto Federal de 1º de setembro de 2010. Em 2011, foi habilitado a exercer as funções de Agência de Água na bacia hidrográfica do rio Doce, tendo sido sua indicação como entidade delegatária aprovada pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos - CNRH, por meio da Resolução nº 130, de 20 de setembro de 2011.

Ciente da necessidade de adequar o setor de saneamento básico dos municípios que integram a bacia hidrográfica do rio Doce, o IBIO, funcionando como Agência de Águas, consolidou a elaboração de Planos Municipais de Saneamento Básico, pelos Comitês de Bacias Hidrográficas (CBHs), com recursos provenientes da cobrança pelo uso da água. Trata-se de um esforço conjunto para viabilizar aos municípios um instrumento de gestão dos eixos que integram o saneamento básico.

Em setembro de 2016, o IBIO lançou o Ato Convocatório nº 08/2016 para instruir a contratação de empresa especializada na prestação de serviços de elaboração dos Planos Municipais de Saneamento Básico (PMSBs) para os seguintes municípios integrantes da bacia hidrográfica do rio Doce: *Córrego Novo, **Pingo D'Água e Itaverava** pertencentes à UGRH 1 Piranga; São Gonçalo do Rio Abaixo, pertencente à UGRH 2 Piracicaba; Belo Oriente, Joanésia e Santo Antônio do Itambé, pertencentes à UGRH 3 Santo Antônio; e Entre Folhas e Ipaba, pertencentes à UGRH 5 Caratinga.*

Em 28/11/2016 o IBIO-AGB Doce assinou contrato e ordem de serviço com a empresa SHS – Consultoria e Projetos de Engenharia Ltda. EPP, ambas estabelecendo a vigência de 12 meses aos trabalhos de prestação de serviços na elaboração dos PMSBs dos nove municípios anteriormente mencionados.

Este PMSB foi elaborado em etapas marcadas pela entrega de relatórios parciais denominados “Produtos”, discriminados a seguir:

- ✓ Produto 1 - Plano de Trabalho.
- ✓ Produto 2 - Plano de Comunicação e Mobilização Social.



- ✓ Produto 3 - Diagnóstico Técnico-Participativo dos Serviços de Saneamento Básico.
- ✓ Produto 4 - Prognóstico contemplando objetivos e metas por componente do saneamento e alternativas institucionais para a gestão dos serviços de saneamento básico no município.
- ✓ Produto 5 - Programas, Projetos e Ações e Hierarquização das Áreas e/ou Programas de Intervenção Prioritários.
- ✓ Produto 6 - Plano de Investimentos.
- ✓ Produto 7 - Sistema Municipal de Informações sobre Saneamento com Seleção dos Indicadores para Monitoramento do PMSB.
- ✓ Produto 8 - Relatório Final do PMSB.

Cientes da importância e essencialidade da participação dos gestores públicos na elaboração do PMSB, sem a qual a empresa contratada não teria condições de realizar o trabalho, os contratantes (IBIO-AGB Doce e CBHs envolvidos) determinaram a criação de dois comitês: o Comitê Executivo e o Comitê de Coordenação. O Comitê Executivo é a instância responsável pela operacionalização do processo de elaboração do PMSB, sendo sua principal atribuição executar as atividades previstas nas etapas de elaboração do Plano, construindo conjuntamente os Produtos a serem entregues, submetendo-os à avaliação do Comitê de Coordenação.

O Comitê de Coordenação é a instância consultiva e deliberativa, formalmente institucionalizada por meio de decreto municipal, responsável pela coordenação, condução e acompanhamento da elaboração do PMSB, constituída por representantes das instituições públicas e civis relacionadas ao saneamento básico, bem como por representantes dos Conselhos Municipais, da Câmara de Vereadores, do Ministério Público, do CBH e de organizações da Sociedade Civil (entidades profissionais, empresariais, movimentos sociais e ONGs, entre outras). Sua principal atribuição é coordenar, discutir, avaliar e aprovar o trabalho produzido pelo Comitê Executivo.

O Decreto Municipal nº 07, de 23 de fevereiro de 2017 define os nomes dos integrantes dos comitês mencionados.

Neste Plano, foram abordados os quatro eixos integrantes do sistema municipal de saneamento básico, definidos pela Lei nº 11.445/2007 da seguinte forma:



- Abastecimento de água: constituído pelas atividades, infraestrutura e instalações necessárias ao abastecimento público de água potável, desde a captação até as ligações prediais e respectivos instrumentos de medição.
- Esgotamento sanitário: constituído pelas atividades, infraestrutura e instalações operacionais de coleta, transporte, tratamento e disposição final adequados de esgotos sanitários, desde as ligações prediais até o lançamento final no meio ambiente.
- Drenagem e manejo de águas pluviais urbanas: conjunto de atividades, infraestrutura e instalações operacionais de drenagem urbana de águas pluviais, de transporte, retenção ou retenção para o amortecimento de vazões de cheias, tratamento e disposição final das águas pluviais drenadas nas áreas urbanas.
- Limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos: conjunto de atividades, infraestruturas e instalações operacionais de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destino final do lixo doméstico e do lixo originário da varrição e limpeza de logradouros e vias públicas.

O presente PMSB foi elaborado levando-se em conta um horizonte de planejamento de vinte anos, devendo ser revisado a cada quatro anos, preferencialmente em períodos coincidentes com os de vigência do Plano Plurianual (PPA) elaborado para o município.

O Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB) de Pingo D'Água está apresentado em dois volumes, especificados a seguir:

- ❖ **Volume 1 - Caracterização Geral do Município e do Saneamento Básico Municipal.**
- ❖ Volume 2 - Gestão Integrada do Saneamento Básico Municipal.

Este documento corresponde ao Volume 1 e traz a caracterização do município, o diagnóstico dos setores de saneamento básico do município e as projeções de estimativas de demanda desses serviços para os 20 anos de horizonte de planejamento.



Buscando-se o alinhamento de ideias e o entendimento de todos os envolvidos na elaboração deste Plano, foram definidas, de comum acordo, a metodologia adotada. Essa metodologia é apresentada a seguir, conforme foi utilizada nas diversas etapas de elaboração do presente PMSB:

➤ **Para levantamento de dados:**

Dados primários

- Visitas à sede, aos distritos legalmente constituídos e a locais representativos da zona rural.
- Consultas junto aos gestores locais.

Dados secundários - colhidos de fontes oficiais:

- Agência Nacional de Águas (ANA)
- Atlas Brasil
- Atlas Digital de Minas Gerais
- Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil
- Cadastro Nacional de Estabelecimentos de Saúde (CNES)
- CBH DOCE - MG
- CBH PIRANGA - MG
- Departamento de Estradas e Rodagem de Minas Gerais (DER-MG)
- Departamento de Informática do SUS (DATASUS)
- Índice Mineiro de Responsabilidade Social (IMRS)
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)
- Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM)
- Inventário Florestal de Minas Gerais
- Ministério da Educação (MEC)
- Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome (MDS)
- Prefeitura Municipal de Pingo D'Água
- Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD)
- QGis.org
- QGis Brasil.org
- Serviço Geológico do Brasil (CPRM)
- Sistema de Informações de Mortalidade (SIM)



- Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS)

- **Para elaboração de projeções demográficas:**
 - Projeções e Estimativas Populacionais para Pequenas Áreas- *Software* peqAR 2.0.
 - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE.
 - Diretoria de Pesquisas - DPE.
 - Coordenação de População e Indicadores Sociais - COPIS.

- **Para estimativas de vazões de esgotamento:**
 - Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos.
 - Marcos Von Sperling, Volume 1, 1ª edição (1996), 3ª edição (2005).

- **Para estudos de vazões máximas, segundo períodos de retorno (Tr):**
 - Metodologia IPAY-WU. Design hydrographs for small watersheds in Indiana. ASCE, 1963.

- **Para estudos de vazões outorgáveis:**
 - Informações hidrológicas presentes no sistema de consulta do Atlas Digital das Águas de Minas. Este é o principal produto desenvolvido no âmbito do programa de pesquisa e desenvolvimento denominado HIDROTEC, fruto da parceria institucional entre duas Secretarias de Estado e órgãos vinculados: Secretaria de Estado da Agricultura Pecuária e Abastecimento (SEAPA) / Fundação Rural Mineira (RURALMINAS); Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMAD) / Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM) e Universidade Federal de Viçosa (UFV).

- **Para estabelecimento de objetivos e metas:**
 - Metodologia SWOT (*Strong, Weakness, Oportunity, Threat*) que subsidiou a configuração dos cenários Previsível e Normativo para cada eixo,



adotando-se o cenário normativo para a proposição de objetivos, metas, programas e ações.

- Termo de Referência para elaboração de Planos Municipais de Saneamento Básico.
- Procedimentos relativos ao convênio de cooperação técnica e financeira da Fundação Nacional de Saúde - Funasa/MS Brasília, 2012 (http://www.funasa.gov.br/site/wp-content/uploads/2012/04/2b_TR_PMSB_V2012.pdf).
- PPA - Plano Plurianual que deve subsidiar o estabelecimento de objetivos e metas do PMSB.

Os prazos para a implementação das ações foram segmentados da seguinte forma:

- Ações imediatas: em até 3 anos.
- Ações de curto prazo: de 4 a 8 anos.
- Ações de médio prazo: de 9 a 12 anos.
- Ações de longo prazo: de 13 a 20 anos.

Quanto à abrangência espacial, o PMSB de Pingo D'Água considerou o município tomado em seu território completo, seja nas áreas ocupadas com usos urbanos, seja nas áreas rurais ocupadas com matas nativas, atividades de natureza agropecuária, industrial ou de mineração.

Esclarece-se que, dado o grande número de aglomerados parcialmente urbanizados (formados por poucas ruas pavimentadas, algumas casas, pequenos estabelecimentos comerciais e, comumente, uma igreja) ou de agrupamentos de casas nas áreas rurais do município, não seria possível à equipe da consultora realizar um levantamento primário de dados em todas essas localidades, quanto às soluções previamente adotadas para o abastecimento de água, esgotamento sanitário, drenagem de águas de chuvas e manejo de resíduos sólidos. No entanto, os técnicos da consultora levantaram, junto aos técnicos da Prefeitura Municipal, todas as informações existentes sobre a situação do saneamento básico dessas localidades não visitadas. Através de diversos questionamentos de natureza técnica, a equipe de engenheiros da consultora passou a entender quais eram as soluções adotadas pelas aglomerações urbanizadas e comunidades rurais existentes neste município para cada



um dos serviços de saneamento básico. A partir dessa compreensão, pode-se elencar soluções técnicas e ambientalmente corretas para a regularização do saneamento básico nessas localidades.

As reuniões públicas previstas durante o processo de elaboração do PMSB foram realizadas apenas nas sedes dos municípios e de seus distritos legalmente instituídos, conforme aprovado no Plano de Comunicação e Mobilização Social (PCMS). Apesar disso, os moradores das demais localidades foram convidados, e até incentivados, a participarem das reuniões.

Assim, para a implementação de programas, projetos e ações, o presente PMSB alcança todo o território municipal.

Durante o processo de elaboração do Plano foram realizados, no município de Pingo D'Água, os seguintes eventos:

- Reunião de Partida para abertura dos trabalhos do PMSB: **13/12/2016** em Caratinga – MG.
- 1º Seminário Unificado para apresentação da versão preliminar do Plano de Comunicação e Mobilização Social e ratificação dos delegados: **07/03/2017**.
- 1ª Oficina e 2º Seminário sobre o diagnóstico técnico-participativo: **15/05/2017**.
- 2ª Oficina e 3º Seminário com delegados e membros dos comitês: **19/06/2017**.
- 3ª Oficina e 4º Seminário para apresentação da versão preliminar dos programas, projetos e ações para a adequação dos serviços dos quatro componentes do saneamento básico: **11/09/2017**.
- 4ª Oficina para apresentação da versão preliminar do Plano de Investimentos / 5ª Oficina sobre os indicadores de monitoramento e Reunião com setor de TI (Tecnologia da Informação) sobre o SMIS: **26/01/2018**.
- Audiência Pública para apresentação da versão preliminar do PMSB: **22/03/2018**.



2. Caracterização geral do município

A seguir, é apresentado o diagnóstico físico-ambiental e socioeconômico da área compreendida pelo município de Pingo D'Água, incluindo a caracterização demográfica, dados de infraestrutura local, características sociais e consolidação cartográfica das informações.

2.1. Diagnóstico físico-ambiental

2.1.1. Localização e acessos

O município de Pingo D'Água localiza-se na região sudeste do estado de Minas Gerais, a uma distância de aproximadamente 254 km da capital, Belo Horizonte. Está situado na mesorregião do Vale do Rio Doce e microrregião de Caratinga, nas coordenadas geográficas Latitude 19° 45' 7" Sul e Longitude 42° 26' 12" Oeste, a 274 m de altitude (CIDADES-BRASIL, 2017).

Os municípios limítrofes de Pingo D'Água são: Bom Jesus do Galho, Marliéria, Dionísio e Córrego Novo (IBGE, 2010). A Figura 1 mostra a localização do município no estado e região, assim como dos municípios limítrofes citados.

O acesso ao município pode ser realizado através da rodovia estadual MG-759, partindo da rodovia federal BR-458 ao norte, ou do município de Córrego Novo ao sul (DEPARTAMENTO DE ESTRADAS E RODAGEM DE MINAS GERAIS - DER-MG, 2017). Na Figura 2 é possível observar os principais acessos ao município.



Figura 1 - Localização geográfica do município de Pingo D'Água e dos municípios limítrofes

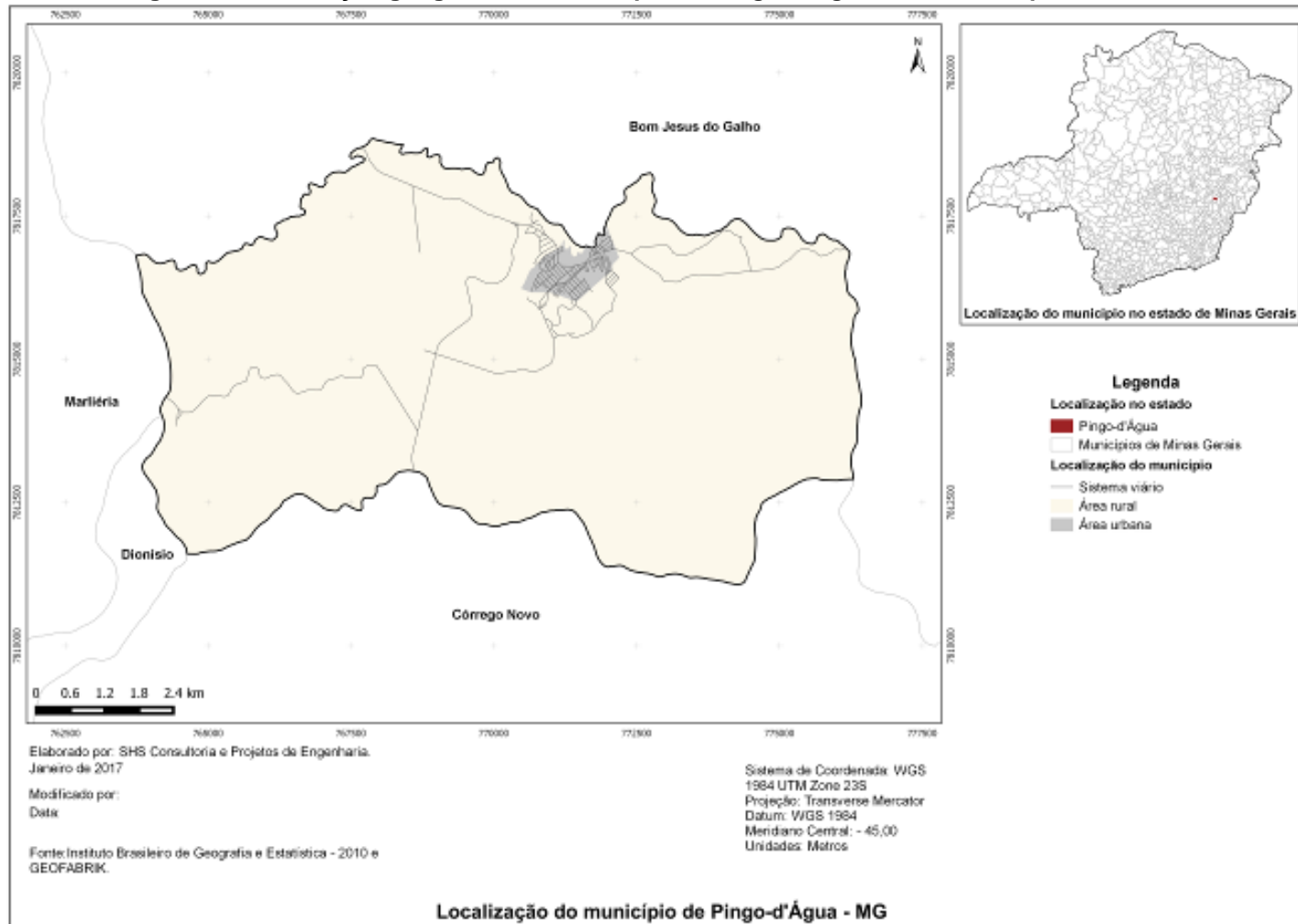


Figura 2 - Mapa de acessos ao município de Pingo D'Água



Fonte: DER-MG, 2017.

2.1.2. Topografia e geomorfologia

A variação de altitude no município de Pingo D'Água pode ser verificada na Figura 3, que consiste em um Mapa Hipsométrico, elaborado a partir de curvas de nível de 50 em 50 m (INVENTÁRIO FLORESTAL DE MINAS GERAIS, 2009; IBGE, 2010). As áreas mais elevadas prevalecem nas regiões leste e sudeste do território municipal, com altitudes que variam de 550 a 850 m. Em todo o restante da área do município prevalecem altitudes mais baixas, variando de 250 a 400 m.

Geomorfologia é a ciência que estuda as formas da superfície da terra e sua evolução. Essas formas da superfície constituem o relevo, que em Minas Gerais, caracteriza-se pela presença de planaltos, depressões e áreas dissecadas, resultado de uma alternância de atuação dos processos morfoclimáticos favoráveis a extensas áreas de aplainamento ou ao entalhamento linear, ou seja, aprofundamento dos cursos d'água (ATLAS DIGITAL DE MINAS GERAIS, 2006).

De acordo com dados do IBGE (2013), o município de Pingo D'Água insere-se em três unidades geomorfológicas: as Escarpas e Reversos da Serra da Mantiqueira, Depressão do rio Doce e Planícies Fluviais e Fluviolacustres (Figura 4).

O Complexo Mantiqueira estende-se a partir das cabeceiras do rio Camanducaia, no sul do Estado, e prossegue de modo descontínuo ao longo da



fronteira entre Minas Gerais e Espírito Santo. A partir das cabeceiras do rio do Peixe, afluente do Paraibuna, o bloco maciço da Mantiqueira bifurca-se: uma faixa de elevações prossegue até Juiz de Fora, e a outra até as proximidades de Santos Dumont (ATLAS DIGITAL DE MINAS GERAIS, 2006). Trata-se de um relevo montanhoso, muito acidentado, com vertentes predominantemente retilíneas a côncavas, escarpadas, assim como topos de cristas alinhadas, aguçados ou levemente arredondados, com sedimentação de colúvios e depósitos de tálus (CPRM, 2010). O sistema de drenagem encontra-se em processo de entalhamento, com amplitudes acima de 300m e ocorrência de paredões rochosos subverticais. Predomina o processo de morfogênese (formação de solos rasos em terrenos muito acidentados), com presença de erosão laminar e de movimentos de massa. Pode ocorrer geração de depósitos de tálus e de colúvios nas baixas vertentes (CPRM, 2010).

Segundo o Plano Integrado de Recursos Hídricos da Bacia do rio Doce, a Depressão do rio Doce, instalada ao longo do rio e seus afluentes, é uma região de baixas altitudes, variando de 250 a 500 m, configurando-se como uma depressão interplanáltica. O contato com as formas de relevo dos planaltos circundantes é muito bem marcado por desníveis altimétricos abruptos. Interiormente, nota-se a presença de elevações, que são residuais dos Planaltos Dissecados do Centro-Sul e do Leste de Minas.

A existência de uma escarpa de linha de falha observada nas bordas dos planaltos, entre o ribeirão do Boi e do Sacramento, é uma evidência geomorfológica do controle tectônico na evolução da depressão.

Quanto à constituição litológica, existem biotita xistos, migmatitos, granitos e anfibolitos. Essa composição é influenciada pelas oscilações climáticas e contribui para a formação de espessos mantos de intemperismo, permitindo o desenvolvimento de solos profundos em vários locais. A ausência de vegetação contribui para a remoção desses solos pela aceleração dos processos morfodinâmicos indicados por ravinas e sulcos.

A Depressão caracteriza-se pela presença de colinas com declividade média, planícies fluviais colmatadas, rampas de colúvio e lagos de barragem natural. Predominam as associações de colinas de topo plano e vales de fundo chato. Os topos das colinas e dos interflúvios tabulares correlacionam-se com a superfície de



aplainamento pleistocênica, responsável pela configuração das depressões evoluídas ao longo da drenagem. Predominam os processos de dissecação fluvial e acumulação, que promoveram a degradação da superfície de aplainamento, a qual apresenta uma cobertura dedrítica areno-argilosa geralmente lateritizada.

O canal do rio Doce possui também padrões diferenciados, com segmentos de meandros, retilíneo e anastomosado e ainda presença de ilhas, principalmente no médio curso. As planícies fluviais são amplas e os terraços, em sua maioria, constituídos por material arenoso e argilo-arenosos, com cerca de 3m de desnível. Eventualmente, esses terraços são inundados durante cheias excepcionais. A unidade morfoestrutural caracteriza-se por um conjunto de relevos ruiformes, resultantes de processos de dissecação fluvial em rochas predominantemente quartzíticas do Super Grupo Espinhaço e do Grupo Macaúbas. Nessa unidade distinguem-se dois setores: um constituído predominantemente por cristas, picos com vales encaixados e vertentes retilíneas íngremes e extensos escarpamentos, com altitudes variando de 1.300 a 1.500 m. Entre os picos e relevos ruiformes pode-se verificar áreas aplainadas que apresentam uma fina cobertura dedrítica. O outro setor é constituído por formas de colinas, em associação com as cristas, com altitudes mais rebaixadas (médias de 850 a 1.000 m). Nesta unidade encontram-se as cabeceiras do rio Santo Antônio, afluente da margem esquerda do rio Doce.

As Planícies Fluviais ou Fluviolacustres são áreas de baixadas inundáveis e constituem zonas de acumulação, sub-horizontais, compostas por depósitos areno argilosos a argilo arenosos. Apresentam gradientes extremamente suaves e convergentes em direção aos cursos d'água principais. São terrenos inundados periodicamente, mal drenados nas planícies de inundação e bem drenados nos terraços. A amplitude de relevo é nula (zero) e a inclinação das vertentes varia entre 0 e 3° (CPRM, 2010).



Figura 3 - Hipsometria do município de Pingo D'Água

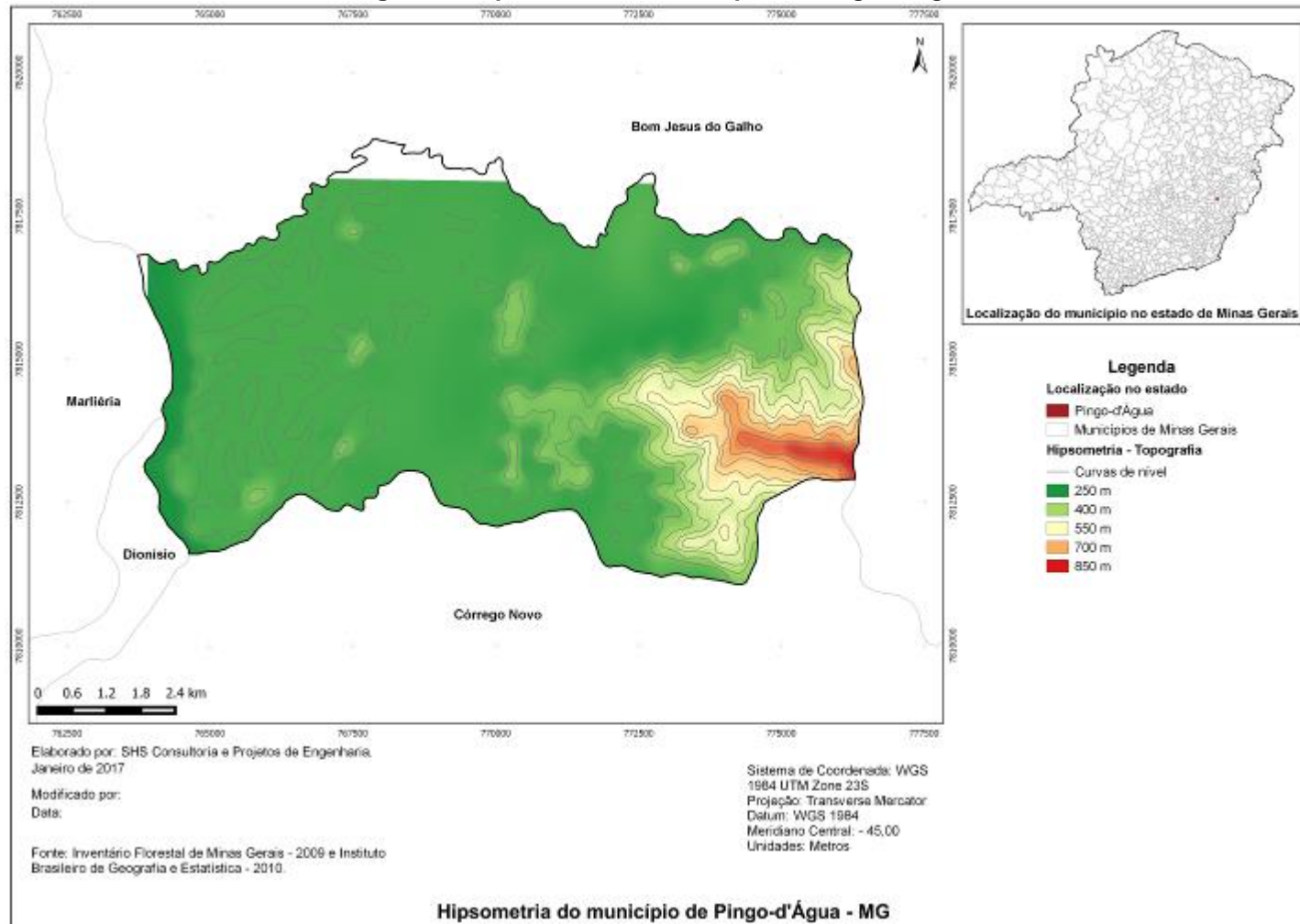
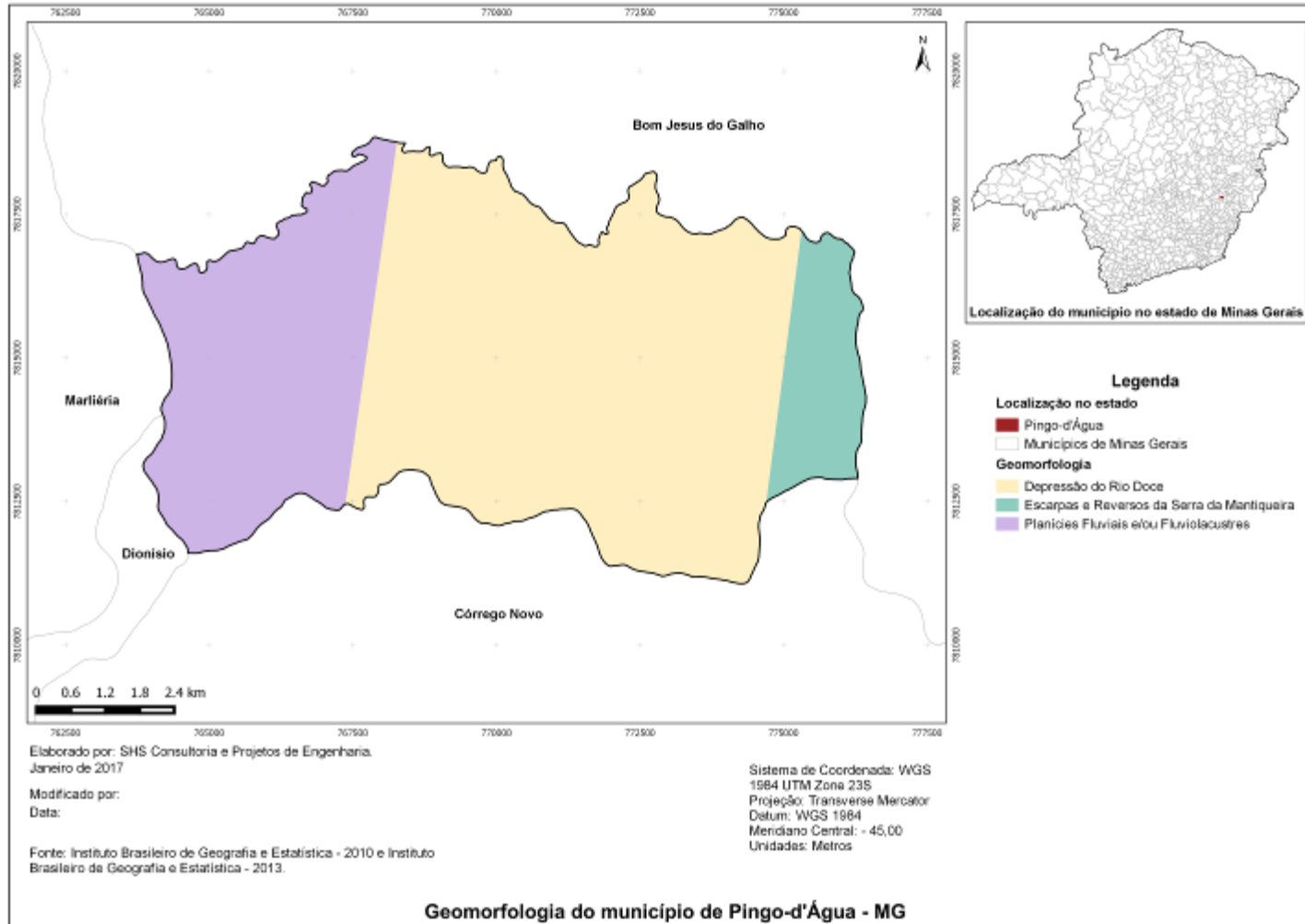




Figura 4 - Geomorfologia do município de Pingo D'Água





2.1.3. Hidrografia e hidrogeologia

O município de Pingo D'Água está localizado na Unidade de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos DO1 Piranga (UPGRH DO1), que integra a macrobacia do rio Doce. A UPGRH DO1 apresenta área de 17.571 km², e a maior parte localiza-se nas regiões da Zona da Mata e Campos das Vertentes. A bacia é composta pelos rios Piranga, do Carmo, Casca e Matipó, além de córregos menores, como o do Peixe, Sem Peixe e Sacramento; e ribeirões Mombaça, do Turvo e do Belém. O rio Piranga nasce nas serras da Mantiqueira e do Espinhaço, no município de Ressaquinha e percorre 470 km. Seus principais afluentes são os rios São Bernardo, Xopotó, Turvo, Limpo e Oratórios (CBH PIRANGA, 2017).

Alguns cursos d'água pertencentes à DO1 desaguam diretamente no rio Doce. Pela margem esquerda, os principais são o rio do Peixe, rio Sem Peixe, ribeirões Mombaça, do Turvo e do Belém. Pela margem direita, destaca-se o ribeirão Sacramento, que atravessa a área territorial de Pingo D'Água na região norte do território municipal, próximo à divisa com Bom Jesus do Galho. O ribeirão dos Óculos localiza-se ao sul do município, na divisa com Córrego Novo e recebe as águas que drenam parte da área rural. A Figura 5 apresenta a localização do município na macrobacia do rio Doce e na bacia do rio Piranga.

Em Pingo D'Água, a Unidade Estratigráfica é denominada Embasamento Fraturado Indiferenciado e estão presentes os domínios hidrogeológicos Cristalino, Formações Cenozóicas Aluviões e Vulcânicas.

O domínio Cristalino predomina no território municipal e está relacionado com o aquífero fissural. Devido à ausência de porosidade natural da rocha, a ocorrência das águas subterrâneas depende de uma porosidade secundária, caracterizada pelas fraturas e fendas, que constituem reservatórios pequenos, aleatórios e descontínuos. Dessa maneira, as vazões alcançadas pelos poços são pequenas e a água, geralmente, é salinizada (CPRM, 2014). Os litótipos são basicamente granitóides, gnaisses, migmatitos, básicas e ultrabásicas (CPRM, 2014).

As Formações Cenozóicas caracterizam-se como rochas sedimentares de diferentes naturezas e espessuras, que sobrepõem às rochas mais antigas. Apresentam um comportamento de aquífero poroso, que possui porosidade primária, e



nos terrenos arenosos são bastante permeáveis. Dependendo da espessura e da razão entre a quantidade de areia e argila, podem ser produzidas vazões significativas nos poços tubulares perfurados. Este domínio está representado por depósitos relacionados temporalmente ao Quaternário e Terciário (aluviões, coluviões, depósitos eólicos, areias litorâneas, arenitos de praia, entre outros). Aluviões são depósitos de sedimentos clásticos (areia, cascalho e/ou lama) formados por um sistema fluvial no leito e nas margens da drenagem, incluindo as planícies de inundação e as áreas deltaicas, com material mais fino extravasado dos canais nas cheias (CPRM, 2014).

A formação vulcânica constitui-se de rochas vulcânicas e metavulcânicas de baixo grau metamórfico, que apresentam comportamento fissural, com porosidade secundária de fendas e fraturas. Essas estruturas rochosas geralmente tendem ao anisotropismo, com estruturação acentuada de foliação, fator que possibilita o desenvolvimento da porosidade secundária. Entretanto, algumas podem apresentar porosidade primária, relacionada a estruturas vesiculares, principalmente derrames básicos. Esse domínio tem um potencial hidrogeológico mais elevado do que ocorre no domínio metassedimentos/metavulcânicas.

Os domínios hidrogeológicos presentes no município de Pingo D'Água são apresentados na Figura 6.



Figura 5 - Hidrografia do município de Pingo D'Água

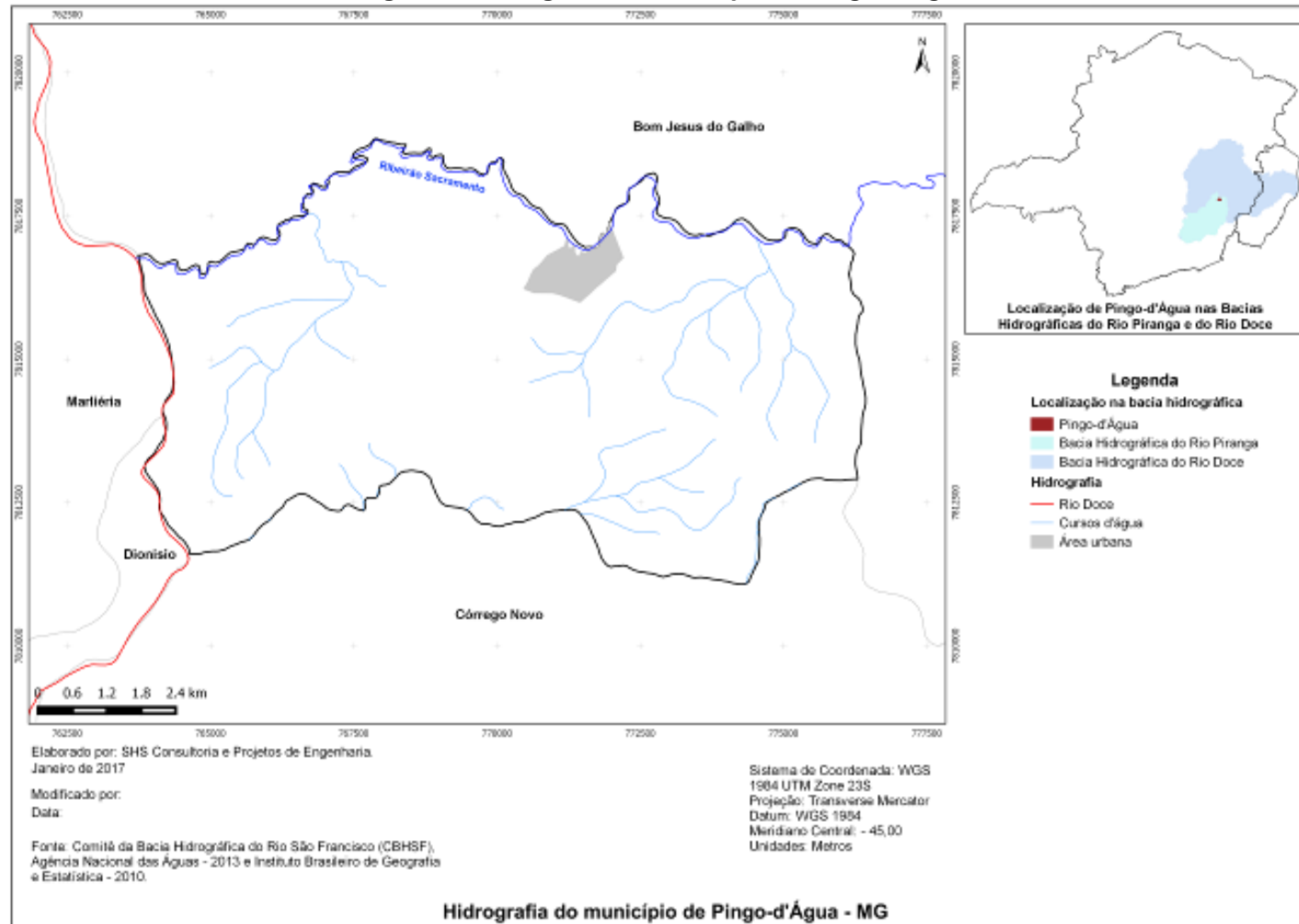
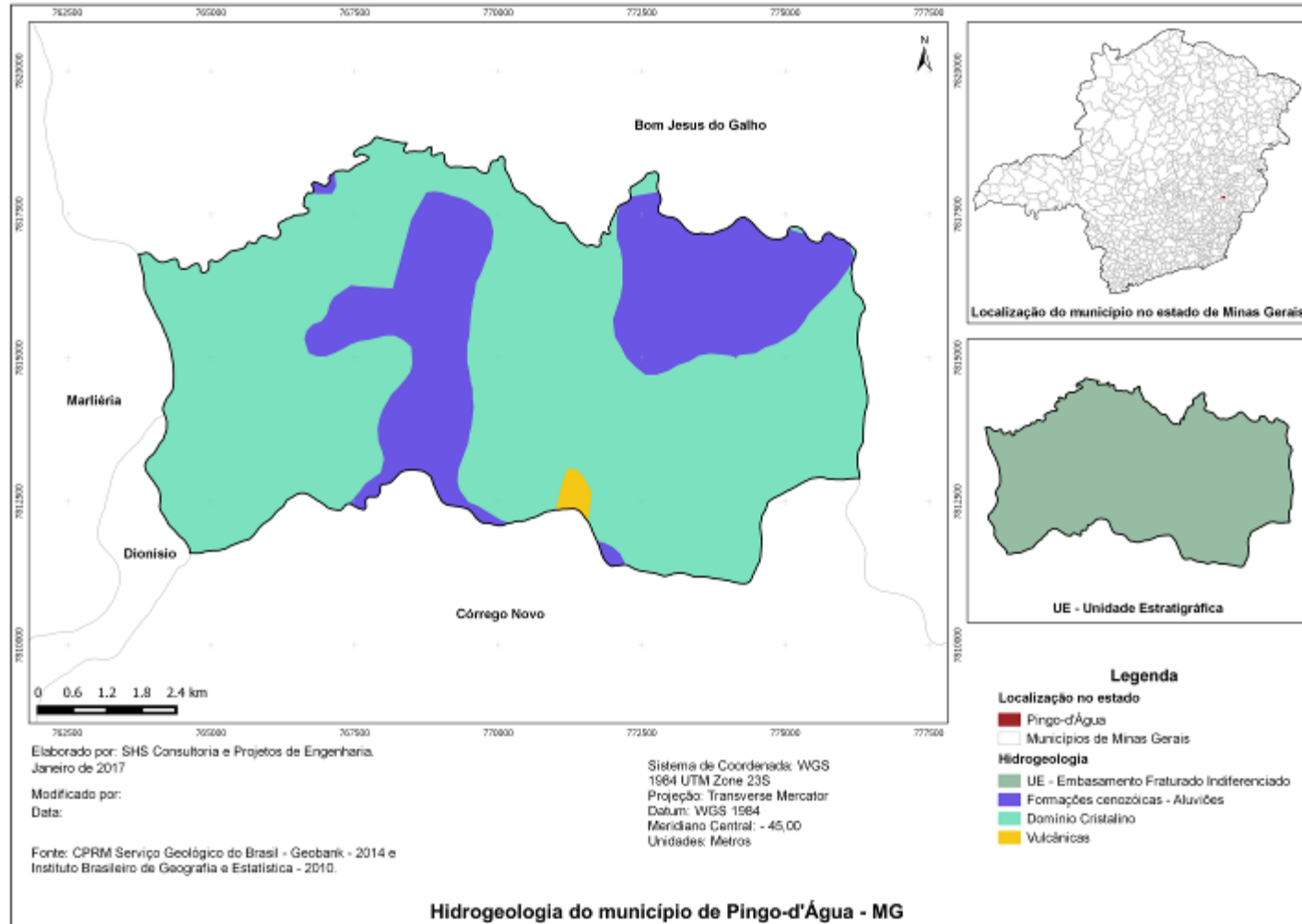




Figura 6 - Domínios hidrogeológicos presentes no município de Pingo D'Água



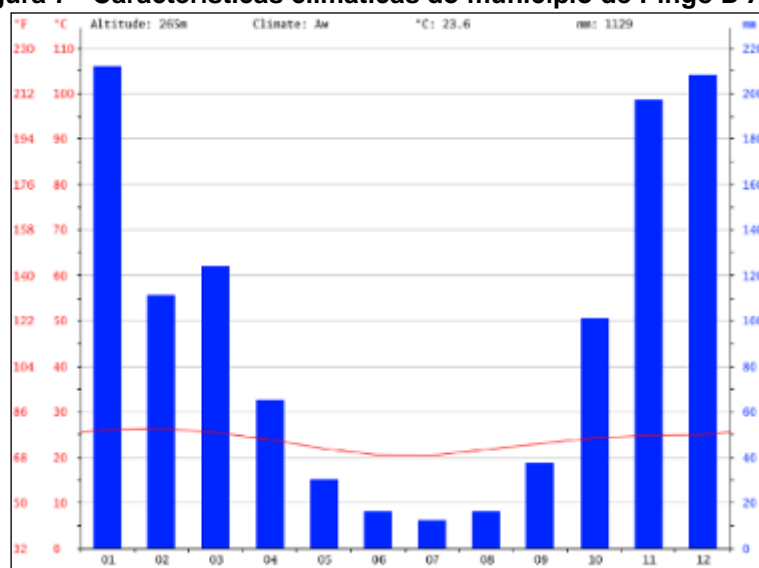


2.1.4. Clima

O clima do município de Pingo D'Água é caracterizado como tropical com inverno seco (Aw), de acordo com a classificação Köppen e Geiger. Esse tipo climático apresenta duas estações bem definidas: verão chuvoso, que se estende de novembro a abril, com maiores índices pluviométricos no mês de janeiro (média de 212 mm); e inverno seco, que se estende de maio a outubro, com estiagem mais crítica no mês de julho (média de 12 mm) (CLIMATE-DATA, 2017).

A temperatura média anual é de 23,6°C, sendo a máxima equivalente a 26,4°C (média de fevereiro), e a mínima equivalente a 20,4°C (média de julho). A precipitação média anual é de 1.129 mm. A Figura 7 apresenta as características climáticas do município de Pingo D'Água (CLIMATE-DATA, 2017).

Figura 7 - Características climáticas do município de Pingo D'Água



Fonte: Climate-data, 2017. Disponível em: <https://pt.climate-data.org/location/312900/>.

2.1.5. Cobertura vegetal e Unidades de Conservação

A vegetação desenvolve-se a partir das características físicas presentes no local, e é imprescindível para o bem-estar animal e ambiental, além de trazer benefícios estéticos. A arborização contribui para a manutenção do clima, aumento da permeabilidade do solo, proteção dos mananciais, purificação do ar, conforto térmico, balanço hídrico, redução da velocidade dos ventos e ruídos, entre outros. Além disso, serve como abrigo e alimento para fauna, contribuindo para o equilíbrio ecológico.



De acordo com o Inventário Florestal de Minas Gerais (2009), no município de Pingo D'Água foram constatadas duas fitofisionomias distintas pertencentes ao bioma Mata Atlântica, cujas características variam conforme a localização: Floresta Estacional Semidecidual Sub Montana, que se concentra na porção oeste do município e ocupa 777,88 hectares; e Floresta Estacional Semidecidual Montana, principalmente na região leste, que recobre cerca de 76,83 hectares. Além dessas formações, verificou-se a presença de uma extensa área coberta por reflorestamento de eucaliptos, com 1.392,42 hectares, também na porção oeste do território municipal (IBGE, 2010; INVENTÁRIO FLORESTAL DE MINAS GERAIS, 2009).

A floresta estacional semidecidual está condicionada à dupla estacionalidade climática (verão quente/úmido e inverno ameno/seco). Nesse tipo de vegetação, a porcentagem de árvores caducifólias, ou seja, que perdem suas folhas em determinada época do ano, está entre 20 e 50 %. Na formação Sub Montana, os gêneros arbóreos predominantes são: *Cedrela* (Cedro), *Parapiptdenia* (Monjoleiro), *Cariniana* (Jequitibás), *Hymenaea* (Jatobás), *Copaifera* (Copaíbas), *Peltophorum* (Canafístula), *Tabebuia* (Ipês), entre outros. Já a formação Montana, que se estabelece acima dos 500 m de altitude, geralmente é dominada por espécies do gênero *Anadenanthera* (Angicos) (IBGE, 2012).

A partir do início do século XX, o plantio do eucalipto foi intensificado no Brasil devido aos incentivos fiscais e estima-se que existam aproximadamente cinco milhões de hectares de florestas de eucalipto (AGEITEC, 2014). Quanto à sua utilização, a madeira pode ser destinada à produção de ripas, vigas, postes, mourões, varas, esteios para minas, mastros, tábuas para embalagens e móveis; e também pode ser usada como carvão vegetal. Das folhas são extraídos óleos que são utilizados na produção de produtos de limpeza e alimentícios, além de perfumes e remédios. A casca possui tanino, que pode ser usado para curtimento do couro; e a fibra é matéria-prima para a fabricação de papel de celulose (CI FLORESTAS, 2015).

No município existe a Área de Proteção Ambiental (APA) Pingo D'Água, que foi instituída pelo Decreto nº 028 de 07 de agosto de 2001. Essa APA possui uma área de aproximadamente 3.995 hectares, concentra-se em toda a porção oeste do território municipal e abrange fragmentos da floresta estacional semidecidual sub montana, além de reflorestamentos de eucalipto. De acordo com o Sistema Nacional de Unidades de



Conservação da Natureza (SNUC), as Áreas de Proteção Ambiental apresentam certo grau de ocupação humana, são dotadas de atributos abióticos, bióticos, estéticos ou culturais especialmente importantes para a qualidade de vida e o bem-estar das populações humanas, e têm como objetivos básicos proteger a diversidade biológica, disciplinar o processo de ocupação e assegurar a sustentabilidade do uso dos recursos naturais.

Segundo a Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável - SEMAD et al. (2008), o município de Pingo D'Água insere-se em quatro zonas ecológico-econômicas, que são definidas como:

- Zona de desenvolvimento 3: áreas de potencial social intermediário e baixa vulnerabilidade natural, que demandam ações que incentivem o desenvolvimento, considerando que o meio ambiente tem maior poder de resiliência, aumentando a efetividade das ações mitigadoras.
- Zona de desenvolvimento 4: áreas de baixo potencial social e baixa vulnerabilidade natural, dependentes de assistência direta e constante do governo do estado ou do governo federal em áreas básicas de desenvolvimento, levando em conta que o meio natural fornece condições propícias para este desenvolvimento.
- Zona de desenvolvimento especial 5: áreas de potencial social intermediário e alta vulnerabilidade natural que demandam ações que incentivem o desenvolvimento, considerando que o meio ambiente tem baixo poder de resiliência, diminuindo a efetividade ou inviabilizando ações mitigadoras.
- Zona de desenvolvimento especial 6: áreas de baixo potencial social e alta vulnerabilidade natural, dependentes de assistência direta e constante do governo do estado ou do governo federal em áreas básicas de desenvolvimento, levando em conta que o meio natural é um elemento limitante.

A Figura 8 apresenta as principais fitofisionomias e a APA presentes no município de Pingo D'Água, e a Figura 9 mostra o zoneamento ecológico-econômico.



Figura 8 - Vegetação e APA do município de Pingo D'Água

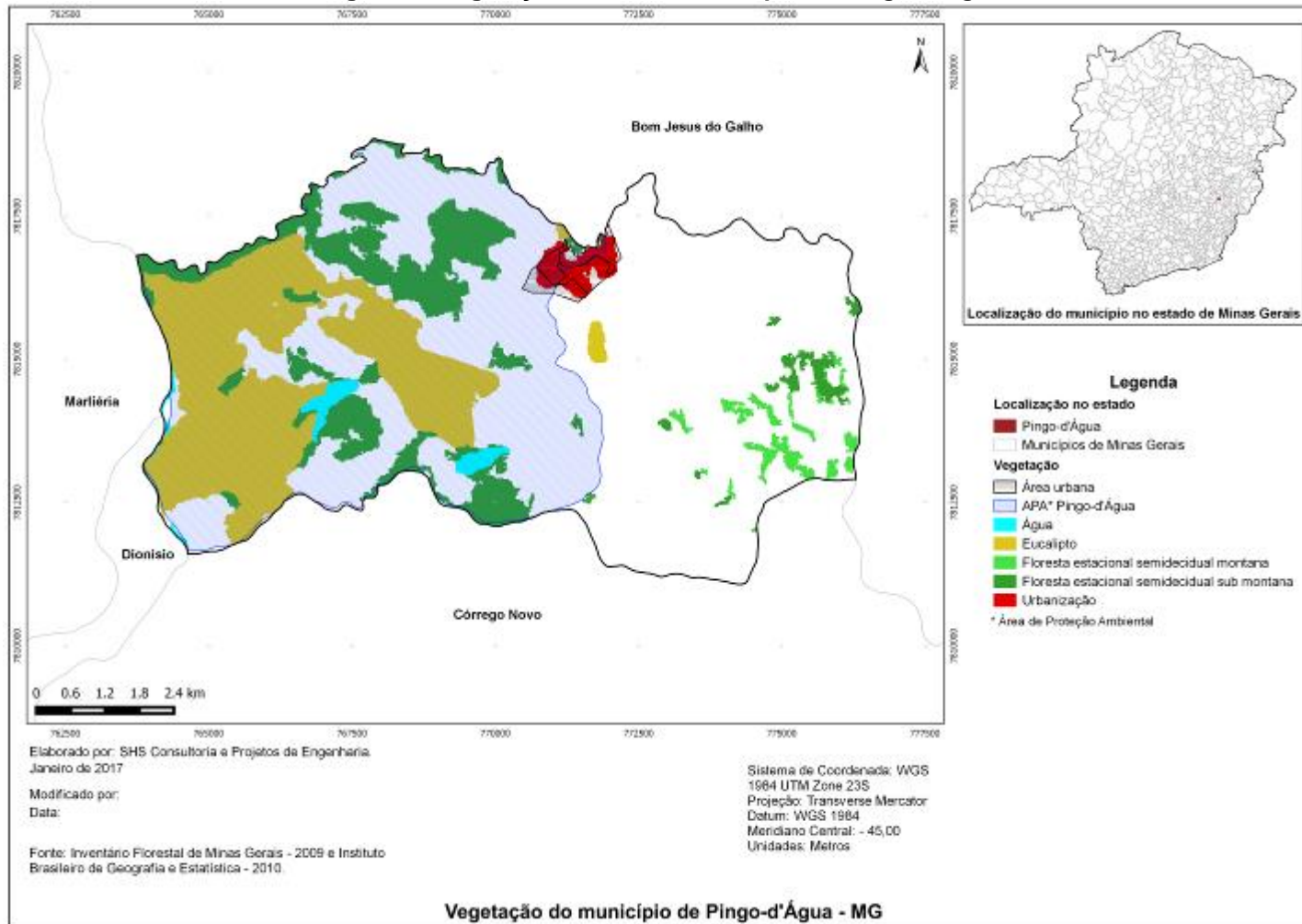
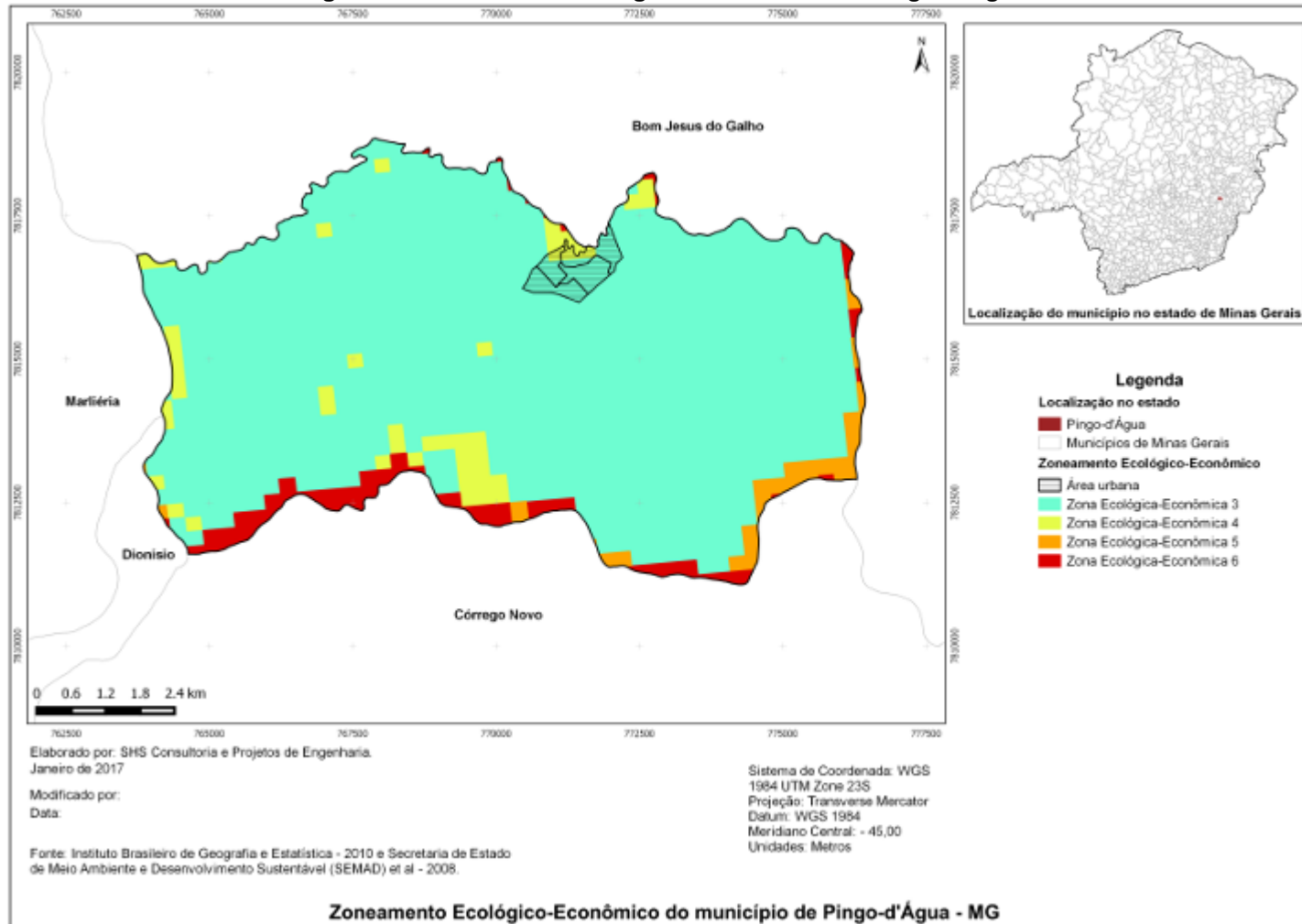




Figura 9 - Zoneamento ecológico-econômico em Pingo D'Água





2.2. Caracterização demográfica

O Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil (2013) é uma ferramenta elaborada pelo Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD), em parceria com o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA) e a Fundação João Pinheiro (FJP). Trata-se de uma plataforma de grande utilidade para caracterização demográfica, que será citada no texto como PNUD, IPEA e FJP (2013).

2.2.1. Demografia

De acordo com o Censo Demográfico de 2010 (IBGE, 2010), o município de Pingo D'Água, com área territorial de 66,57 km², apresentava densidade demográfica de 66,40 hab./km² e a população era constituída por 4.420 habitantes, distribuídos da seguinte maneira: 2.199 homens (49,7%) e 2.221 (50,3%) mulheres.

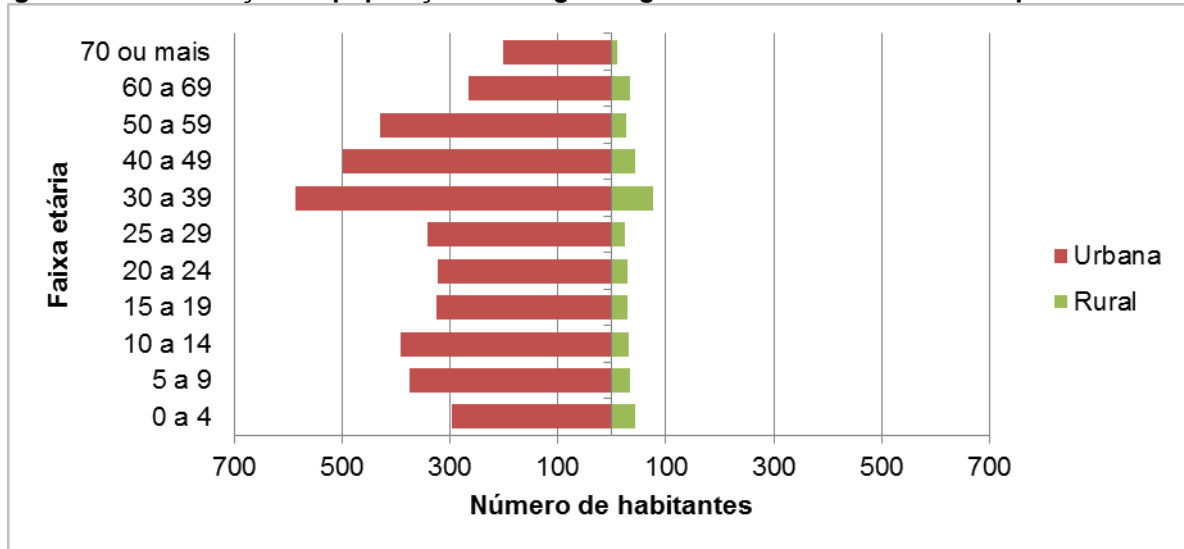
No ano de 1991 toda a população do município residia em zona rural e totalizava 3.773 habitantes. Entretanto, em 2010, esse quadro se inverteu completamente, já que havia 4.035 pessoas na área urbana (aproximadamente 91%) e apenas 385 (9%) habitavam a zona rural (IBGE, 2010). Nota-se, portanto, que houve forte migração interna da população rural para a área urbana, provavelmente em busca de melhores condições de vida. A

Figura 10 apresenta o número de habitantes presentes nas zonas rural e urbana, de acordo com as faixas etárias, e a Figura 11 mostra a distribuição da população no território municipal.

Entre os anos de 1991 e 2000, a população de Pingo D'Água cresceu a uma taxa de 0,14% ao ano, passando de 3.773 para 3.820 habitantes, enquanto que, no Brasil, houve um crescimento de 1,63%. Já a taxa de urbanização do município nesse período aumentou 90,84%. De 2000 a 2010, a população apresentou uma taxa de crescimento anual de 1,47%, passando de 3.820 para 4.420 habitantes, enquanto que no Brasil o crescimento foi de 1,17%. Já a taxa de urbanização do município nesse período passou de 90,84% para 91,29% (PNUD, IPEA e FJP, 2013).



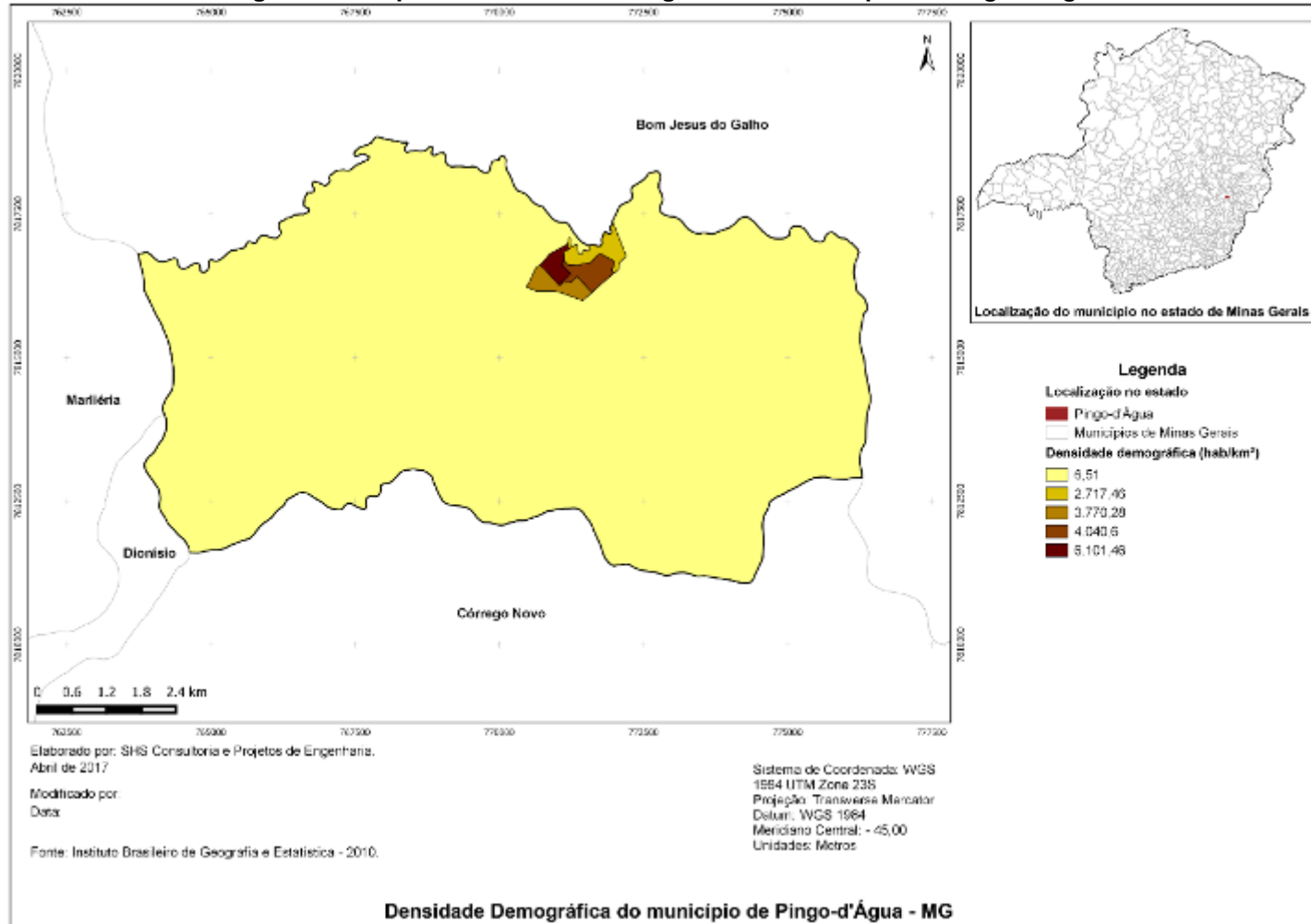
Figura 10 - Distribuição da população de Pingo D'Água nas zonas urbana e rural por faixa etária



Fonte: IBGE, 2010.



Figura 11 - Mapa de densidade demográfica do município de Pingo D'Água





O Quadro 1 apresenta a evolução e a distribuição da população de Pingo D'Água de acordo com o sexo e a localização geográfica, nos anos de 1991, 2000 e 2010.

Quadro 1 - Evolução e distribuição da população de Pingo D'Água nos anos de 1991, 2000 e 2010

População	População em hab. (1991)	% do Total (1991)	População em hab. (2000)	% do Total (2000)	População em hab. (2010)	% do Total (2010)
População total	3.773	100,0	3.820	100,0	4.420	100,0
Homens	1.972	52,3	1.957	51,2	2.199	49,7
Mulheres	1.801	47,7	1.863	48,8	2.221	50,7
Urbana	0	0,0	3.470	91,0	4.035	91,3
Rural	3.773	100,0	350	9,0	385	8,7

Fonte: PNUD, IPEA e FJP, 2013.

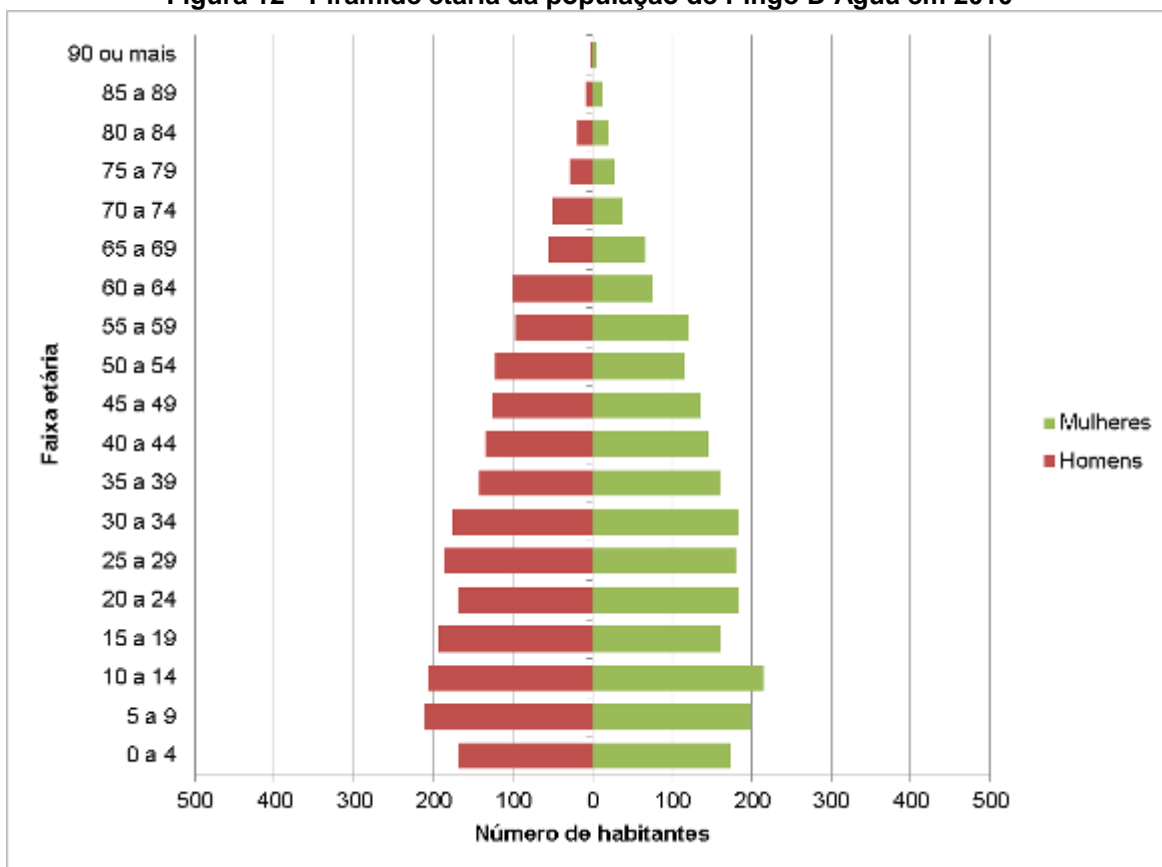
Considerando ambos os sexos, a pirâmide etária abaixo (Figura 12) mostra que a população é bem distribuída nas faixas etárias mais jovens, com leve predomínio de habitantes com idades entre 10 e 14 anos. A partir dos 34 anos de idade, nota-se que há uma queda populacional gradativa.

A razão de dependência é o percentual da população com idade menor que 15 anos e maior que 65 anos (dependente) em relação à população com faixa etária de 15 a 64 anos (potencialmente ativa); e a taxa de envelhecimento é representada pela razão entre os habitantes com idade igual ou maior que 65 anos e a população total.

No período entre 1991 e 2010, a razão de dependência no município passou de 84,14% para 51,73% e a taxa de envelhecimento, de 2,76% para 7,53%, conforme apresenta o Quadro 2 (PNUD, IPEA e FJP, 2013). Esses dados mostram que houve aumento da expectativa de vida nessas duas décadas.



Figura 12 - Pirâmide etária da população de Pingo D'Água em 2010



Fonte: IBGE, 2010.

Quadro 2 - Estrutura etária da população de Pingo D'Água nos anos de 1991, 2000 e 2010

Estrutura Etária	População (1991)	% do Total (1991)	População (2000)	% do Total (2000)	População (2010)	% do Total (2010)
Menos de 15 anos (hab.)	1.620	42,9	1.163	30,4	1.174	26,6
15 a 64 anos (hab.)	2.049	54,3	2.440	63,9	2.913	65,9
65 anos ou mais (hab.)	104	2,8	217	5,7	333	7,5
Razão de dependência (%)	84,1	-	56,6	-	51,7	-
Índice de envelhecimento (%)	2,8	-	5,7	-	7,5	-

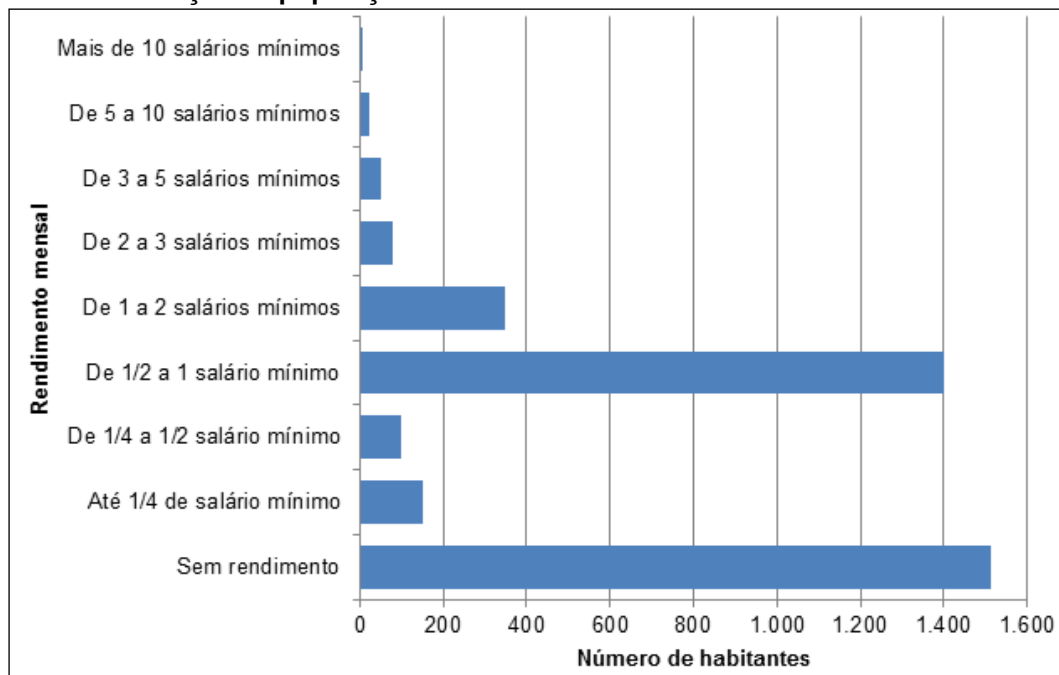
Fonte: PNUD, IPEA e FJP, 2013.

Com relação à distribuição da população de 10 anos ou mais de acordo com a renda, observa-se que a maioria dos habitantes não possui rendimento. Entre as



peças remuneradas, predominam rendimentos mensais de meio a um salário mínimo, conforme apresenta a Figura 13.

Figura 13 - Distribuição da população de 10 anos ou mais de acordo com o rendimento mensal



Fonte: adaptado de IBGE, 2010.

2.2.2. **Projeção populacional**

2.2.2.1. **Metodologia**

O estudo demográfico foi realizado utilizando um *software* do IBGE que aplica a metodologia do sistema RCoortes. Esse *software* foi desenvolvido com o objetivo de elaborar as projeções de população para pequenas áreas por sexo e idade. Seguindo a metodologia da Relação de Coortes, têm-se como insumo as seguintes informações:

- População do município, por sexo e idade simples, observada nos dois últimos censos, no caso, ano de 2000 e 2010.
- Uma projeção do Estado ao qual pertence o município, por sexo e idade simples.
- A relação de sobrevivência ao nascimento por sexo para o Estado.
- As taxas específicas de fecundidade para o Estado.

A partir desses dados, obteve-se a projeção do município, até o ano de 2038.



2.2.2.2. Cálculo das projeções

Foram projetadas as populações urbana, rural e total para o município de Pingo D'Água até o ano de 2038. As projeções estão apresentadas no Quadro 3 e graficamente representadas na Figura 14. Vale ressaltar que a população do município estimada pelo IBGE para o ano de 2016 é de 4.832 habitantes, valor bem próximo ao calculado pela estimativa.

Quadro 3 - Projeção populacional para o município de Pingo D'Água

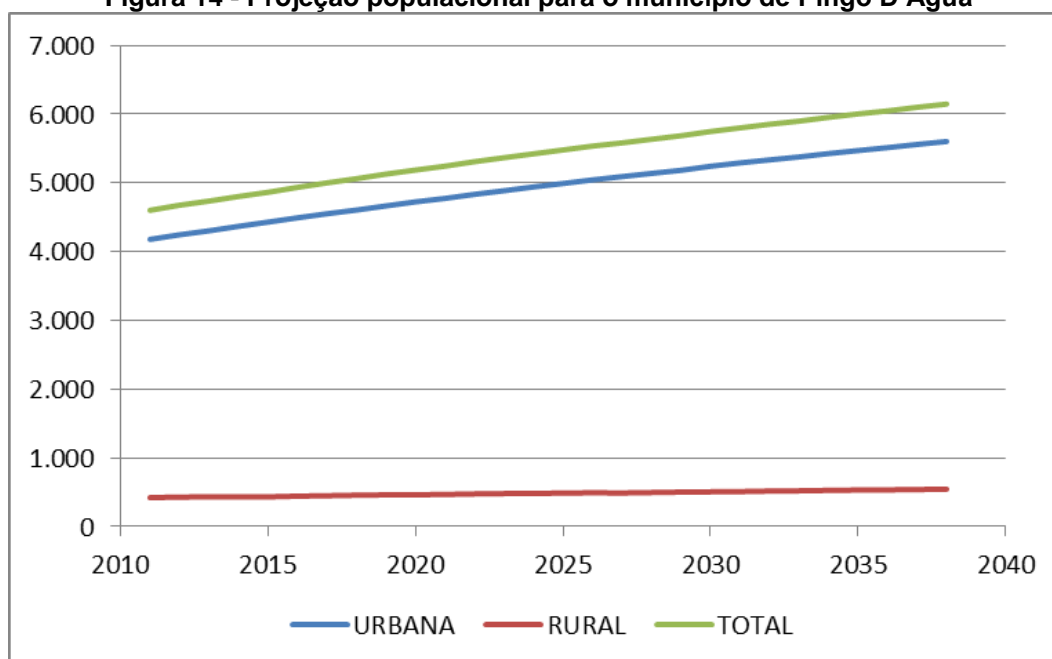
Pingo D'Água – total			
Ano	População urbana (hab.)	População rural (hab.)	População total (hab.)
2011	4.180	422	4.602
2012	4.246	430	4.676
2013	4.304	433	4.737
2014	4.369	434	4.803
2015	4.431	434	4.865
2016	4.493	443	4.936
2017	4.552	450	5.002
2018	4.606	457	5.063
2019	4.667	462	5.129
2020	4.725	463	5.188
2021	4.776	469	5.245
2022	4.834	476	5.310
2023	4.887	481	5.368
2024	4.942	482	5.424
2025	4.992	488	5.480
2026	5.045	492	5.537
2027	5.093	490	5.583
2028	5.140	496	5.636



Pingo D'Água – total			
Ano	População urbana (hab.)	População rural (hab.)	População total (hab.)
2029	5.185	502	5.687
2030	5.243	506	5.749
2031	5.292	510	5.802
2032	5.336	518	5.854
2033	5.379	521	5.900
2034	5.428	527	5.955
2035	5.472	533	6.005
2036	5.514	535	6.049
2037	5.561	540	6.101
2038	5.603	545	6.148

Fonte: SHS, 2017.

Figura 14 - Projeção populacional para o município de Pingo D'Água



Fonte: SHS, 2017.



2.3. Características socioeconômicas

2.3.1. Indicadores de renda, pobreza e desigualdade

No período de 1991 a 2010, a renda *per capita* média dos habitantes de Pingo D'Água aumentou 184,68%, passando de R\$119,75 para R\$340,91, o equivalente a uma taxa de crescimento média anual de 5,66%. A proporção de pessoas pobres, com renda domiciliar *per capita* inferior a R\$140,00, passou de 79,91%, em 1991, para 45,88%, em 2000, e para 24,37%, em 2010, mostrando significativa melhora na condição econômica da população (PNUD, IPEA e FJP, 2013).

O índice de Gini mede o grau de concentração de renda da população, mostrando a diferença entre os rendimentos dos mais pobres e dos mais ricos. Numericamente, esse índice varia de 0 (zero) a 1 (um), de forma que o valor 0 (zero) representa a situação de total igualdade (todos têm a mesma renda) e o valor 1 (um) indica que existe completa desigualdade de renda. Em Pingo D'Água, no período de 1991 a 2000, o índice de Gini passou de 0,49 para 0,43, indicando que houve redução de 6% na desigualdade de renda. De 2000 a 2010, o índice subiu de 0,43 para 0,44, ou seja, a concentração de renda da população nessa década aumentou 1%. Logo, conclui-se que no período de vinte anos, houve uma diminuição de 5% na desigualdade de renda, o que pode ser considerado uma movimentação importante do índice no sentido de melhoria de vida das pessoas de renda mais baixa. De acordo com a gerente da Coordenação de Trabalho e Rendimento do IBGE, Maria Lúcia Vieira, "para o índice melhorar (Gini), as pessoas com rendimento mais baixo precisariam ter aumentos superiores aos das populações mais ricas". Essa condição de queda nas desigualdades no Brasil ocorreu até o ano de 2011. De lá para cá, não têm sido observadas quedas importantes na concentração de renda.

O Quadro 4 apresenta os indicadores de renda, pobreza e desigualdade nos anos de 1991, 2000 e 2010 (PNUD, IPEA e FJP, 2013).

Quadro 4 - Indicadores de renda, pobreza e desigualdade de Pingo D'Água

Indicadores	1991	2000	2010
Renda <i>per capita</i> (em R\$)	119,75	196,89	340,91
% de extremamente pobres	48,10	17,40	4,60



Indicadores	1991	2000	2010
% de pobres	79,90	45,90	24,40
Índice de Gini	0,49	0,43	0,44

Fonte: PNUD, IPEA e FJP, 2013.

O Quadro 5 apresenta o valor do rendimento nominal médio mensal *per capita* dos domicílios, que é de R\$420,72 na área urbana e de R\$235,52 na zona rural (IBGE, 2010). Dessa maneira, nota-se que os segmentos sociais da área urbana apresentam melhores condições monetárias. As estimativas desses rendimentos são importantes, já que podem funcionar como indicadores para verificação das condições da população para custear os serviços de saneamento básico.

Quadro 5 - Valor do rendimento nominal médio mensal *per capita* dos domicílios

Tipo de residência	Valor (R\$)
Urbana	420,72
Rural	235,52
Total ponderado	404,62

Fonte: IBGE, 2010.

2.3.2. **Economia**

De acordo com dados do PNUD, IPEA e FJP (2013), entre 2000 e 2010, o percentual da população maior de 18 anos economicamente ativa aumentou de 48,11 % para 56,96 %, e a distribuição desses trabalhadores nos setores econômicos era:

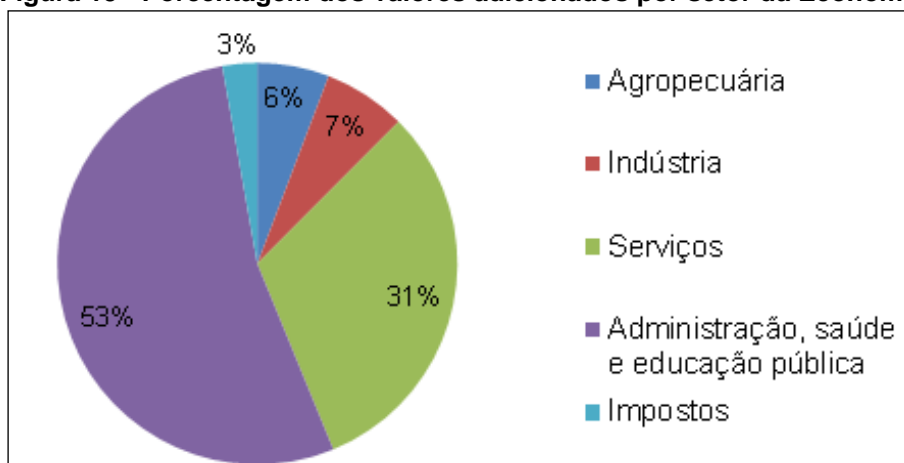
- 42,23 % no setor agropecuário;
- 4,36 % na indústria de transformação;
- 8,29 % no setor de construção;
- 2,23 % nos setores de utilidade pública;
- 11,72 % no comércio;
- 30,58 % no setor de serviços.



Com base nas informações apresentadas acima, nota-se que o setor agropecuário é o que concentrava mais trabalhadores no município de Pingo D'Água, já que, em 2010, mais de 42% da população economicamente ativa estava ocupada nesse setor. As principais atividades desenvolvidas eram a criação de bovinos, aves e suínos, e as culturas de arroz, feijão, milho e mandioca (IBGE, 2015). Logo, conclui-se que esse setor representa a vocação econômica genuína do município.

Os setores administrativos, de saúde e educação pública são responsáveis pela maior parcela (53%) do valor adicionado ao Produto Interno Bruto (PIB) municipal, seguido do setor de serviços (31%), como pode ser observado na Figura 15 e no Quadro 6 (IBGE, 2014).

Figura 15 - Porcentagem dos valores adicionados por setor da Economia



Fonte: IBGE, 2014.

Quadro 6 - Valores adicionados por setor da Economia

Setores	Valor adicionado (R\$)
Agropecuária	1.976.000,00
Indústria	2.275.000,00
Serviços	10.653.000,00
Administração, saúde e educação pública	18.174.000,00
Impostos	954.000,00
PIB	34.032.000,00

Fonte: IBGE, 2014.



Em concordância com dados do IBGE (2014), existiam 100 empresas atuantes no município de Pingo D'Água, que empregavam 598 pessoas com rendimento médio de 1,4 salários mínimos.

2.3.3. Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM)

O Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) baseia-se em três parâmetros principais, a saber: Renda (padrão de vida); Educação (acesso à informação); e Saúde (longevidade). Tem como objetivo a criação de uma medida geral e sintética a respeito do desenvolvimento humano (PNUD, 2010).

No ano de 2010, o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) de Pingo D'Água era 0,619, caracterizado como um Desenvolvimento Humano Médio (IDHM entre 0,600 e 0,699). O parâmetro que mais contribuía para o IDHM do município era a longevidade, com índice de 0,744, seguida de renda, com índice de 0,603, e da educação, com índice de 0,529 (PNUD, IPEA e FJP, 2013).

O IDHM de Pingo D'Água passou de 0,366 em 1991 para 0,509 em 2000, apresentando uma taxa de crescimento de 39,07%. De 2000 a 2010 continuou crescendo a uma taxa menor, igual a 21,37%, aumentando de 0,509 para 0,619. O Quadro 7 e a Figura 16 apresentam o IDHM nos anos de 1991, 2000 e 2010 (PNUD, IPEA e FJP, 2013).

Quadro 7 - IDHM de Pingo D'Água nos anos de 1991, 2000 e 2010

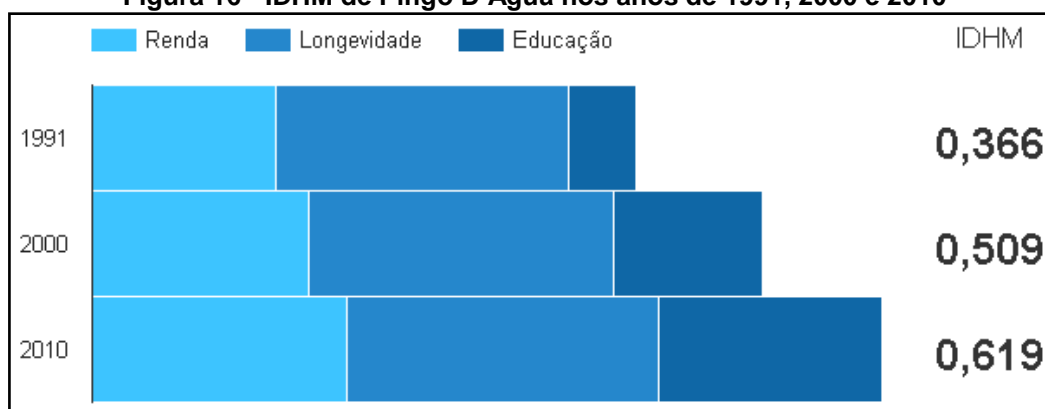
IDHM e componentes	1991	2000	2010
IDHM Educação	0,162	0,354	0,529
% de 18 anos ou mais com fundamental completo	10,72	21,59	30,44
% de 5 a 6 anos na escola	24,67	65,28	95,16
% de 11 a 13 anos nos anos finais do fundamental ou com fundamental completo	37,75	74,65	86,85
% de 15 a 17 anos com fundamental completo	11,23	26,61	55,19
% de 18 a 20 anos com médio completo	6,45	15,08	41,45



IDHM Longevidade	0,695	0,724	0,740
Esperança de vida ao nascer (em anos)	66,68	68,41	69,63
IDHM Renda	0,435	0,515	0,603
Renda <i>per capita</i> (em R\$)	119,75	196,89	340,91

Fonte: PNUD, IPEA e FJP, 2013.

Figura 16 - IDHM de Pingo D'Água nos anos de 1991, 2000 e 2010



Fonte: PNUD, IPEA e FJP, 2013.

2.3.4. Nível educacional da população

A proporção de crianças e jovens frequentando as escolas ou que completaram ciclos escolares compõe o IDHM Educação. No período entre 1991 e 2010, o número de crianças, adolescentes e jovens frequentando as escolas aumentou bastante, e essa evolução no setor educacional pode ser observada no Quadro 8 (PNUD, IPEA e FJP, 2013).

Em 2010, 83,71% da população de 6 a 17 anos estava cursando o ensino básico regular com até dois anos de defasagem idade-série e, dos jovens adultos de 18 a 24 anos, 6,23% estavam cursando o ensino superior em 2010 (PNUD, IPEA e FJP, 2013).



Quadro 8 - Informações do setor educacional no município de Pingo D'Água

Ano	% de habitantes de 5 a 6 anos na escola	% de habitantes de 11 a 13 anos nos anos finais do fundamental ou com fundamental completo	% de habitantes de 15 a 17 anos com fundamental completo	% de habitantes de 18 a 20 anos com médio completo
1991	24,67	37,75	11,23	6,45
2000	65,28	74,65	26,61	15,08
2010	95,16	86,85	55,19	41,45

Fonte: adaptado de PNUD, IPEA e FJP, 2013.

Outro indicador que também compõe o IDHM Educação é a escolaridade da população adulta, ou seja, o percentual da população de 18 anos ou mais com o ensino fundamental completo. Entre 2000 e 2010, esse percentual passou de 21,59 % para 30,44 % (PNUD, IPEA e FJP, 2013).

Em 2010, considerando-se a população municipal de 25 anos ou mais, conforme apresentado no Quadro 9, 21,8 % eram analfabetos (no Brasil, 11,8 %), 23,5 % (7,7 % + 12,1 % + 3,7 %) tinham o ensino fundamental completo (no Brasil, 50,75 %), 15,8 % (12,1 % + 3,7 %) possuíam o ensino médio completo (no Brasil, 35,3 %) e 3,7 % haviam terminado algum curso superior (no Brasil, 11,3 %) (PNUD, IPEA e FJP, 2013).

Quadro 9 - Escolaridade da população de 25 anos ou mais em Pingo D'Água

Ano	Fundamental incompleto e analfabeto (%)	Fundamental incompleto e alfabetizado (%)	Fundamental completo e médio incompleto (%)	Médio completo e superior incompleto (%)	Superior completo (%)
1991	42,0	51,2	3,7	2,9	0,0
2000	28,9	55,4	6,4	8,3	1,0
2010	21,8	54,8	7,7	12,1	3,7

Fonte: adaptado de PNUD, IPEA e FJP, 2013.

O indicador “Expectativa de anos de estudo” mostra a frequência escolar da população em idade escolar, ou seja, indica o número de anos de estudo que uma criança deverá ter ao atingir 18 anos. No município de Pingo D'Água, entre 2000 e 2010, esse indicador passou de 9,35 para 9,29 anos, enquanto na Unidade da Federação (MG) passou de 9,16 para 9,38 anos (PNUD, IPEA e FJP, 2013).



2.3.5. Indicadores de saúde e saneamento

A taxa de mortalidade infantil (mortalidade de crianças com menos de um ano de idade) é um importante indicador das condições sanitárias e socioeconômicas de um município. Em Pingo D'Água, no ano de 1991, essa taxa era de 34,0 óbitos por mil nascidos vivos, passou para 33,7 em 2000 e 25,0 em 2010. De acordo com a Organização Mundial da Saúde, valores aceitáveis são abaixo de 10 óbitos para cada mil nascidos vivos (PNUD, IPEA e FJP, 2013), portanto a taxa de mortalidade infantil do município encontra-se acima do limite aceitável.

Outro importante indicador da saúde municipal é a esperança de vida ao nascer, que passou de 66,7 anos, em 1991, para 69,6 anos, em 2010, inferior ao índice nacional, que é de 73,9 anos. O Quadro 10 apresenta essas informações no período em questão (PNUD, IPEA e FJP, 2013).

Quadro 10 - Longevidade, mortalidade e fecundidade

Indicador	1991	2000	2010
Esperança de vida ao nascer (em anos)	66,7	68,4	69,6
Mortalidade até 1 ano de idade (por mil nascidos vivos)	34,0	33,7	25,0
Mortalidade até 5 anos de idade (por mil nascidos vivos)	43,7	36,9	29,1
Taxa de fecundidade total (filhos por mulher)	3,9	2,9	2,2

Fonte: PNUD, IPEA e FJP, 2013.

De acordo com o Índice Mineiro de Responsabilidade Social (IMRS, 2013), no período de 2000 a 2013, a proporção de internações causadas por saneamento ambiental inadequado apresentou uma média próxima de 1,35% ao ano. Em 2003 (3,59%), 2005 (2,74%) e 2006 (3,02%), a incidência de internações foi consideravelmente maior do que nos outros anos, como apresenta o Quadro 11. Provavelmente, isso se deve à falta de coleta e à disposição inadequada dos esgotos, além de utilização e consumo de água de má qualidade.

Quadro 11 - Proporção de internações por doenças relacionadas ao saneamento básico inadequado no período de 2000 a 2013, em Pingo D'Água

Ano	Proporção de internações por doenças relacionadas ao saneamento ambiental inadequado (%)
2000	0,76
2001	0,68
2002	1,56



Ano	Proporção de internações por doenças relacionadas ao saneamento ambiental inadequado (%)
2003	3,59
2004	0,83
2005	2,74
2006	3,02
2007	0,87
2008	1,40
2009	1,83
2010	0,57
2011	0,44
2012	0,00
2013	0,53

Fonte: IMRS, 2013.

De acordo com o Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (DATASUS), em 2015 a incidência de internações vinculadas às doenças infecciosas e parasitárias foi predominante em idosos, principalmente na faixa etária de 70 anos ou mais, conforme apresentado no Quadro 12.

Quadro 12 - Número de internações devido a doenças infecciosas e parasitárias por faixa etária

Faixas etárias											
Menos de 1	1 a 4	5 a 9	10 a 14	15 a 19	20 a 29	30 a 39	40 a 49	50 a 59	60 a 69	70 ou mais	Total
0	0	1	0	0	0	1	1	0	2	7	12

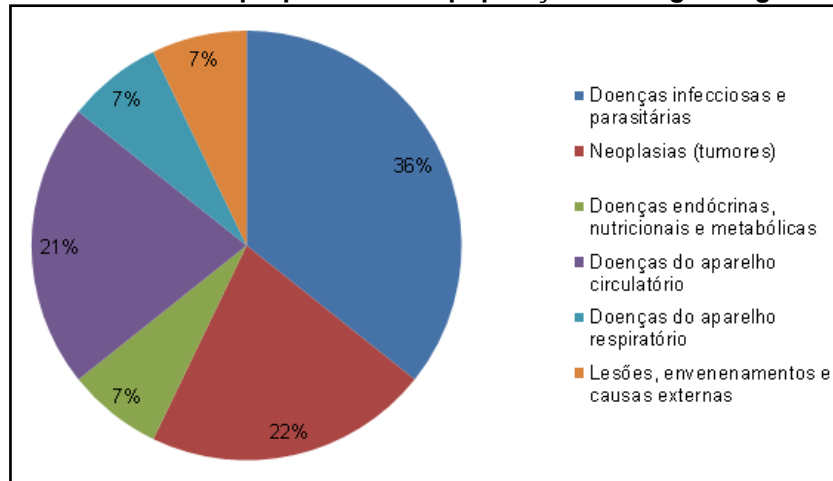
Fonte: DATASUS, 2015.

Em 2014, as principais causas de morte no município de Pingo D'Água foram doenças infecciosas e parasitárias (36%), neoplasias ou tumores (22%) e doenças do aparelho circulatório (21%) (DATASUS, 2014). Esses resultados indicam que existe



precariedade no setor de saneamento básico, deixando evidente a necessidade da implantação de um sistema adequado no município. A Figura 17 apresenta a mortalidade proporcional considerando todas as faixas etárias.

Figura 17 - Mortalidade proporcional da população de Pingo D'Água em 2014



Fonte: DATASUS, 2014.

O município de Pingo D'Água conta com 40 profissionais da área médica distribuídos em várias categorias e especialidades (DATASUS, 2015). Possui 3 estabelecimentos de saúde, sendo 2 Unidades Básicas de Saúde (UBS) (CADASTRO NACIONAL DE ESTABELECIMENTOS DE SAÚDE - CNES, 2017).

2.4. Infraestrutura local

2.4.1. Infraestrutura física

A infraestrutura local engloba o conjunto de serviços e instalações que garantem o bom funcionamento e desenvolvimento de uma comunidade ou sociedade.

De acordo com dados do IBGE (2015), Pingo D'Água possuía uma frota com 799 veículos, sendo 344 automóveis, 36 caminhões, 49 caminhonetes, 3 micro-ônibus, 339 motocicletas, 9 ônibus, entre outros. Existiam 1.467 domicílios recenseados, sendo 2 coletivos (asilos, orfanatos, conventos, hotéis, pensões, etc.) e 1 posto de atendimento bancário no município (BANCO CENTRAL DO BRASIL - BCB, 2017).

A companhia responsável por distribuir energia elétrica aos domicílios de Pingo D'Água é a CEMIG (Companhia Energética de Minas Gerais) e, de acordo com dados



do Censo de 2010, 1.281 residências eram atendidas pela concessionária, enquanto 20 não eram. Quanto ao abastecimento de água, a COPASA é responsável pelo serviço.

O entorno das residências é de suma importância para o bem-estar e a qualidade de vida da população. No município de Pingo D'Água foram levantadas informações referentes às características urbanísticas do entorno dos domicílios particulares permanentes, em áreas urbanas. Os dados são apresentados no Quadro 13.

Quadro 13 - Características urbanísticas dos domicílios particulares permanentes

Características do entorno dos domicílios	Existente	Não existente
Identificação do logradouro	353	786
Iluminação pública	1.131	8
Pavimentação	1.109	30
Calçada	708	431
Meio-fio/guia	1.105	34
Bueiro/boca de lobo	573	566
Rampa para cadeirante	39	1.100
Arborização	909	230
Esgoto a céu aberto	0	1.139
Lixo acumulado nos logradouros	0	1.139

Fonte: IBGE, 2010.

O Quadro 14 apresenta dados do IBGE (2010) que se referem à infraestrutura de saneamento presente no município. Assim, quanto ao abastecimento de água, havia 1.164 domicílios (81,8%) abastecidos por rede geral de distribuição. Com relação ao esgotamento sanitário, 1.157 (89,2%) domicílios possuíam banheiro de uso exclusivo dos moradores e esgotamento sanitário via rede geral de esgoto ou pluvial. No que diz respeito ao destino dos resíduos sólidos domiciliares, observou-se que existe coleta em 1.194 domicílios (91,8%), embora 105 domicílios ainda adotem a prática de queimar os resíduos.



Quadro 14 - Tipo de abastecimento de água, esgotamento sanitário e destino dos resíduos sólidos

Abastecimento de água por domicílio	Nº de domicílios
Rede geral	1.164
Poço ou nascente na propriedade	119
Poço ou nascente fora da propriedade	15
Carro-pipa	2
Água da chuva armazenada em cisterna	-
Água da chuva armazenada de outra forma	-
Rio, açude, lago ou igarapé	1
Poço ou nascente na aldeia	-
Poço ou nascente fora da aldeia	-
Outra	-
Total de domicílios	1.301
Esgotamento sanitário com banheiro de uso exclusivo do domicílio	Nº de domicílios
Rede geral de esgoto ou pluvial	1.157
Fossa séptica	5
Fossa rudimentar	120
Vala	2
Rio, lago ou mar	12
Outro	1
Total de domicílios	1.297
Destino dos resíduos sólidos domiciliares	Nº de domicílios
Coletado por serviço de limpeza	1.194
Coletado em caçamba	-
Queimado na propriedade	105



Destino dos resíduos sólidos domiciliares	Nº de domicílios
Enterrado na propriedade	1
Descartado em terreno baldio ou logradouro	1
Descartado em rio, córrego ou mar	-
Outro destino	-
Total de domicílios	1.301

Fonte: IBGE, 2010.

Com relação ao saneamento básico, de acordo com informações do Censo Demográfico do ano de 2010 (IBGE, 2010), nota-se que existe uma divergência muito grande entre os serviços prestados nas zonas rurais e urbanas do município. Em área urbana, 93,8% dos domicílios apresentavam saneamento básico adequado, enquanto na zona rural, apenas 0,9%, como apresenta o Quadro 15. Isso mostra a necessidade da implantação de saneamento básico de qualidade no município, principalmente na área rural, onde as condições são muito precárias.

Quadro 15 - Tipo de saneamento em áreas rurais e urbanas em 2010

Tipo de Saneamento	Urbano	Rural
Adequado	93,8 %	0,9 %
Semiadequado	5,9 %	22,1 %
Inadequado	0,3 %	77,0 %
Total de domicílios atendidos	1.301	113

Fonte: IBGE, 2010.

O município não possui estudos ou avaliações que possam concluir, com critérios técnicos, as tendências de expansão ou as expectativas de desenvolvimento municipal. Questões relacionadas à expansão urbana e diretrizes de uso do solo urbano são usualmente tratadas nos Planos Diretores Municipais.

Segundo o Estatuto das Cidades (Lei Federal nº 10.257/01), o Plano Diretor é o instrumento a ser utilizado para orientar a política de desenvolvimento e de



ordenamento do município, assim como sua expansão urbana. A elaboração do Plano Diretor é obrigatória para municípios:

- I. Com mais de vinte mil habitantes.
- II. Integrantes de regiões metropolitanas e aglomerações urbanas.
- III. Onde o Poder Público municipal pretenda utilizar os instrumentos previstos no § 4º do art. 182 da Constituição Federal.
- IV. Integrantes de áreas de especial interesse turístico.
- V. Inseridas na área de influência de empreendimentos ou atividades com significativo impacto ambiental de âmbito regional ou nacional.
- VI. Incluídas no cadastro nacional de municípios com áreas suscetíveis à ocorrência de deslizamentos de grande impacto, inundações bruscas ou processos geológicos ou hidrológicos correlatos.

De acordo com o Plano Integrado de Recursos Hídricos – PIRH (2010), na bacia hidrográfica do rio Doce existiam 34 municípios cuja elaboração do Plano Diretor era obrigatória, por possuírem mais de vinte mil habitantes ou por pertencerem a uma região metropolitana.

Pingo D'Água não apresenta nenhum desses condicionantes, de forma que a elaboração de seu Plano Diretor não é obrigatória. No entanto, mesmo para os municípios em que o Plano Diretor é opcional, o entendimento do processo de expansão urbana e a caracterização de áreas de interesse social, entre outras regularizações desejáveis, ficam facilitados com o uso desse importante instrumento de gestão.

2.4.2. Infraestrutura social

A comunidade de Pingo D'Água possui, à sua disposição, a seguinte infraestrutura social:

- Centro de Referência de Assistência Social – CRAS e Conselho Municipal de Assistência Social – CMAS. São entidades sem fins lucrativos responsáveis pela organização e oferta de serviços de proteção social básica nas áreas de maior vulnerabilidade e risco social. Contam com uma equipe multidisciplinar que realiza o trabalho social com as famílias, a fim de fortalecer a função protetiva,



prevenir a ruptura de vínculos, promover o acesso aos direitos e contribuir para melhoria na qualidade de vida da população.

- 3 Centros educacionais públicos: 1 de ensino fundamental, 1 de ensino médio e 1 de ensino pré-escolar.
- Igrejas e paróquias das religiões católica apostólica romana, evangélica e espírita (IBGE, 2010).
- 2 estabelecimentos de Saúde UBS.
- 8 entidades sem fins lucrativos (associações, fundações e organizações religiosas) e 2 fundações privadas e associações sem fins lucrativos (IBGE, 2010).

2.5. Características sociais

2.5.1. Aspectos históricos

No final do século XVIII, fugindo da perseguição da Coroa, vários envolvidos na célebre “Conjuração Mineira” desceram de Ouro Preto, Barbacena, Prados e Diamantina e, na busca por um lugar onde pudessem sobreviver, embrenharam-se mata adentro, em terras que hoje constituem o município de Piau.

Integravam esse grupo, entre outros, Francisco José da Silva (tio de Tiradentes), João Eduardo Rodrigues Vale, João Lopes de Faria, João Pinto Cardoso, José Coelho de Oliveira, José Rodrigues Vale e Antônio Fernandes de São José. Os fugitivos encontraram sítio ideal para o esconderijo que buscavam numa extensa região da floresta virgem banhada por um rio que mais tarde chamaram Piau, devido à grande quantidade desse peixe que encontraram em suas águas. Instalados naquelas terras, edificaram uma capela em honra do Divino Espírito Santo, dando início ao povoado, que passou a ser conhecido pelo nome de Divino Espírito Santo do Piau.

O povoado pertenceu sucessivamente a Ouro Preto, Barbacena, Mar de Espanha, Rio Pomba, Juiz de Fora, São João Nepomuceno e, finalmente, Córrego Novo, quando, em 1994, foi elevado à categoria de distrito passando a ser oficialmente chamado Pingo D’Água.

Pingo D’Água foi elevado à categoria de município pela Lei Estadual nº 12.030, de 21 de dezembro de 1995, desmembrando-se de Córrego Novo.



Os limites do município de Pingo D'Água são:

Com o Município de Marliéria:

Começa no rio Doce, na ponte Queimada; desce pelo rio Doce até a foz do ribeirão Sacramento.

Com o Município de Bom Jesus do Galho:

Começa no rio Doce, na foz do ribeirão Sacramento; sobe por esse ribeirão até a foz do córrego da Areia; continua pelo divisor da vertente da margem esquerda desse córrego até defrontar a cabeceira mais setentrional do córrego Monte Alegre.

Com o Município de Córrego Novo:

Começa no divisor de águas entre os córregos das Areias e Monte Alegre, defrontando a cabeceira mais setentrional deste último; alcança essa cabeceira e desce pelo córrego Monte Alegre, depois pelo ribeirão dos Óculos, até sua foz no rio Doce, próximo à Cachoeira dos Óculos.

Com o Município de Dionísio:

Começa na foz do ribeirão dos Óculos, no rio Doce, próximo à Cachoeira dos Óculos; desce pelo rio Doce até atingir a ponte Queimada.

A cidade, situada no Vale do Rio Doce, é cercada de 40 lagoas naturais, e está próxima à reserva do Parque Estadual do Rio Doce, conhecido como Mata do Parque, com 35 mil hectares de floresta nativa, um dos últimos remanescentes da Mata Atlântica em Minas Gerais.

2.5.2. Dinâmica social

Segundo o Ministério das Cidades, “na busca pela universalização dos serviços de saneamento é fundamental estimular um olhar atento à realidade em que se vive e às peculiaridades locais” (BRASIL, 2009, p 7). Cada cidade possui as suas particularidades estabelecidas conforme suas condições econômicas, sociais, ambientais, territoriais, entre outras.

As transformações pelas quais as cidades brasileiras vêm passando nos últimos anos têm relação com a aceleração do processo de urbanização ocorrido no Brasil, principalmente a partir da segunda metade do século XX. As cidades viraram o lócus



de maior concentração populacional, exigindo da sociedade novas divisões e relações de trabalho. A lógica de produção e consumo foi também transformada, tornando-se necessários novos planos para garantia da qualidade de vida das populações. Os serviços de saneamento básico entram nesse contexto.

Sabe-se que o acesso a todos os benefícios gerados pelo saneamento ainda é um desafio a ser alcançado. Proporcioná-lo, de forma equânime, a toda a sociedade brasileira, demanda o envolvimento articulado dos diversos segmentos sociais envolvidos em parceria com o poder público (BRASIL, 2009, p.7).

Para garantir a elaboração do PMSB de forma participativa é fundamental compreender a dinâmica social do município e, assim, estabelecer vínculos com os segmentos envolvidos. Uma associação convidada a participar dos eventos públicos do PMSB pode, por exemplo, ser portadora de informações relevantes sobre as carências e necessidades de uma determinada localidade, bem como pode ser protagonista do processo de elaboração do Plano.

Como já foi tratado no Plano de Comunicação e Mobilização Social, a participação da sociedade durante as etapas de elaboração do PMSB é de extrema importância. É a partir desse envolvimento das organizações, especificamente, e dos cidadãos, de maneira geral, que novas dinâmicas sociais poderão ser estabelecidas e utilizadas como fomento ao processo de construção de um Plano legítimo para a cidade.

A seguir, são apresentadas algumas das entidades que compõem a estrutura da sociedade local e que retratam a dinâmica social do município. Também são apresentados alguns profissionais com papel estratégico no contexto do PMSB.

Gestores Públicos: entre os desafios e atribuições dos gestores públicos está a formulação de políticas públicas que estimulem os processos participativos e legitimem decisões coletivas e democráticas. Com relação às possibilidades de contribuição do gestor para o dinamismo social destaca-se a destinação de recursos específicos no orçamento para o financiamento de programas, projetos e ações de educação ambiental em saneamento, sempre em sintonia com as diretrizes e princípios das políticas públicas orientadoras (Brasil, 2009, p.25). As entidades locais que abrigam os gestores públicos são:



- Ministério Público
- Secretarias Municipais: de Educação, Saúde, Meio Ambiente, entre outras.
- Câmara Municipal dos Vereadores
- Conselho Municipal de Defesa do Meio Ambiente (CODEMA)
- Conselho Municipal de Assistência Social
- Conselho Municipal de Saúde
- Centro de Referência de Assistência Social (CRAS)
- Unidades Básicas de Saúde.

Parlamentares: a Câmara dos Vereadores é a entidade responsável pela criação, discussão e aprovação de peças legais (leis, decretos, portarias, etc.) e emendas parlamentares. A atuação desses parlamentares pode representar uma eficiente estratégia no desenvolvimento local no que tange à otimização da gestão dos eixos ou setores do saneamento básico. É essencial que as entidades representativas da sociedade que estejam envolvidas nos processos do PMSB busquem sensibilizar e orientar os parlamentares no sentido de agilizarem processos legislativos relacionados, por exemplo, à regulação dos setores de saneamento, à implementação oficial de posturas sustentáveis nas instituições públicas do município ou à regulamentação de procedimentos específicos voltados ao controle do desperdício de água, à definição de categorias de geradores de resíduos, à definição de comunidades específicas visando à tarifação social, entre outros.

Agentes comunitários: o agente comunitário é um importante ator social no processo de sensibilização, informação e mobilização da comunidade para o PMSB, uma vez que conhece e convive de forma muito próxima com a realidade local. Os agentes comunitários têm como desafio atuar como mediadores entre a comunidade e o poder público, interagindo de forma ativa e isenta nas demandas da comunidade e dos governos locais. Em muitos casos, o representante do poder público é também o agente comunitário. Quando isso ocorre, sua atuação é ainda mais destacada, visto que funciona como uma



espécie de porta voz para as propostas, programas e ações que visam à promoção da qualidade de vida da população (Brasil, 2009, p.28). Nesse processo, o papel de agente comunitário é assumido pelos membros dos Comitês Executivo e de Coordenação e pelos delegados representantes das comunidades rurais.

Organizações da Sociedade Civil de Interesse Público (OSCIPs), Organizações Não Governamentais (ONGs), Sindicatos e outros grupos organizados:

- Associação de Pais e Amigos dos Excepcionais (APAE)
- Associação de Idosos
- Associações de Agricultura Familiar
- Associação Comercial e representantes das indústrias locais
- Centro Comunitário de Pingo D'Água
- Cooperativas
- Instituições religiosas e seus líderes
- Sindicato dos Servidores Públicos de Pingo D'Água
- Associação dos Pescadores de Pingo D'Água
- Sindicato dos Trabalhadores Rurais.

Escolas: são estruturas educadoras fundamentais no contexto do PMSB. A inserção qualificada de temas socioambientais nos processos de formação desenvolvidos na escola, incluindo a problemática do saneamento, pode contribuir de forma significativa para a produção de conhecimentos que venham a se traduzir em mudanças de atitudes e valores, o que, para o saneamento básico no Brasil, corresponde a uma necessidade crônica (Brasil, 2009, p.24). Em Pingo D'Água há quatro centros educacionais públicos, sendo um de ensino fundamental, um de ensino médio e um de ensino pré-escolar.

Setor privado: entre as atribuições e deveres da iniciativa privada, relacionadas ao saneamento básico, estão o cumprimento da legislação ambiental vigente e das regulamentações de saúde e segurança no trabalho. Cada vez mais esse setor se envolve em ações de responsabilidade socioambiental, traduzidas no



apoio técnico e financeiro que determinadas empresas e indústrias estabelecem com o poder público e a sociedade civil organizada. Interagir com a iniciativa privada pode ser uma interessante estratégia para viabilizar ações e processos voltados à educação ambiental e mobilização social em saneamento (BRASIL, 2009, p.29).

Todas as entidades mencionadas, sendo órgãos públicos, mistos, não governamentais ou privados são atores com legítimo poder de reivindicação e influência nas políticas públicas de saneamento. São agentes importantes que podem inovar na relação entre Estado e Sociedade por meio da ampliação da participação social, uma vez que podem atuar juntos aos órgãos competentes na cobrança dos investimentos necessários em saneamento, no monitoramento e fiscalização das ações e empreendimentos, na luta pela eficiência dos serviços prestados ou, ainda, na minimização dos possíveis impactos socioambientais causados pela inobservância de procedimentos adequados (BRASIL, 2009, p.24).

2.5.3. Áreas de interesse social

Segundo o documento “Como delimitar e regulamentar Zonas Especiais de Interesse Social” elaborado pela Secretaria Nacional de Habitação do Ministério das Cidades em 2009, *áreas de interesse social são áreas ocupadas com assentamentos precários e informais que podem ser consolidados e precisam ser urbanizados e regularizados do ponto de vista fundiário. Esses assentamentos podem estar localizados em áreas de risco, que devem ser solucionadas ou em áreas de interesse ambiental, que devem ser recuperadas.*

Essas áreas são sujeitas a regras específicas de parcelamento, uso e ocupação do solo e devem facilitar a produção de moradias de interesse social, mediante padrões urbanísticos e edifícios mais populares, sempre com o cuidado de garantir condições de moradia digna.

O município não possui um Plano Diretor, que é o documento que deve delimitar as áreas de interesse social presentes no município. Também não possui cadastros das redes de água, esgoto ou drenagem urbana, que são instrumentos que podem definir as deficiências atuais no fornecimento de serviços de saneamento. Desse modo, não se tem subsídios técnicos que possibilitem análises mais conclusivas sobre o



cenário em termos de *áreas de interesse social* e carências generalizadas relacionadas ao saneamento básico, no espaço municipal.

As Áreas de Preservação Permanente dos cursos d'água, nos trechos em que cortam as áreas urbanizadas do município, são ocupadas de forma irregular por assentamentos humanos, o que pode implicar na classificação dessas áreas como de *interesse social*, devendo ser objeto de intervenção dos órgãos competentes. A delimitação dessas APPs pode ser encontrada no Anexo 1 e sua análise mais detalhada é feita no item 4.3.6.

As áreas suscetíveis à inundação ou deslizamento deverão ser cadastradas pela Prefeitura Municipal, em função dos níveis de periculosidade e, com base nessa classificação, deverão ser previstas ações de natureza preventiva ou corretiva.

2.6. Caracterização institucional do município

2.6.1. Organização institucional do governo municipal

De acordo com a Prefeitura Municipal de Pingo D'Água, a enumeração de Secretarias e Diretorias que descrevem a estrutura organizacional do Município é a seguinte:

- Secretaria de Finanças, Governo e Administração:

Diretorias:

- Gestão de Convênios
- Tributos e Arrecadação
- Recursos Humanos
- Informática
- Gestão Patrimonial e Segurança Institucional
- Compras e Suporte ao Suprimento de Governo.

- Secretaria de Obras, Agricultura e Meio Ambiente:

Diretorias:

- Meio Ambiente
- Agricultura
- Limpeza Urbana



- Praças e Jardins.
- Secretaria de Educação, Cultura, Esportes, Lazer e Turismo:
 - Diretorias:
 - Suprimentos e Transportes
 - Esportes, Cultura e Lazer
 - Turismo.
- Secretaria de Saúde:
 - Diretorias:
 - Suprimento e Transportes
 - Ações Especializadas
 - Atenção Básica
 - Gestão de Plantões
 - Vigilância Sanitária e Endemia.
- Secretaria de Ação Social e Desenvolvimento Econômico:
 - Diretorias:
 - Gestão, Desenvolvimento Econômico e Habitação
 - Cidadania e Preparação para o Trabalho
 - Licitações e Contratos
 - Educação.

Considerando a estrutura administrativa atual de Pingo D'Água é possível aproveitar as secretarias já existentes para obter melhorias na gestão do saneamento básico, tornando-a mais integrada e articulada. Das Secretarias Municipais mencionadas anteriormente, algumas estão mais diretamente relacionados ao saneamento, tais como: Obras, Agricultura e Meio Ambiente; Saúde; Ação Social e Desenvolvimento Econômico.

É a partir dessas Secretarias que atualmente se dá a gestão municipal do saneamento, considerada nos âmbitos do planejamento, prestação dos serviços, regulação, fiscalização e controle social para os quatro setores do saneamento.



Para a presente análise, foram consideradas as legislações Federal, Estadual e Municipal, e também as informações do item 4, que apresenta a situação dos quatro setores do saneamento.

A gestão do Sistema de Abastecimento de Água (SAA) da sede de Pingo D'Água é efetuada sob a responsabilidade da Companhia de Saneamento de Minas Gerais – COPASA/MG, que deve passar a considerar as ações previstas neste PMSB para garantir o atendimento à Lei do Saneamento.

O serviço de esgotamento sanitário é de responsabilidade da Prefeitura Municipal, mais especificamente da Secretaria de Obras. Cabe a essa Secretaria fornecer toda a infraestrutura necessária para o sistema de esgotamento sanitário, assim como prezar pelo seu funcionamento sem nenhum transtorno para os munícipes, incluindo a realização das manutenções periódicas do sistema.

A gestão do Sistema de Drenagem Urbana e Manejo de Águas Pluviais (SDU) do município, segundo informações obtidas com o secretário de obras, é realizada pela Prefeitura Municipal, através da Secretaria de Obras. Essa Secretaria pode continuar gerindo o setor, porém deve ajustar suas atribuições segundo os ditames da Lei 11.445/07 e seu decreto regulamentador.

A responsabilidade pelo Sistema de Limpeza Urbana e Manejo de Resíduos Sólidos do município de Pingo D'Água é da Prefeitura Municipal.

Analisando as condições atuais da gestão municipal, considerando as necessidades de planejamento, melhorias nos serviços prestados, regulação, fiscalização e controle social, ou seja, com vistas à melhoria da gestão dos setores de saneamento, a Secretaria de Obras, Agricultura e Meio Ambiente poderia assumir a etapa de Planejamento dos quatro sistemas. Os serviços prestados pela Prefeitura precisam de regulação/fiscalização e contar com Conselhos ou Consórcios é uma opção válida para a cidade, desde que os mesmos tenham autonomia e autorização para tal atividade.

Já com relação ao Controle Social, ou seja, à garantia da participação da população nas etapas de planejamento e implantação de ações do saneamento básico nos quatro setores, o Centro de Referência de Assistência Social – CRAS, em conjunto com a Secretaria Finanças, Governo e Administração (diretoria de Direitos Humanos, por exemplo), tem potencial para assumir funções nesta área. Essas entidades



poderiam lançar mão de recursos como os SACs – Serviços de Atendimento ao Cidadão e colaborar com outras secretarias na realização de reuniões públicas com a população.

O Município não conta com uma Política de Saneamento Básico instituída e, baseando-se nas ações atuais relacionadas ao saneamento, não se pode assumir que haja “canais de articulação” entre uma política ainda não configurada e outras que já estão em funcionamento na administração municipal, como as Políticas de Saúde, de Educação e de Habitação. Isso não quer dizer que não haja canais de articulação isolados entre as ações de saneamento e as políticas já existentes. Um exemplo de articulação em andamento acontece quando agentes de saúde coletam informações sobre condições sanitárias de residências na zona rural e disponibilizam esses dados àqueles que fazem a gestão do saneamento. Outro exemplo seria o uso de iniciativas da área da Educação, como as atividades propostas nas escolas em datas emblemáticas para o meio ambiente. Essas iniciativas poderiam ser enriquecidas com informações sobre a situação do saneamento básico na cidade, tendo como alvo a conscientização dos alunos, por exemplo, em questões relativas ao descarte correto de resíduos e à prevenção do desperdício de água.

Conclui-se então que a administração municipal, considerando seu arranjo institucional atual e sua participação em consórcios em que já seja signatária, tem capacidade para implementar a gestão municipal do saneamento básico apresentando relativa integração entre os setores.

2.6.2. Capacidade econômico-financeira do município

2.6.2.1. Índice FIRJAN

Segundo o economista especialista em gestão pública, Paulo Kliass, a configuração fiscal prevista na Constituição de 1988 delegou ao município uma reduzida capacidade de arrecadação de tributos. A ele cabe o Imposto Predial Territorial Urbano (IPTU), o Imposto sobre Serviços (ISS), o Imposto sobre Transmissão de Bens Imóveis (ITBI) e taxas eventuais. Como o potencial arrecadador de tais fontes é bastante limitado, as cidades acabam por depender essencialmente de transferências da União e dos Estados.



Para contribuir com uma gestão pública eficiente e democrática, o Sistema FIRJAN desenvolveu o Índice FIRJAN de Gestão Fiscal (IFGF), construído a partir dos resultados fiscais das prefeituras através de informações de declaração obrigatória, disponibilizadas anualmente pela Secretaria do Tesouro Nacional (STN).

O IFGF é composto pelos indicadores de Receita Própria, que mede a dependência dos municípios em relação às transferências dos estados e da União; Gastos com Pessoal, que mostra quanto as cidades gastam com pagamento de pessoal em relação ao total da Receita Corrente Líquida (RCL); Investimentos, que acompanha o total de investimentos em relação à RCL; Liquidez, que verifica se os municípios estão deixando em caixa recursos suficientes para honrar os restos a pagar acumulados no ano, medindo a liquidez do município como proporção das receitas correntes líquidas; e Custo da Dívida, que corresponde às despesas de juros e amortizações em relação ao total das receitas líquidas reais.

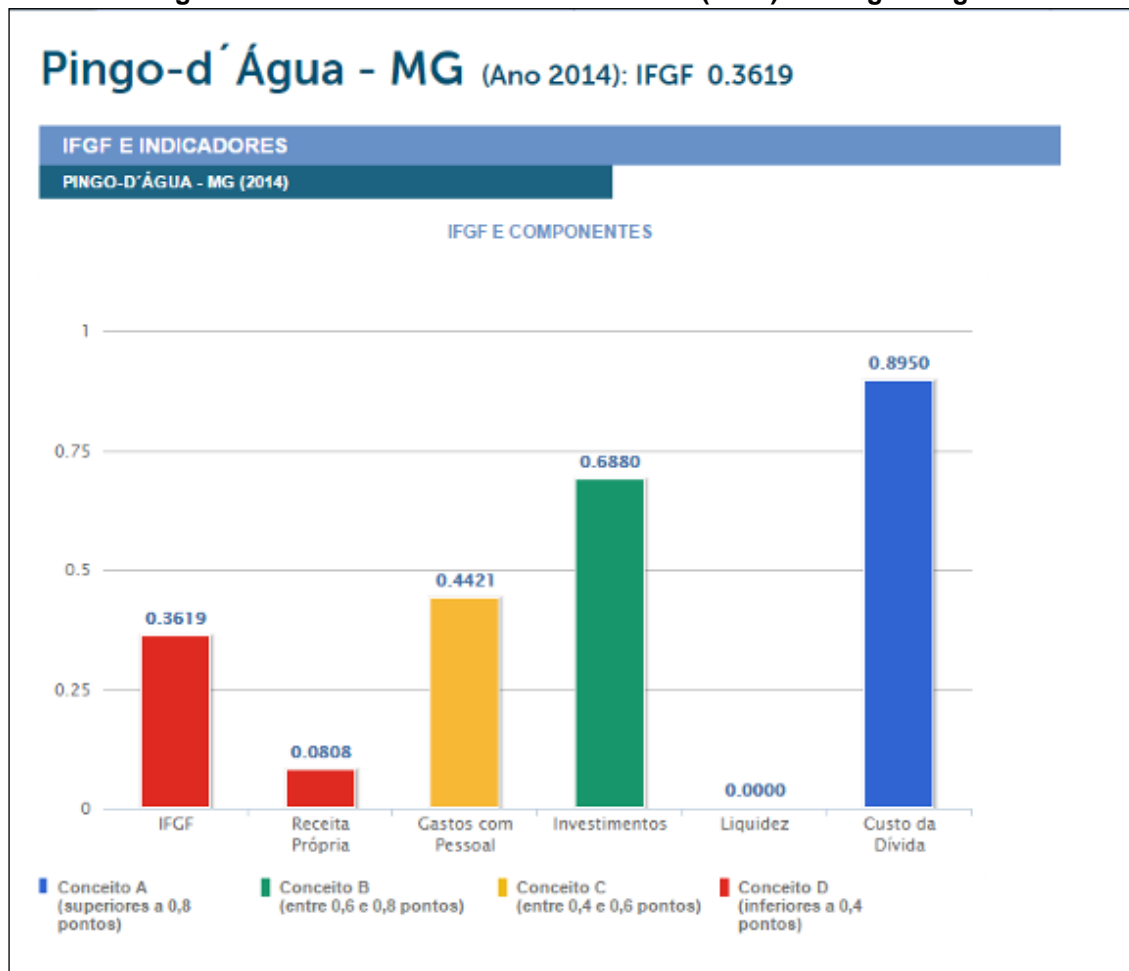
O IFGF varia de 0 a 1 ponto, sendo que quanto mais próximo de 1 melhor a situação fiscal do município. Cada um dos parâmetros analisados é classificado com conceitos A (Gestão de Excelência, com resultados superiores a 0,8 ponto), B (Boa Gestão, entre 0,8 e 0,6 ponto), C (Gestão em Dificuldade, entre 0,6 e 0,4 ponto) ou D (Gestão Crítica, inferiores a 0,4 ponto). Na edição do estudo do ano de 2015, o IFGF Brasil – média de todas as cidades e indicadores, registrou 0,4432 ponto.

Este índice possibilita o desenvolvimento de um debate de grande importância para o país: a forma como os tributos pagos pela sociedade são administrados pelas prefeituras. O Índice FIRJAN de Gestão Fiscal, divulgado em 2015, revela que 91,5% das prefeituras mineiras têm situação fiscal difícil ou crítica.

Considerando essa realidade, apresenta-se a seguir, dados que demonstram a gestão financeira do município de Pingo D'Água (Figura 18).



Figura 18 - Índice FIRJAN de Gestão Fiscal (IFGF) de Pingo D'Água



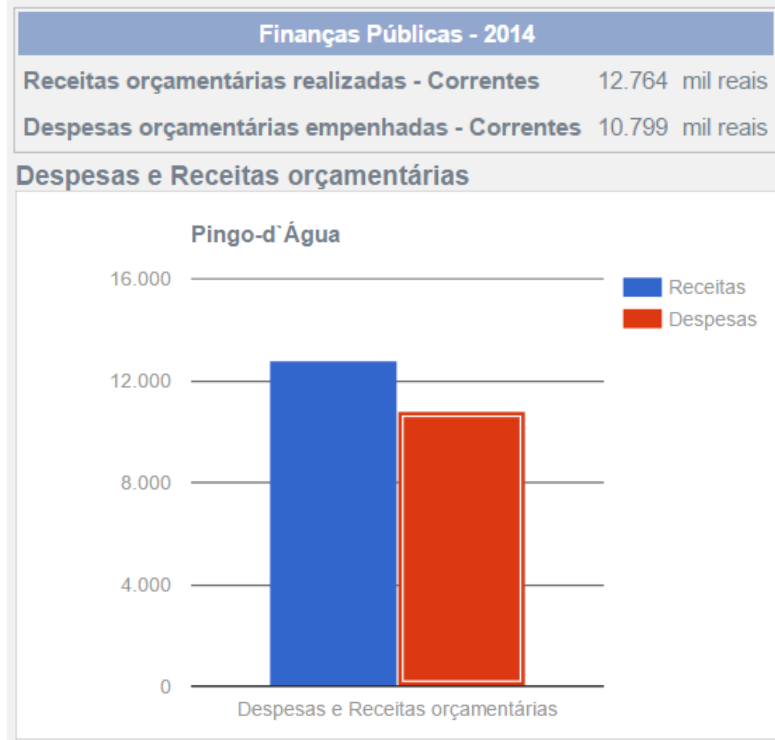
Fonte: <http://www.firjan.com.br/ifgf/>

Pingo D'Água apresenta um Índice FIRJAN de Gestão Fiscal abaixo da média nacional, em muito devido à insuficiente receita própria, ou seja, à pesada parcela de responsabilidade econômico-financeira assumida pelo setor público na oferta de serviços à população e à gestão pouco satisfatória de gastos com pessoal. A administração figura como relativamente eficiente na gestão dos investimentos efetuados com sua receita líquida. O custo da dívida parece não pesar muito sobre a gestão, uma vez que a cidade evita assumir despesas com juros e amortizações em relação às receitas de que dispõe.

Em contrapartida, são apresentados dados do IBGE Cidades sobre a situação financeira do município, também referentes ao ano de 2014, que demonstram a ocorrência de saldo orçamentário positivo (Figura 19).



Figura 19 - Despesas e Receitas orçamentárias do Município de Pingo D'Água



Fonte: IBGE Cidades, 2014.

Dados da Fundação João Pinheiro, relativos ao ano de 2011, informam que não existe política tarifária no município. Por ocasião dos levantamentos de dados junto ao município, foram solicitadas informações sobre sua política tarifária, porém não foram disponibilizadas.

2.6.2.2. Plano Plurianual

Segundo comando normativo advindo da Constituição Federal brasileira, o Plano Plurianual – PPA visa estabelecer, de forma regionalizada as diretrizes, objetivos e metas da administração pública para as despesas de capital e outras delas decorrentes e para as despesas relativas aos programas de duração continuada.

O PPA tem validade pelo período de quatro exercícios financeiros, sendo elaborado para os três primeiros exercícios da atual administração, e para o primeiro exercício da administração subsequente. Dessa forma, uma vez que o PPA define as despesas de capital e as relativas aos programas de duração continuada, são vedadas a execução de projetos que não estejam incluídos no plano. Como o PPA é elaborado para atender ao período de cada quatro exercícios, durante esse prazo é necessário que o mesmo seja revisto, para adequar o planejamento à realidade atual e adequar às



estimativas de receitas e despesas, o que se pode fazer através da elaboração de Projetos de Lei, que devem ser submetidos à avaliação do poder legislativo municipal.

O Plano Plurianual do município contempla a questão do saneamento básico, como descrito a seguir.

Para o programa de número 0010 – *Infraestrutura Urbana e Rural*, cujo objetivo é proporcionar infraestrutura adequada, oferecendo melhorias na qualidade de vida da população, foram planejadas as seguintes ações voltadas para o saneamento básico, totalizando o valor de R\$1.011.000,00:

- Construção, ampliação e reformas de dispositivos pluviais e fluviais, relacionadas à meta financeira de R\$150.000,00 para o quadriênio.
- Construção e conservação do sistema de esgotamento sanitário e ETE, relacionadas à meta financeira de R\$ 465.000,00 para o quadriênio.
- Construção, ampliação e reforma da usina de reciclagem de lixo relacionadas à meta financeira de R\$ 236.000,00 para o quadriênio.
- Construção, ampliação e reforma de pontes e bueiros, relacionadas à meta financeira de R\$ 105.000,00 para o quadriênio.
- Construção, ampliação e reforma de módulos sanitários, relacionadas à meta financeira de R\$ 55.000,00 para o quadriênio.

Outro programa é o de número 0011 – *Controle e Proteção do Meio Ambiente*, cujo objetivo é apoiar ações estratégicas, planos, programas e empreendimentos na área de meio ambiente que contribuam para o desenvolvimento sustentável do município, visando à compatibilidade do desenvolvimento socioeconômico com a proteção do meio ambiente, foram planejadas as seguintes ações voltadas para o saneamento básico, totalizando o valor de R\$ 1.716.000,00:

- Projetos ambientais, relacionados à meta financeira de R\$ 151.000,00 para o quadriênio.
- Manutenção da coleta seletiva de lixo, relacionada à meta financeira de R\$ 1.427.000,00 para o quadriênio.
- Manutenção das atividades da usina de reciclagem de lixo, relacionada à meta financeira R\$ 120.000,00.
- Manutenção do convênio com o IEF, relacionada à meta financeira de R\$ 18.000,00 para o quadriênio.



Assim, para o saneamento básico, considerando o quadriênio 2014-2017 foram previstos investimentos totalizando R\$ 2.727.000,00.

2.6.3. Capacidade da rede educacional no apoio ao saneamento

Segundo a Prefeitura Municipal, dados de 2015 informam que em Pingo D'Água a educação é ofertada pelos poderes públicos, estadual e municipal. Todas as escolas do município promovem eventos educacionais sobre temas ligados ao saneamento básico, principalmente sobre a água. Menciona-se a Gincana Ecológica da Escola Estadual Professora Dinalva Maria de Souza. Também existem arquivos que noticiam ações para conscientização ambiental ocorridas no município, desenvolvidas pelo Instituto Estadual de Florestas (IEF) em parceria com a Polícia Militar do Meio Ambiente. A própria Prefeitura promove a conscientização ambiental através de seus meios de comunicação, em especial os virtuais.

2.6.4. Soluções compartilhadas com outros municípios

Ravanelli, citando Abrucio e Soares M. (2010), destaca que em contraposição ao modelo do estado unitário, onde toda autoridade emana do governo central, os estados federais são formados por uma divisão territorial do poder, onde convivem a autonomia dos governos subnacionais e a necessária interdependência e unidade que decorre do pacto constitucional.

A chamada Constituição Cidadã (CF, 1988) repactuou a relação entre o Estado e a Sociedade, colocando na agenda política os temas da participação e do controle social na elaboração e implementação das políticas sociais e promoveu um novo conceito de sistema de proteção social, sob a forma de políticas sociais de acesso universal e gratuito.

Assim, frente ao aumento de gastos sociais, a necessidade de se desenvolver novas soluções para enfrentar a reduzida capacidade técnico-administrativa e financeira dos pequenos e micro municípios, os quais não possuem escala suficiente para a prestação de serviços públicos e dependem das transferências intergovernamentais para sua sustentabilidade, foram configurados novos mecanismos de cooperação entre os chamados entes federativos (Federação, Estados, Municípios).



Contudo, persiste no Brasil uma cultura política localista que se pretende “autossuficiente” no âmbito dos governos locais (ABRUCIO F e SOARES M, 2001). Essa postura negligencia o potencial da cooperação intergovernamental para a gestão compartilhada de políticas públicas e não leva devidamente em consideração a interdependência de âmbito regional como fator de potencialização da economia local. Mesmo assim, a experiência de cooperação intermunicipal é ainda muito incipiente no país, apesar da multiplicação de consórcios intermunicipais, a partir da década de 90. Essas experiências se concentram regionalmente no Sudeste e no Sul do país e setorialmente, nas áreas de prestação de serviços de saúde (35% do total dos municípios brasileiros), aquisição e uso conjunto de máquinas e equipamentos (12% dos municípios) e tratamento e disposição final do lixo (em torno de 4% dos municípios).

Há uma grande diversidade de políticas públicas que podem apresentar melhor resolução e efetividade por meio da ação intergovernamental no âmbito territorial, podendo produzir ganhos de escala consideráveis, maior racionalização na utilização de recursos públicos e fortalecimento dos entes federados na realização de suas atribuições.

Alguns serviços no setor de saneamento básico têm possibilidade de ser gerenciados de forma compartilhada, tais como a gestão de bacias hidrográficas, a recuperação e proteção ambiental, a destinação ou a disposição final de resíduos sólidos, a regulação dos quatro setores ou mesmo a construção e operação de grandes dispositivos de drenagem como barragens e reservatórios.

Considerando esse contexto, a seguir são identificados os consórcios em que o município de Pingo D'Água participa, buscando aumentar a eficácia e a eficiência da prestação de diversos serviços públicos à sua população.

- Consórcio Intermunicipal de Desenvolvimento Econômico e Social do Leste de Minas - CIDES-Leste: consórcio que inicialmente atua na área de saúde, entretanto há planos de expansão para que gerencie questões de infraestrutura e meio ambiente de seus municípios.
- Consórcio Intermunicipal de Saúde da Microrregião do Vale do Aço – CONSAÚDE: consórcio inicialmente destinado à saúde pública no âmbito do



atendimento médico, mas tem como objetivos (missão e visão) tornar-se uma instituição multifuncional, prestando serviços em todas as áreas da administração municipal.

No levantamento realizado não foram identificados outros consórcios ou soluções compartilhadas para a gestão de processos, compra de equipamentos, instalação de infraestruturas, regulação de serviços prestados à população e outros procedimentos relativos à gestão dos serviços de saneamento básico.

2.6.5. Programas locais de interesse do saneamento básico

Em Pingo D'Água, segundo Ofício nº 3/2017 da Secretaria de Saúde, os Programas de Educação em Saúde que estão em andamento são os seguintes:

- Programa Bolsa Família.
- Programa NUTRISUS.
- Programa Estratégia Saúde da Família.
- Programa Telessaúde.
- Programa de Melhoria de Acesso e da Qualidade da Atenção Básica – PMAQ.
- Programa SISVAN – Sistema de Vigilância Alimentar Nutricional.
- Programa Saúde na Escola – PSE.
- Amamenta e Alimenta Brasil.
- Programa Mais Médicos.
- Suplementação de Ferro.
- ESUS – AB.

O município indica ainda, como programas recomendados no processo de melhoria da qualidade de vida da população: NASF – Núcleo de Apoio à Saúde da Família e Rede Cegonha.

Em especial os Programas Estratégia Saúde da Família e Saúde na Escola têm potencial para trabalhar o tema do saneamento básico em ações já previstas em seu escopo.



Na medida em que visitas dos agentes de saúde forem realizadas como ações dos demais Programas de Educação em Saúde, poderá ser solicitado que o tema do saneamento básico seja incluído nas mensagens de conscientização.

Nos levantamentos de dados primários e secundários efetuados neste diagnóstico não foram identificados documentos que evidenciassem a existência de Políticas municipais de Turismo ou de Recursos Humanos e nem ações específicas nessas áreas que fossem voltadas ao saneamento básico.

2.6.6. Política local de Recursos Humanos

Nos levantamentos de dados primários e secundários efetuados neste diagnóstico não foram identificados documentos que descrevessem uma Política de Recursos Humanos voltada ao pessoal do setor de saneamento.

2.6.7. Sistema de comunicação local

Pingo D'Água é uma cidade de 4.420 habitantes (IBGE, 2010), com um sistema de comunicação local enxuto. Como na maioria das cidades pequenas, não há um Jornal Impresso de circulação que seja produzido no local, mas há a Rádio Expressão FM 98,7 que aborda fatos e informações de Pingo D'Água.

A internet é, sem dúvida, o grande veículo disseminador de informações na atualidade. Cidades como Pingo D'Água contam com o site oficial da Prefeitura Municipal, onde são disponibilizados informes à população. Também as mídias sociais, tais como o *Facebook* (<https://www.facebook.com/pmpda>), prestam o serviço de disseminar para a população os fatos e informações da cidade.

Locais onde se concentram dezenas de pessoas devem ser considerados no contexto de avaliar o sistema de comunicação local em cidades pequenas. Assim, os eventos religiosos ganham destaque e o apoio dos líderes como disseminadores da informação é fundamental.

Outra ferramenta de comunicação muito utilizada em cidades pequenas é o alto-falante, seja quando colocado em centros religiosos e em eventos festivos abertos ao público, ou mesmo quando usado em carro de som, passando pelas principais ruas da cidade levando as últimas notícias àqueles que, por vezes, têm pouco ou nenhum acesso à mídia.



Para a difusão de informações locais relacionadas ao saneamento, considera-se relevante a comunicação em eventos religiosos, via carro de som e no *site* da Prefeitura. Essas são formas de mobilização da população mais efetivas, além do famoso “boca-a-boca”.

3. Caracterização institucional dos setores do Saneamento Básico

3.1. Aspectos institucionais e situação econômico-financeira do sistema de água

A gestão do Sistema de Abastecimento de Água (SAA) da sede de Pingo D'Água é efetuada sob a responsabilidade da Companhia de Saneamento de Minas Gerais – COPASA MG, órgão da Administração Indireta do Estado, vinculado à Secretaria de Estado de Transporte e Obras Públicas, a partir da sanção da Lei nº 437, de 28 de dezembro de 1995.

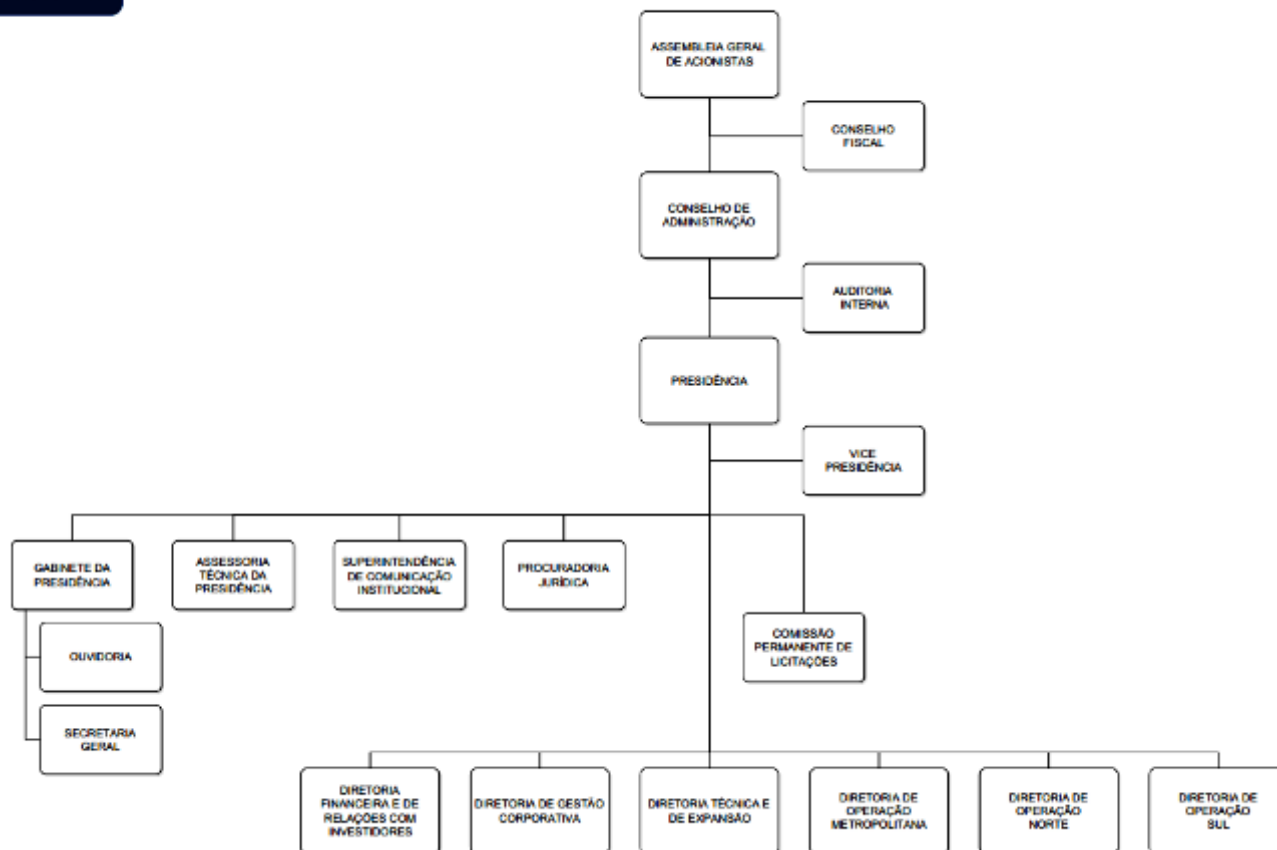
A COPASA MG é uma sociedade de economia mista por ações, de capital autorizado, sob controle acionário do Estado de Minas Gerais, constituída nos termos da Lei nº 2.842, de 5 de julho de 1963. A Companhia possui concessão de serviços de abastecimento de água em 634 municípios do estado de Minas Gerais, e do sistema de esgotamento sanitário em 287 municípios. Sua estrutura organizacional está representada na Figura 20.



Figura 20 - Organograma da COPASA



ESTRUTURA ORGANIZACIONAL



Fonte: COPASA, 2015.

A COPASA possui um Sistema de Informações Operacionais (SIOP), no qual se encontram informações como nº de unidades operacionais, nº de empregados, população atendida, economias, ligações, extensão de rede, vazão de captação, reservatórios, entre outras. No site da COPASA, é possível visualizar tais informações referentes ao ano de 2011 para todos os municípios, não sendo disponibilizados dados por município. Desse modo, a maioria dos dados que embasou o presente diagnóstico tem como principal fonte o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), conforme referenciado ao longo do texto.

Em 1991, foi concedido à COPASA o direito de implantar, ampliar, administrar e explorar industrialmente, direta ou indiretamente, com exclusividade, os serviços urbanos de abastecimento de água do distrito de Pingo D'Água, enquanto ainda distrito do município de Córrego Novo, conforme 1º Termo Aditivo ao Contrato de Concessão



celebrado em 18 de agosto de 1975. Depois, em 1995, esse distrito foi emancipado, mas continuou com o mesmo contrato de concessão com a COPASA, sendo assim com validade até 2021.

O termo aditivo contém as atividades e responsabilidades de cada parte e estão coerentes com a concessão de prestação de serviço de abastecimento público de água, em contrapartida não foram estabelecidas metas de universalização dos serviços, de diminuição de perdas, de gestão financeira ou demais metas pertinentes aos objetivos gerais da Lei nº 11.445/07. Esse termo aditivo é apresentado no Anexo 2.

O Sistema de Abastecimento de Água (SAA) da cidade de Pingo D'Água está subordinado à gerência do distrito sediado em Ipatinga-MG (DTVA). Existem quatro funcionários da COPASA para operar a ETA, realizar reparos, atender ao público e realizar a leitura.

Para o atendimento à população, a COPASA dispõe de um escritório de atendimento, onde são efetuados todos os serviços de atendimento à população de Pingo D'Água. A COPASA conta ainda com os seguintes canais de comunicação com a sociedade:

- Agência de Atendimento e Telefone 115 – as reclamações/solicitações são atendidas e controladas por meio dos dados que são coletados e inseridos no Sistema Informatizado SICOM, que gera relatórios específicos de atendimento/execução. As demandas que não são de pronto atendimento são encaminhadas às áreas de apoio.
- Internet / Ouvidoria / Fale Conosco – as reclamações/solicitações são controladas pela Divisão de Relacionamento com o Cliente - DVCR com sede em Belo Horizonte, que recebe e distribui as demandas para as áreas responsáveis tomarem providências. Depois de tomadas as providências, as minutas de respostas são devolvidas à DVCR para que seja dado o *feedback* aos clientes.

Os demais sistemas de abastecimento de água são de responsabilidade da Prefeitura Municipal. Não há um arranjo institucional formalizado para gerir esses sistemas.



Apesar de na sede as gestões do sistema de água e de esgoto serem distintas, a primeira sendo da COPASA e a segunda da Prefeitura, o SNIS fornece algumas informações apenas de forma conjunta. Todavia, desde 2012, há apenas informações financeiras do setor de abastecimento de água. A Tabela 1 apresenta as despesas e receitas da prestação de serviços de abastecimento de água do município de Pingo D'Água.

Tabela 1 - Análise financeira a partir dos dados do SNIS

Descrição	2012	2013	2014	2015
FN006 - Arrecadação total (R\$/ano)	524.064,64	557.274,48	607.919,82	629.290,00
FN017 - Despesas totais com os serviços (DTS) (R\$/ano)	643.640,77	674.554,97	676.527,28	735.619,88
FN033 - Investimentos totais realizados pelo prestador de serviços (R\$/ano)	4.995,00	5.625,07	6.002,95	6.433,47
Despesa Total	648.635,77	680.180,04	682.530,23	742.053,35
Saldo	-124.571,13	-122.905,56	-74.610,41	-112.763,35

Fonte: SNIS, 2015.

De qualquer forma, em todos esses anos, os serviços não têm sustentabilidade financeira, afinal apresentam saldo negativo. Portanto, acredita-se na necessidade de revisão da tarifação de água no município.

Além disso, é imprescindível a cobrança pelos serviços de esgoto através de taxa de esgoto para a sustentabilidade econômica do setor, tanto no caso de a COPASA absorver o sistema de esgotamento sanitário, quanto se a Prefeitura continuar com a prestação dos serviços.

Por fim, os investimentos no município poderiam tentar novas fontes de recursos como as da FUNASA entre outras, sendo preferencialmente a fundos perdidos.

3.2. Aspectos institucionais e situação econômico-financeira do sistema de esgoto

Segundo a Lei Federal nº 11.445 de 2007, a Lei do Saneamento, o sistema de esgotamento sanitário é “constituído pelas atividades, infraestruturas e instalações operacionais de coleta, transporte, tratamento e disposição final adequados dos



esgotos sanitários, desde as ligações prediais até o seu lançamento final no meio ambiente” (BRASIL, 2007). Portanto, um sistema eficiente é aquele que apresenta as infraestruturas e instalações citadas acima.

Em Pingo D'Água, o serviço de esgotamento sanitário é de responsabilidade da Prefeitura Municipal, mais especificamente da Secretaria de Obras. Cabe a essa Secretaria fornecer toda a infraestrutura necessária para o sistema de esgotamento sanitário, assim como prezar pelo seu funcionamento sem nenhum transtorno para os munícipes, incluindo a realização das manutenções periódicas do sistema.

O Secretário de Obras é o responsável. A equipe subordinada a ele é composta de um encarregado e quatro funcionários operacionais, totalizando seis funcionários na Secretaria.

O SNIS não apresenta dados econômicos e financeiros relacionados exclusivamente ao sistema de esgotamento sanitário. São apresentados dados relativos ao sistema de abastecimento de água em conjunto com o sistema de esgotamento sanitário, que foram citados no item 3.1 acima.

3.3. Aspectos institucionais e situação econômico-financeira do sistema de drenagem

Segundo informações obtidas com o secretário de obras, a Prefeitura Municipal de Pingo D'Água, através da Secretaria de Obras, realiza a gestão do Sistema de Drenagem Urbana e Manejo de Águas Pluviais (SDU) do município. Os profissionais que atuam no SDU são: o secretário de obras, o encarregado e quatro colaboradores operacionais.

A gestão e operação/manutenção do sistema de drenagem urbana e manejo de águas pluviais de Pingo D'Água é responsabilidade da Prefeitura Municipal, e executada através da Secretaria de Obras. Não há um levantamento dos gastos dos cofres públicos para esses serviços (SHS, 2017).

3.4. Aspectos institucionais e situação econômico-financeira do sistema de resíduos sólidos

A responsabilidade pelo Sistema de Limpeza Urbana e Manejo de Resíduos Sólidos do município de Pingo D'Água é da Prefeitura Municipal. Existem 9 funcionários



responsáveis pela coleta de resíduos sólidos domiciliares, 4 para resíduos comerciais, 4 para RCC, 4 para pneus e 2 para lâmpadas e eletrônicos. Além desses, são 16 funcionários para a varrição, poda, capina e roçagem.

O Quadro 16 apresenta a evolução de despesas e receitas associadas à prestação de serviços de manejo de resíduos sólidos do município de Pingo D'Água, conforme dados do SNIS.

Quadro 16 - Informações sobre o manejo de resíduos sólidos

Descrição	Unidade	Ano de Referência		
		2013	2014	2015
Custo unitário médio do serviço de coleta (RDO + RPU)	R\$/tonelada	S/I	S/I	440
Receita orçada com serviços de manejo de RSU	R\$/ano	S/I	S/I	S/I
Receita arrecadada com serviços de manejo de RSU	R\$/ano	S/I	S/I	30.389,08
Despesa total com o serviço de coleta de RDO e RPU	R\$/ano	S/I	S/I	193.072,00
Despesa total com a coleta de RSS	R\$/ano	S/I	6.296,50	0
Despesa total com o serviço de varrição	R\$/ano	S/I	S/I	4.783,00
Despesa total com todos os agentes executores dos demais serviços quando não especificados em campos próprios	R\$/ano	S/I	S/I	200.636,00
Despesa total com serviços de manejo de RSU	R\$/ano	S/I	S/I	398.491,00
Resultado	R\$/ano	S/I	-6.296,50	-368.101,92

RSU: Resíduos sólidos urbanos; RDO: Resíduos sólidos domiciliares e resíduos comerciais com características similares; RPU: Resíduos sólidos públicos; RCC: Resíduos de construção e demolição; RSS: Resíduos sólidos dos serviços de saúde S/I: Sem informação.

Fonte: SNIS, 2017.

É possível perceber que o município passou a arrecadar receita com o serviço de manejo dos resíduos sólidos somente a partir de 2015 ou, caso tenha sido



arrecadado, não foi informado ao SNIS. Mesmo assim, as receitas arrecadadas são muito inferiores às despesas, resultando em *déficit* econômico, inviabilizando a sustentabilidade financeira do sistema.

4. Diagnóstico Operacional dos setores do saneamento básico municipal

Os itens seguintes apresentam os diagnósticos das situações de cada eixo do saneamento básico. Para esse diagnóstico foram realizadas visitas técnicas, consultas a órgãos oficiais (IBGE, SNIS, IGAM, FEAM, entre outros) e análises de documentos disponibilizados pela Prefeitura Municipal de Pingo D'Água e demais prestadores de serviços dos quatro setores.

As visitas de campo para o levantamento da situação do saneamento básico abordados neste PMSB foram feitas pelos técnicos da SHS, sempre acompanhados por gestores locais, seja da Prefeitura Municipal, seja de técnicos das entidades responsáveis pela prestação dos serviços.

Os setores que fazem parte do saneamento básico foram avaliados no que concerne a sua situação institucional (responsabilidades gerenciais, atribuições legais, aspectos relacionados ao planejamento, etc.), patrimonial (edificações existentes e sua situação de conservação/manutenção), operacional (índices de atendimento e descrição dos processos envolvidos) e ambiental (aspectos relacionados à sustentabilidade ambiental dos procedimentos e inserção dos componentes dos sistemas no contexto ambiental/regional).

A mobilização social para o município de Pingo D'Água acontece de diversas formas, incluindo eventos públicos, que têm o objetivo de angariar, junto à população, manifestações, opiniões e indicações de fragilidades e reivindicações que se relacionam aos serviços de saneamento básico. As manifestações levantadas até o momento foram consideradas e incorporadas neste relatório, configurando-o como um diagnóstico técnico-participativo.

É importante salientar que, ainda que nem todas as comunidades existentes no município estejam descritas neste diagnóstico, o PMSB indicará soluções que poderão ser adotadas por todas as comunidades rurais para viabilizar o abastecimento de água,



o esgotamento sanitário, o manejo das águas pluviais e de resíduos sólidos, de tal forma que o município seja atendido em toda a sua extensão territorial.

4.1. Situação dos serviços de abastecimento de água

4.1.1. Análise crítica dos planos existentes

O PIRH da bacia do rio Doce apresenta dados gerais para toda a bacia do rio Doce, como o índice médio de cobertura dos serviços para as UPGRHs do estado de Minas Gerais, além de apresentar o volume produzido de água na bacia do rio Doce (CBH DOCE, 2010). O Quadro 17 apresenta os dados para as sub-bacias da bacia do rio Doce.

Quadro 17 - Índice de cobertura média dos serviços de abastecimento de água e volume produzido para as UPGRHs do rio Doce

UPGRH	Cobertura média dos serviços (%)	Volume produzido (m ³ /ano)
Piranga	97,5	24.115.731
Piracicaba	96,7	31.919.440
Santo Antônio	82,7	3.973.988
Suaçuí	94,0	20.285.344
Caratinga	95,1	8.690.381
Manhuaçu	93,1	9.186.934

Fonte: adaptado de CBH Doce, 2010.

O volume produzido pode ter duas origens diferentes: subterrânea ou cursos d'água superficiais. A extração, seja ela por qualquer uma das fontes, tem impacto direto no balanço hídrico das respectivas unidades de gestão. Além disso, sabe-se que o volume de água produzido é relacionado com o padrão econômico da população, que quanto maior, maior o consumo *per capita*, e o índice de perdas do sistema de distribuição. Para a bacia do rio Doce, têm-se os seguintes índices de perdas, apresentados na Tabela 2, a seguir.



Tabela 2 - Percentual médio de perdas da bacia do rio Doce

UPGRH	Percentual médio de perdas (%)
Piranga	27,3
Piracicaba	35,3
Santo Antônio	37,9
Suaçuí	19,8
Caratinga	21,8
Manhuaçu	17,9

Fonte: adaptado de CBH Doce, 2010.

O índice de perdas médio do estado é de 20,80 %, mostrando assim que o DO1, DO2, DO3, e DO5 apresentam valores acima do apresentado no estado de MG. Além disso, o PIRH apresenta que é essencial a existência de dispositivos de macro e microdrenagem, e cadastro técnico e comercial da rede de usuários.

Com relação ao tratamento, é afirmado no PIRH que não há registros de licenciamento ambiental em todas as Estações de Tratamento de Água (ETAs) da bacia do rio Doce.

O PIRH apresenta alguns indicadores para a avaliação da qualidade das águas superficiais da bacia do rio Doce. Um deles é o Índice de Qualidade de Água (IQA), que apresenta que na maior parte das estações de monitoramento do estado de Minas Gerais, predominou-se o nível *médio*, com algumas exceções onde se predomina o nível *bom* (CBH DOCE, 2010).

Outro índice monitorado é a Contaminação por Tóxicos (CT). Segundo o apresentado, o chumbo e o cobre foram responsáveis pela incidência alta desse índice. Esses metais são associados com atividades agrícolas e efluentes industriais (CBH DOCE, 2010).

Outro parâmetro considerado é a Ocorrência de Violações dos Padrões de Qualidade da Classe 2. Os parâmetros que não estão dentro da conformidade das unidades de planejamento do estado são: coliformes termotolerantes, manganês total, ferro dissolvido, cor verdadeira, fósforo total, turbidez, alumínio dissolvido, sólidos em suspensão totais, cobre dissolvido, chumbo total, zinco total e DBO. As amostras



apresentaram-se impróprias mais no quesito bacteriológico, em comparação com a matéria orgânica. O Plano ainda ressalta a importância do monitoramento do chumbo total, por ser bioacumulativo (CBH DOCE, 2010).

O Plano também estima o consumo *per capita* do estado, conforme a faixa populacional, como pode ser visto na Tabela 3, a seguir.

Tabela 3 - Consumo *per capita* do estado de Minas Gerais, conforme as faixas populacionais

Faixa populacional (habitantes)	Consumo <i>per capita</i> (L/hab.dia)
Menos que 10.000	186
10.000 – 100.000	217
100.000 – 500.000	248
Mais que 500.000	291

Fonte: adaptado de CBH Doce, 2010.

Também foram levantadas as questões referenciais no PIRH da bacia do rio Doce que se relacionam diretamente com os sistemas de abastecimento de água. São elas: I. Qualidade da Água, II. Quantidade de Água – Balanços Hídricos e IV. Universalização do Saneamento.

A primeira, “I. Qualidade da água”, relaciona-se com o sistema de abastecimento de água, pois busca a melhoria da qualidade das águas da bacia, e seu enquadramento. A segunda, “II. Quantidade de Água – Balanços Hídricos”, é importante para o sistema de abastecimento de água, pois seu objetivo é atingir cenários onde não existam *déficits* hídricos na bacia (CBH DOCE, 2010).

A terceira questão é a “IV. Universalização do Saneamento”, que em sua situação atual – os indicadores atuais apresentam valores muito baixos relativos à média estadual – não satisfazem aos padrões buscados pela bacia. Assim, o objetivo desta questão é o aumento do valor dos mesmos, até atingir ou ultrapassar a média estadual (CBH DOCE, 2010).

Além disso, o PIRH da bacia do rio Doce apresenta metas específicas para cada uma dessas questões. Para a Qualidade da Água, foram apresentadas as seguintes metas, que se relacionam com o sistema de abastecimento de água:



- 1ª meta: em 20 anos (ou em 2030), as águas superficiais atingirão qualidade compatível com classe 2 ou maior, considerando os seguintes indicadores: DBO, OD, pH, temperatura, cor, turbidez, coliformes fecais ou totais e fósforo.
- 2ª meta: até 2015, os principais municípios da bacia deveriam ter apresentado o tratamento dos efluentes urbanos, com uma significativa redução da DBO.

Sabe-se que neste ano de 2017, não houve uma revisão do PIRH do rio Doce que apresentasse os cumprimentos das metas.

Para os Balanços Hídricos, tem-se como meta não observar mais conflitos pelo uso da água na bacia do rio Doce, utilizando-se de medidas estruturais e não estruturais (CBH DOCE, 2010).

Para a Universalização do Saneamento, tem-se como meta principal o atingimento, até 2030, de “indicadores de abastecimento de água, esgotamento sanitário e disposição final de resíduos sólidos em cada município e em cada unidade de análise no mínimo iguais ou superiores à média do estado em que cada unidade se encontra” (CBH DOCE, 2010).

Segundo CBH Doce, o índice médio de cobertura dos serviços de abastecimento de água na UPGRH DO1 é de 97,5 %. Com relação aos domicílios que possuem canalização em pelo menos um cômodo, essa porcentagem é de 89,84 %.

A disponibilidade hídrica superficial da UPGRH DO1 é bem distinta devido as diferentes vazões encontradas nos rios que a compõem, como é possível observar na Tabela 4. Existe uma sazonalidade marcante entre o período de inverno (menos chuvoso) e verão (mais chuvoso), sendo que as maiores vazões médias ocorrem a partir do mês de novembro, atingindo o pico no mês de janeiro, como mostra a Tabela 5 (CBH DOCE, 2010).



Tabela 4 - Disponibilidade hídrica superficial dos rios que compõem a UPGRH DO1

Sub-bacia	Vazão Específica (L/s.km ²)			Vazão (m ³ /s)		
	q _{MLT}	q ₉₅	q _{7,10}	Q _{MLT}	Q ₉₅	Q _{7,10}
Rio Piranga	16,30	6,61	4,84	108,00	43,70	32,00
Rio do Carmo	22,20	11,20	9,38	50,30	25,40	21,30
Rio Casca	1,10	5,01	3,22	32,80	12,60	8,09
Rio Matipó	14,20	4,57	2,80	36,80	11,80	7,23

Fonte: adaptado de CBH Doce, 2010.

Tabela 5 - Vazão média no mês de janeiro dos rios que compõem a UPGRH DO1

Sub-bacia	Vazão média (m ³ /s)
Rio Piranga	200,00
Rio do Carmo	85,00
Rio Casca	61,40
Rio Matipó	74,70

Fonte: adaptado de CBH Doce, 2010.

Para administrar a bacia hidrográfica do rio Piranga, foi criado o Comitê de Bacia Hidrográfica do Rio Piranga (Decreto Estadual nº 43.101/2002), que deve promover, no âmbito da gestão de recursos hídricos, a viabilização técnica e econômico-financeira de programa de investimento e consolidação de políticas de estruturação urbana e regional, visando ao desenvolvimento sustentável da bacia em questão (CBH DOCE, 2010).

Conforme o PARH Piranga, o consumo humano é responsável pelo maior percentual de uso dentro da unidade, totalizando 33 % das retiradas estimadas. O segundo maior uso é para a irrigação (31 %). Já a dessedentação animal assume 11 % das retiradas e o uso industrial 25 %. Além disso, a UPGRH DO1 apresenta alguns pontos de aproveitamento hidrelétrico em operação.

No que diz respeito ao balanço hídrico, a situação demonstra que as retiradas realizadas na UPGRH DO1 não impactam de forma preocupante a disponibilidade hídrica do conjunto da unidade, sendo considerada uma situação “Excelente”, conforme



padrão estipulado pela ONU. Essa classificação não considera a necessidade de diluição de poluentes, como a DBO residual, por exemplo, para atender-se ao critério de enquadramento. A consideração de todos os usos e a diluição resulta em um quadro mais crítico para os rios da Unidade (CBH DOCE, 2010).

Na época de elaboração do PARH Piranga, eram retirados 1,29 m³/s de água para suprir as demandas de uso da sub-bacia do rio Piranga, 1,31 m³/s para as demandas da sub-bacia do rio do Carmo, 0,62 m³/s para a sub-bacia do rio Casca, e 0,39 m³/s para a sub-bacia do rio Matipó. Essas demandas encontram-se muito abaixo das vazões Q_{7,10} estabelecidas para estas sub-bacias, respectivamente, 32,0 m³/s, 21,3 m³/s, 8,1 m³/s, e 7,2 m³/s.

A caracterização da qualidade da água presente no PARH Piranga indicou que existe uma sobrecarga de lançamento de esgotos sanitários nas águas superficiais, gerando não conformidades para coliformes termotolerantes e fósforo total. Os percentuais de teores de manganês total e ferro dissolvido também foram relevantes. Isso está vinculado ao manejo inadequado do solo na pecuária, bem como na mineração (CBH DOCE, 2010).

Também houve não conformidades pela alta concentração de componentes tóxicos, como chumbo total e cobre dissolvido, que estão ligadas às atividades agropecuárias e industriais desenvolvidas na região (CBH DOCE, 2010).

No que diz respeito às enchentes, tem-se que esta tem sido uma questão comumente associada a um problema recorrente na região da calha principal do rio Doce, atingindo mais fortemente as cidades ali situadas (CBH DOCE, 2010).

No prognóstico do PARH Piranga, foi apresentado que o uso da água para irrigação e dessedentação animal diminuiria, no entanto, o uso para abastecimento humano aumentaria, ainda que em menor proporção do que o uso industrial. Com relação aos balanços hídricos, a UPGRH DO1 não apresentaria *déficits* hídricos globais, mesmo nos períodos de escassez (CBH DOCE, 2010).

O PARH Piranga apresenta objetivos baseados nas manifestações dos comitês de bacia. Algumas das preocupações dos comitês, na época em que foi feito o plano, era a viabilidade ambiental de atividades como a mineração, a silvicultura e a cafeicultura e a geração de energia a partir de hidrelétricas nos afluentes do rio Doce.

Dessa forma, os objetivos presentes no PARH Piranga são:



- Melhorar gradativamente a qualidade da água nos trechos mais críticos, de modo a atender ao enquadramento, já que na época em que foi feito o plano a qualidade não respeitava a expectativa de enquadramento.
- Atingir um cenário onde não ocorressem *déficits* hídricos, a partir da eliminação, redução ou gerenciamento das situações de conflito de uso existentes, já que na época de elaboração do estudo, foi observado um *déficit* nos balanços em determinados trechos do rio Doce, de modo que a partir de simulações previu-se que futuramente se teria maior restrição, caso não houvesse uma gestão.
- Reduzir os danos causados pela ocorrência de enchentes, pois foi identificada uma ocorrência frequente de enchentes em zonas urbanas, sendo previsíveis maiores impactos em um cenário sem gestão.
- Implementar todos os Instrumentos de Gestão dos Recursos Hídricos.

Também foram traçadas metas, a partir das quais foram desenvolvidos programas a fim de alcançar os objetivos citados acima. As metas presentes no PARH Piranga, referentes aos recursos hídricos que aparecem para a UPGRH DO1, são:

- Metas de qualidade de água.
- Metas de quantidade de água – balanços hídricos.
- Metas sobre susceptibilidade a enchentes.
- Metas sobre universalização do saneamento (CBH DOCE, 2010).

4.1.2. Caracterização da prestação dos serviços por meio de indicadores

Como citado anteriormente, em Pingo D'Água, o Serviço de Abastecimento de Água é de responsabilidade da COPASA. De acordo com a COPASA, no município a área urbana é atendida em 91,07% com abastecimento de água potável, sendo 4.002 habitantes através de 1.592 ligações e 1.642 economias. O consumo médio *per capita* de água é de 168,41 L/hab.dia.

Em linhas gerais, não há muitas interrupções, sendo o atendimento satisfatório no quesito “frequência do fornecimento”. Entretanto, existem momentos em que são necessárias obras e serviços de manutenção preventiva ou corretiva, durante os quais há a necessidade de interromper o atendimento. Ressalta-se que não há um programa de manutenções preventivas ou corretivas, sendo realizadas conforme a necessidade.



Com relação à qualidade da água, são realizados ensaios para obter os parâmetros de qualidade de água, sendo algumas dessas análises realizadas de duas em duas horas diariamente, outras mensais, trimestrais e semestrais que são encaminhados a outros laboratórios. As análises fora dos padrões são refeitas e, constatados problemas, há procedimentos padrões a serem realizados no tratamento, como, por exemplo, aumentar a dosagem do coagulante. A partir dos resultados são elaborados relatórios anuais onde são apresentados os padrões analisados conforme fixados pela Portaria nº 2.914/11 do Ministério da Saúde. O Anexo 3 apresenta o relatório anual de qualidade de água que a COPASA elaborou para 2016.

Ressalta-se que a COPASA fornece os resultados de qualidade da água na própria fatura mensal dos usuários a fim de informá-los, todavia os demais sistemas administrados pela Prefeitura Municipal não têm qualquer procedimento para informar os usuários com relação ao controle e vigilância da qualidade da água.

O sistema da sede tem considerável índice de perdas de água, chegando a aproximadamente 21 % de perdas físicas, ou seja, quase mais de um quinto da água está se perdendo efetivamente pelas tubulações, reservatórios, etc. Esse fator ocorre principalmente devido à falta de manutenção preventiva de todo o sistema e de melhor dimensionamento dos equipamentos.

4.1.3. Situação atual do sistema

O sistema de abastecimento da sede inicia-se com a captação no ribeirão Sacramento (UTM 23K 772.227,37m E; 7.817.721,05m S), cuja vazão está outorgada para 15 L/s, mas são captados 12 L/s. Ressalta-se que não se sofreu com períodos de estiagem. A água é aduzida até a ETA através de uma tubulação DEFOFO DN100 por 100 m, com auxílio de um conjunto motobomba de 10cv, trabalhando 15 horas por dia em média mensal e existe bomba reserva.





Figura 21 - Ponto de captação de água da sede



Fonte: SHS, 2017.

A água aduzida até a ETA de Ferro Cimento (UTM 23K 772.314,28m E; 7.817.574,18m S), mostrada na Figura 22, passa por um tratamento do tipo convencional (Quadro 18), que trata atualmente uma vazão 12,26 L/s, trabalhando 15 horas por dia em média mensal.

Quadro 18 - Resumo do tratamento convencional adotado no município

	Coagulação:	É a aplicação de produtos como o Sulfato de Alumínio ou Cloreto Férrico, que têm como função básica agrupar as partículas sólidas em suspensão na água bruta, formando pequenos coágulos. Em alguns casos, também é necessário corrigir o pH da água bruta, com a aplicação de cal.
	Floculação:	É a formação de flocos, a partir da movimentação da água em tanques específicos dentro da Estação de Tratamento de Água - ETA. Quando misturados, esses flocos ficam maiores e mais pesados, facilitando a sua remoção.

	Decantação:	Nesta etapa, os flocos formados na etapa de floculação, acumulam-se no fundo dos tanques, pela ação da gravidade, separando-se da água.
	Filtração:	Para garantir ainda mais a sua qualidade, a água passa por filtros com o objetivo de reter os sólidos que tenham ficado durante as outras etapas de tratamento.
	Desinfecção:	A adição de cloro na água é feita antes da saída da Estação de Tratamento, para eliminar os patógenos nocivos à saúde, garantindo, também, a qualidade da água nas redes de distribuição e nos reservatórios domiciliares.
	Fluoretação:	Por fim, ela recebe a aplicação de uma dosagem de um composto de flúor, que contribui no combate às cáries, principalmente no período de formação dos dentes.

Fonte: SHS, 2017.

Figura 22 - Estação de Tratamento de Água da sede



Fonte: SHS, 2017.

A lavagem dos filtros e decantadores são realizadas sob demanda, mas não há UTR (Unidade de Tratamento de Resíduos) na ETA, sendo que o efluente advindo da lavagem dos filtros e da limpeza de decantador é descartado no próprio ribeirão Sacramento em ponto a jusante da captação.

Após tratamento, a água é recalçada para os reservatórios da cidade através de uma adutora de tubulação DEFOFO DN150 por 1.815 m com auxílio de uma Estação Elevatória de Água Tratada constituída de dois conjuntos motobomba (CMB-01 e CMB-02) de 20 cv cada, operados em revezamento.



Existe o reservatório REL-R03 de 30 m³ para atender loteamento Vista Linda (UTM 23K 771.966,57m E; 7.816.482,56m S) e outros dois reservatórios na cidade (RAP-R01 de 100m³ e RSA-R02 de 50m³) (UTM 23K 771.201,77m E; 7.816.179,17m S) (Figura 23).

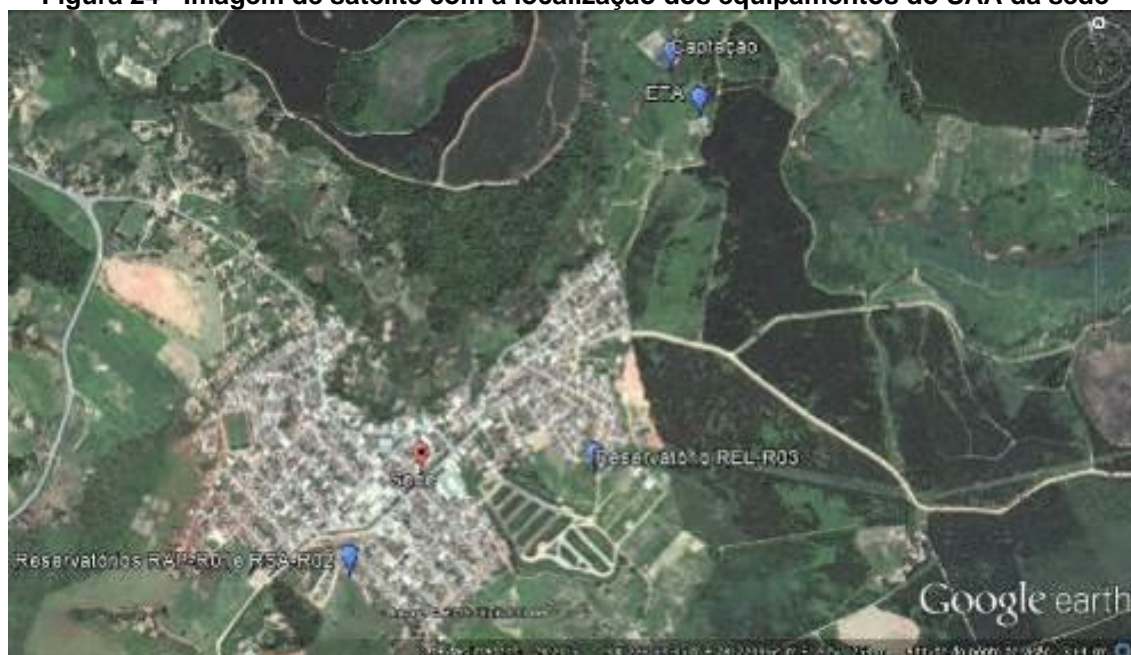
Figura 23 - Reservatórios de água tratada RAP-R01 (esq.) e RSA-R02 (dir.)



Fonte: SHS, 2017.

A água armazenada é distribuída utilizando 15,20 km de rede de distribuição por gravidade. O assentamento rural Agrovila, localizado próximo ao portal da cidade, não possui rede de água e não há asfalto. A Figura 24 apresenta a localização dos equipamentos do SAA descritos anteriormente.

Figura 24 - Imagem de satélite com a localização dos equipamentos do SAA da sede



Fonte: SHS, 2017.



No sistema que atende à sede há medições da vazão, sendo elas: a macromedição, que seria a água chegando e saindo da ETA, que em 2015 foi totalmente medida através de medidores de vazão (100%), e a micromedição, que seria a contabilização do consumo das residências através dos hidrômetros, sendo que 99,99% da água foi micromedida em 2015.

Por fim, a COPASA entende que os principais problemas apresentados pelo sistema são:

- Redes de distribuição subdimensionadas.
- Reservação insuficiente.
- ETA subdimensionada.

4.1.4. Soluções alternativas empregadas

Em paralelo ao sistema de abastecimento de água da sede, gerenciado pela COPASA, tem-se em Pingo D'Água algumas localidades com soluções isoladas, conforme apresentado no Quadro 19. Estas informações foram coletadas e atualizadas pelos agentes de saúde do município.

Quadro 19 - Situação das comunidades rurais quanto ao abastecimento de água

Nome	Categoria	Nº de residências	Nº de estabelecimentos comerciais	Situação de abastecimento de água
Lagoa Tiririca	Acampamento	01	1	Poço.
Agenor Martins	Fazenda	06	1	Poço, cisterna ou nascente.
Boa Vista	Sítio	02	0	Poço, cisterna ou nascente.
Chico Mendes	Bairro	50	1	Poço, cisterna ou nascente.
Chico Mendes	Acampamento	14	0	Poço, cisterna ou nascente.
José Fifi	Sítio	01	0	Poço, cisterna ou nascente.



Nome	Categoria	Nº de residências	Nº de estabelecimentos comerciais	Situação de abastecimento de água
Lagoa da Prata	Fazenda	06	0	Poço, cisterna ou nascente.
Monte Alegre	Sítio	12	1	Poço, cisterna ou nascente.
Prudêncio	Fazenda	01	0	Poço, cisterna ou nascente.
Raimundo Moreira	Fazenda	09	0	Poço, cisterna ou nascente.
Recanto da Pedreira	Fazenda	27	1	Poço, cisterna ou nascente.
Reta do Jurubeba	Fazenda	05	0	Poço, cisterna ou nascente.
Saete Fazenda	Fazenda	23	0	Poço, cisterna ou nascente.

Fonte: Secretaria de Saúde de Pingo D'Água, 2017.

Analisando as informações, conclui-se que as famílias que recebem água por soluções alternativas empregadas, utilizam poços, cisternas ou nascentes, não havendo rede pública. Entretanto, não se tem muitas informações sobre quais soluções são empregadas para a adução, tratamento ou reservação da água nesses casos. Ressalta-se que em seminários a população indicou que, de modo geral, a água consumida na área rural tem pouca quantidade e má qualidade.

4.1.5. Análise de mananciais

O município de Pingo D'Água está bem localizado quanto a mananciais superficiais, principalmente por ser limitado pelo rio Doce, ribeirão Sacramento e ribeirão dos Óculos, além de ter lagoas em seus domínios.

O ribeirão Sacramento, quando passa no município, é considerado de classe 2, portanto sua qualidade é significativa a ponto de poder ser considerado para consumo humano após tratamento convencional, conforme estabelecido pela CONAMA 357.



Ressalta-se que há a necessidade de aferir novamente a qualidade nas captações do município, afinal não há monitoramento do IGAM nos cursos propostos.

Com relação ao estado de conservação da vegetação no entorno das áreas da captação de água e nas bacias de contribuição, são áreas tipicamente de pastagens e com pouca conservação da mata ciliar, havendo grande potencial de recuperação da bacia.

O rompimento da barragem de rejeitos de mineração controlada pela Samarco Mineração S.A, em 5 de novembro de 2015, culminou na contaminação do rio Doce. Esse rio tem seu curso passando pelo território do município de Pingo D'Água, mas não próximo aos aglomerados urbanos e não há sistemas de abastecimento que realizem captações no rio. Os usos que os municípios fazem desse curso d'água, de forma geral, são dessedentação de animais em propriedades rurais, pesca e atividades de lazer.

Além do rio Doce, do ribeirão Sacramento e do ribeirão dos Óculos, o município conta com os afluentes que são ou podem servir como fonte para abastecimento de água para a população, tais como o córrego Carvalho. Tal recurso hídrico deve ser analisado quanto a sua quantidade e qualidade para aferir a continuação ou possibilidade de uso como abastecimento das comunidades próximas.

4.2. Situação dos serviços de esgotamento sanitário

Segundo a Lei Federal nº 11.445 de 2007, a Lei do Saneamento, o sistema de esgotamento sanitário é “constituído pelas atividades, infraestruturas e instalações operacionais de coleta, transporte, tratamento e disposição final adequados dos esgotos sanitários, desde as ligações prediais até o seu lançamento final no meio ambiente” (BRASIL, 2007). Portanto, um sistema eficiente é aquele que apresenta as infraestruturas e instalações citadas acima.

A seguir, são apresentadas as informações levantadas para realizar o diagnóstico do sistema de esgotamento sanitário do município de Pingo D'Água.



4.2.1. Levantamentos, planos e projetos existentes e análise da legislação aplicável para os serviços de esgotamento sanitário

4.2.1.1. Legislação aplicável

No âmbito da legislação federal, existem leis que se relacionam diretamente com os serviços de esgotamento sanitário. É o caso da Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei nº 9.433/1997), da Lei do Saneamento Básico (Lei nº 11.445/2007), entre outras. Destaca-se também a Resolução Recomendada nº 75/2009. Essas leis serão apresentadas a seguir.

Com relação às resoluções CONAMA, existem duas que estão ligadas entre si e que se relacionam com os serviços de esgotamento sanitário: a Resolução CONAMA nº 357/2005 e a nº 430/2011. A primeira fornece as classificações dos corpos hídricos, e também as diretrizes para seu enquadramento. Já a CONAMA nº 430/2011, que veio para complementar a citada anteriormente, “dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes”, ou seja, está diretamente relacionada com o lançamento dos esgotos sanitários. A CONAMA nº 430/2011 também apresenta os limites de cada parâmetro em seu art. 16, como pH, temperatura, materiais sedimentáveis, DBO, compostos orgânicos e inorgânicos, entre outros. Também são apresentados os padrões de lançamento de Estações de Tratamento de Esgotos, no art. 21.

Quanto às normas da ABNT, as mais importantes são: a NBR 12.207, de 2016, que apresenta informações sobre os projetos dos interceptores de esgoto sanitário. Já a NBR 12.208, de 1992, fornece informações sobre os projetos de Estações Elevatórias de Esgotos, como vazão para dimensionamento, características do canal afluente, especificações técnicas dos equipamentos, entre outras. Por fim, a NBR 12.209, de 2011, dá as informações necessárias para a elaboração dos projetos hidráulico-sanitários de Estações de Tratamento de Esgotos sanitários. Além dessas, é apresentada a NBR ISO 24.511, de 2012, que apresenta as “diretrizes para a gestão dos prestadores de serviços de esgoto e para avaliação dos serviços de esgoto” (ABNT, 2012).

Dentro das legislações estaduais de Minas Gerais, existem leis e resoluções que também se relacionam diretamente com os serviços de esgotamento sanitário, sendo estas apresentadas a seguir.



A Lei Estadual nº 11.720/1994, que dispõe sobre a Política Estadual de Saneamento Básico e institui o Plano Estadual de Saneamento Básico (PESB), ainda está em fase de investimentos e elaboração. Outra lei de importância para o estado de Minas Gerais que se relaciona aos serviços de esgotamento sanitário é a Política Estadual de Recursos Hídricos (Lei nº 13.199/1999).

No âmbito das resoluções, tem-se a Resolução SEMAD nº 1.273, de 23 de fevereiro de 2011, que estabelece os critérios e os procedimentos para se calcular o Fator de Qualidade de empreendimentos de tratamento e/ou disposição final de resíduos sólidos urbanos e de tratamento de esgotos sanitários. Esse Fator de Qualidade deve considerar os seguintes critérios de avaliação: Gestão Compartilhada (GC), Desempenho Operacional (DO), Geração de Energia (GE) e Indicador de Coleta Seletiva (CS).

O estado de Minas Gerais instituiu a Agência Reguladora de Serviços de Abastecimento de Água e de Esgotamento Sanitário do Estado de Minas Gerais - ARSAE-MG, através da Lei nº 18.309, de 03 de agosto de 2009. Dentro da ARSAE-MG, tem-se que a Gerência de Fiscalização Operacional é a responsável pelas fiscalizações de campo provenientes de ocorrências pontuais, decorrentes de contingências ou de acidentes nos sistemas de água e de esgoto, relacionados à prestação dos serviços, como apresentado no Decreto nº 45.871/ 2011.

Com relação à legislação municipal, Pingo D'Água possui, em sua Lei Orgânica Nº S/N, de 20/09/1997, um artigo exclusivo para o saneamento básico (artigo 120º), que deverá assegurar o abastecimento de água de qualidade para os municípios, a coleta e a disposição dos esgotos sanitários, buscando a preservação do equilíbrio ecológico, e também o controle de vetores de doenças.

No entanto, o município não possui planos ou programas que atuem como instrumentos de planejamento que envolva especificamente os serviços de esgotamento sanitário. Não foi encontrado o Código de Obras do município, nem informações sobre o Plano Plurianual de 2014 a 2017.

4.2.1.2. Planos e Projetos

O PIRH da bacia do rio Doce apresenta dados gerais para toda a bacia do rio Doce. Um dos dados apresentados é o índice médio de cobertura dos serviços de



coleta que, na bacia toda, é de 75,2%. O volume coletado de esgotos na bacia toda, ao longo do ano, é de aproximadamente 15,5 milhões de m³. Destes, apenas 170 mil m³ são tratados, apresentando assim um percentual de tratamento de 1% do coletado. A carga remanescente de DBO é de 27.554 kg/dia (CBH DOCE, 2010).

Também foram levantadas duas questões referenciais no PIRH da bacia do rio Doce que se relacionam diretamente com os sistemas de esgotamento sanitário. A primeira é a “I. Qualidade da água”, que está diretamente ligada com o tratamento dos esgotos e com o lançamento *in natura* irregular dos mesmos. O objetivo dessa questão é melhorar a qualidade das águas gradativamente e atender o enquadramento dos trechos mais críticos (CBH DOCE, 2010).

A segunda questão é a “IV. Universalização do Saneamento”, que em sua situação atual – os indicadores atuais apresentam valores muito baixos relativos à média estadual – não satisfazem os padrões buscados pela bacia. Assim, o objetivo desta questão é o aumento do valor dos mesmos, até atingir ou ultrapassar a média estadual (CBH DOCE, 2010).

Além disso, o PIRH da bacia do rio Doce apresenta metas específicas para cada uma dessas questões. Para a Qualidade da Água, foram apresentadas as seguintes metas, que se relacionam com o sistema de esgotamento sanitário:

- 1ª meta: em 20 anos (ou em 2030), as águas superficiais atingirão qualidade compatível com classe 2 ou maior, considerando os seguintes indicadores: DBO, OD, pH, temperatura, cor, turbidez, coliformes fecais ou totais e fósforo.
- 2ª meta: até 2015, os principais municípios da bacia deveriam ter apresentado o tratamento dos efluentes urbanos, com uma significativa redução da DBO.
- 3ª meta: até 2020, todos os municípios deverão apresentar algum tipo de tratamento dos esgotos.

Sabe-se que neste ano de 2017, não houve uma revisão do PIRH do rio Doce que apresentasse os cumprimentos das metas.

Para a Universalização do Saneamento, tem-se como meta principal o atingimento, até 2030, de “indicadores de abastecimento de água, esgotamento



sanitário e disposição final de resíduos sólidos em cada município e em cada unidade de análise no mínimo iguais ou superiores à média do estado em que cada unidade se encontra” (CBH DOCE, 2010).

Além disso, para 2030, foi estimada uma cobertura de 100% dos serviços de esgotamento sanitário para as cidades com mais de 5 mil habitantes. A redução da carga orgânica fica em 90% até o ano de 2020 (CBH DOCE, 2010).

O PARH Piranga apresenta também indicadores relacionados à saúde pública, sendo um deles a quantidade de casos de esquistossomose nos municípios no ano de 2007 (CBH DOCE, 2010).

Com relação às metas, estas são similares às apresentadas para a bacia do rio Doce no PIRH. Para a Qualidade de Água, tem-se que em 20 anos (ou em 2030), as águas superficiais atingirão qualidade compatível com classe 2 ou maior, considerando os seguintes indicadores: DBO, OD, pH, temperatura, cor, turbidez, coliformes fecais ou totais e fósforo. Outra meta é que até 2015, os principais municípios da bacia devem apresentar tratamento dos efluentes urbanos, com uma significativa redução da DBO, e até 2020, todos os municípios devem apresentar algum tipo de tratamento dos esgotos (CBH DOCE, 2010). Para este Plano também não houve, até o momento, uma revisão para que seja confirmado se essas metas foram atendidas ou não.

Para a Universalização do Saneamento, tem-se como meta principal o atingimento, até 2030, de valores iguais ou acima da média estadual para os indicadores relacionados com o saneamento. Além disso, para 2030, foi estimada uma cobertura de 100% dos serviços de esgotamento sanitário para as cidades com mais de 5 mil habitantes. A redução da carga orgânica fica em 90% até o ano de 2020 (CBH DOCE, 2010).

Outro Plano apresentado é o Plano para Incremento do Percentual de Tratamento de Esgotos Sanitários na Bacia Hidrográfica do rio Piranga (PITE Piranga), de 2015. O Plano foca na situação do sistema de esgotamento sanitário da URGRH DO1 e apresenta dados como percentual de coleta e tratamento de esgotos, situação dos municípios em relação à existência de PMSB, acesso ao ICMS Ecológico, atendimento à DN COPAM nº 96/2006, e prestação dos serviços de esgotamento sanitário. Além disso, são apresentados dados referentes às ETEs existentes nas bacias.



O Plano reúne todas essas informações num indicador chamado de IQES: Índice de Qualidade dos Serviços de Esgotamento Sanitário. Este é ponderado com o percentual de coleta de esgotos (peso 23), percentual de tratamento de esgotos (peso 25), regularização ambiental da ETE (peso 9), disposição final dos resíduos sólidos da ETE (peso 12), operacionalidade da ETE (peso 21) e análise adicional (peso 10), apresentação do programa de monitoramento da ETE (peso 3,9), atendimento dos municípios à DN nº 96/2006 (peso 3,7) e recebimento de ICMS Ecológico pelo tratamento de esgotos (peso 2,4).

Em 2015 também foi lançado o relatório do programa Minas Trata Esgoto, elaborado pela Fundação Estadual de Meio Ambiente (FEAM). Esse relatório apresenta três fases: o diagnóstico da situação do esgotamento sanitário no estado de Minas Gerais, a avaliação do serviço de esgotamento sanitário nos municípios e as diretrizes relacionadas ao serviço. Os dados apresentados foram coletados com os municípios e, a partir destes, avaliou-se a qualidade dos serviços de esgotamento sanitário, utilizando um indicador chamado IESM: Índice de Avaliação do Esgotamento Sanitário Municipal.

O IESM engloba três indicadores, similares aos apresentados no IQES: percentual de coleta (peso 34), percentual de tratamento (peso 37) e regularização ambiental das ETEs (peso 29), que é dividido em quatro subindicadores: ETE regularizada (peso 13), atendimento à DN COPAM nº 96/2006 (peso 6), realização do monitoramento de efluentes (peso 6) e recebimento de ICMS Ecológico (peso 4). O IESM consiste na soma de todos os indicadores e subindicadores.

O valor obtido para o município para o IQES e para o IESM será apresentado ao longo do diagnóstico, junto com outros indicadores pertinentes para o sistema de esgotamento sanitário.

4.2.2. Descrição geral do sistema de esgotamento sanitário

A situação atual dos serviços de esgotamento sanitário compreende a coleta de esgotos, o afastamento, o lançamento em corpo hídrico e a manutenção das redes coletoras. Segundo a Prefeitura Municipal de Pingo D'Água, o município não possui nenhuma forma de tratamento dos esgotos urbanos.



Em Pingo D'Água, 91,3% da população urbana é atendida com o sistema de coleta de esgotos (4.078 hab, segundo o SNIS de 2011). A extensão da rede dos esgotos é de 20,51 km, e atende com esgotamento sanitário a uma população de 4.467 habitantes (SNIS, 2011). Segundo o apresentado pela Prefeitura Municipal de Pingo D'Água, a tubulação é composta por dois materiais diferentes: manilhas de concreto (de 200 mm de diâmetro), e PVC (com 150 e 200 mm).

A Prefeitura ainda afirma que todas as ruas da cidade possuem rede de coleta dos esgotos.

Os bairros que possuem 100% de atendimento são: São Sebastião, Santo Agostinho, Perobas, Floresta e Centro. A manutenção da rede dá-se através de lavagens periódicas (bimestrais), utilizando um caminhão-pipa, por conta de entupimentos da mesma, ou ainda, substituição da tubulação danificada.

A Agrovila é um assentamento rural, localizado próximo ao portal da cidade, que não possui rede de água ou de esgoto e não é pavimentado. É atendido diariamente com coleta de resíduos sólidos.

A principal solicitação dos munícipes é a manutenção da rede coletora do município. Há ligações da rede de esgoto na rede de drenagem, realizadas pelo setor de manutenção quando essas estavam entupidas. Porém, conforme descrito pelo secretário de obras, não se tem a localização dessas ligações e há tantos problemas nas redes que talvez seja necessário refazer quase toda a sua extensão. Há redes de manilhas e PVC. Por fim, o SEIS não apresenta uso das águas do corpo receptor a jusante dos pontos de lançamento de esgotos neste município estudado.

De acordo com o SNIS (2011), existem no município 1.400 ligações ativas de esgotos. Já os dados apresentados no SEIS do mesmo ano apresentam um valor de 1.789 ligações. Embora sejam coletados, os esgotos não passam por tratamento, sendo lançados *in natura* nos corpos d'água e no solo, o que submete toda a população e os recursos naturais do município a essa deficiência do sistema municipal de esgotamento sanitário.

Com relação às economias ativas, há dados apresentados para o ano de 2010 que citam 1.349 economias ativas. A extensão da rede, em 2011, é de 20,51 km e a extensão da rede de esgotos por ligação é de 14,55 m/ligação. O volume de esgotos coletado é de 139.390 m³/ano (SNIS, 2011).



Pingo D'Água possui um uso outorgado de água, no ribeirão Sacramento, que acontece a montante do lançamento de esgotos. Esse uso é caracterizado como dragagem do curso d'água para fins de extração mineral e a vazão máxima outorgada é de 8 L/s. As coordenadas de início são: 774.938,57m E, 7.817.163,03m S e as finais são: 775.114,31m E, 7.817.221,85m S. A licença está válida até outubro de 2020 (IGAM, 2016a).

Segundo a Prefeitura Municipal, Pingo D'Água não conta com sistema de afastamento de esgotos através de estações elevatórias e o lançamento dos esgotos coletados acontece diretamente no ribeirão Sacramento e também no solo.

Segundo dados do Plano para Incremento do Percentual de Tratamento de Esgotos Sanitários na Bacia Hidrográfica do rio Piranga - PITE Piranga, elaborado pela FEAM em 2015, o município de Pingo D'Água possuía apenas dois pontos de lançamento de esgotos. As informações apresentadas nesse Plano datam de maio de 2013, dois anos antes de sua publicação.

Segundo o PITE Piranga (FEAM, 2015b), a coordenada geográfica de um ponto de lançamento dos esgotos é UTM 23K 771.513m E, 7.816.788m N, que recebe aproximadamente 45% dos esgotos do município e segue a céu aberto até desaguar no ribeirão Sacramento. O outro ponto de lançamento citado é na coordenada UTM 23K 771.265m E, 7.816.821m N, que recebe 55% dos esgotos do município. O escoamento dos esgotos infiltra no solo, devido a uma tubulação que se encontra danificada.

Por outro lado, segundo a Prefeitura Municipal de Pingo D'Água, os lançamentos acontecem em seis pontos diferentes, caracterizados a seguir:

a. Ponto de Lançamento 1

Coordenadas: UTM 23K 771.810,45m E; 7.816.962,50m S.

Neste ponto, o lançamento dos esgotos coletados ocorre junto com o de águas pluviais (que vem de outra tubulação). É formado um canal aberto que segue até o ribeirão Sacramento. O local pode ser visto na Figura 25, e o encontro com o ribeirão Sacramento, na Figura 26.



Figura 25 - Lançamento de esgotos no ponto 1



Figura 26 - Confluência com o ribeirão Sacramento



Fonte: SHS, 2017.

Pelas figuras, pode-se notar que há a presença de vegetação no local, mas não em abundância. Além disso, observa-se a presença de areia na área onde os esgotos se encontram com o ribeirão Sacramento.

b. Ponto de Lançamento 2

Coordenadas: UTM 23K 771.679,58m E; 7.816.860,88m S.

O lançamento dos esgotos, neste ponto, acontece junto com a rede de drenagem formada por um canal de concreto. Esse canal está quebrado, formando, assim, um canal aberto que escoar até o ribeirão Sacramento. A canalização e o canal formado podem ser vistos na Figura 27 e Figura 28, respectivamente.

Figura 27 - Canal de concreto da drenagem que recebe os esgotos



Figura 28 - Canal aberto formado



Fonte: SHS, 2017.

Neste ponto, observa-se uma área com bastante vegetação, mas mesmo assim, com o solo exposto nas margens do ribeirão Sacramento.

c. Ponto de Lançamento 3

Coordenadas: UTM 23K 771.483,31m E; 7.816.737,64m S.



No terceiro ponto de lançamento, a tubulação que encaminha os esgotos está danificada. Um canal aberto se forma, seguindo até o ribeirão Sacramento. O ponto pode ser visto na Figura 29.

Figura 29 - Tubulação quebrada no ponto 3



Fonte: SHS, 2017.

Neste ponto, observa-se quase nenhuma vegetação ao entorno e solo exposto.

d. Ponto de Lançamento 4

Coordenadas: UTM 23K 771.328,40m E; 7.816.686,78m S.

Neste ponto, o lançamento dos esgotos ocorre juntamente com as águas pluviais, que, juntos, seguem até encontrar o ribeirão Sacramento. O ponto pode ser visto na Figura 30.



Figura 30 - Lançamento dos esgotos na galeria de águas pluviais



Fonte: SHS, 2017.

Neste ponto, observa-se uma grande estrutura de concreto (muro ala), onde desaguardam as águas pluviais juntamente com os esgotos, estes de coloração acinzentada.

e. Ponto de Lançamento 5

Coordenadas: UTM 23K 771.320,75m E; 7.816.853,67m S.

No ponto 5, o lançamento dos esgotos é feito a céu aberto, formando um canal que segue até o ribeirão Sacramento. A área pode ser vista na Figura 31.



Figura 31 - Lançamento dos esgotos a céu aberto



Fonte: SHS, 2017.

Pode-se observar bastante vegetação na área, e pouco solo exposto. Além disso, muitas pedras são vistas no leito do ribeirão Sacramento.

f. Ponto de Lançamento 6

Coordenadas: UTM 23K 771.219,90m E; 7.816.985,36m S.

O lançamento dos esgotos no ponto 6 é feito através de uma tubulação que está quebrada no ponto onde esses esgotos são lançados. É formado um canal aberto que segue até o ribeirão Sacramento. O ponto pode ser visto na Figura 32.

Figura 32 - Lançamento dos esgotos no ponto 6



Fonte: SHS, 2017.



Neste ponto, pode-se observar o ribeirão Sacramento e, logo abaixo, uma tubulação de concreto, onde os esgotos são lançados. Nota-se a presença de vegetação e pouco solo exposto ao redor do leito do ribeirão.

4.2.2.1. Cenário de lançamentos de esgotos no município

A Figura 33 apresenta a localização dos pontos de lançamento dos esgotos no município todo. O Quadro 20 apresenta um resumo das coordenadas de lançamento de esgotos em Pingo D'Água, conforme apresentado no PITE Piranga e na visita realizada pela SHS.

Quadro 20 - Coordenadas dos pontos de lançamento de esgotos de Pingo D'Água

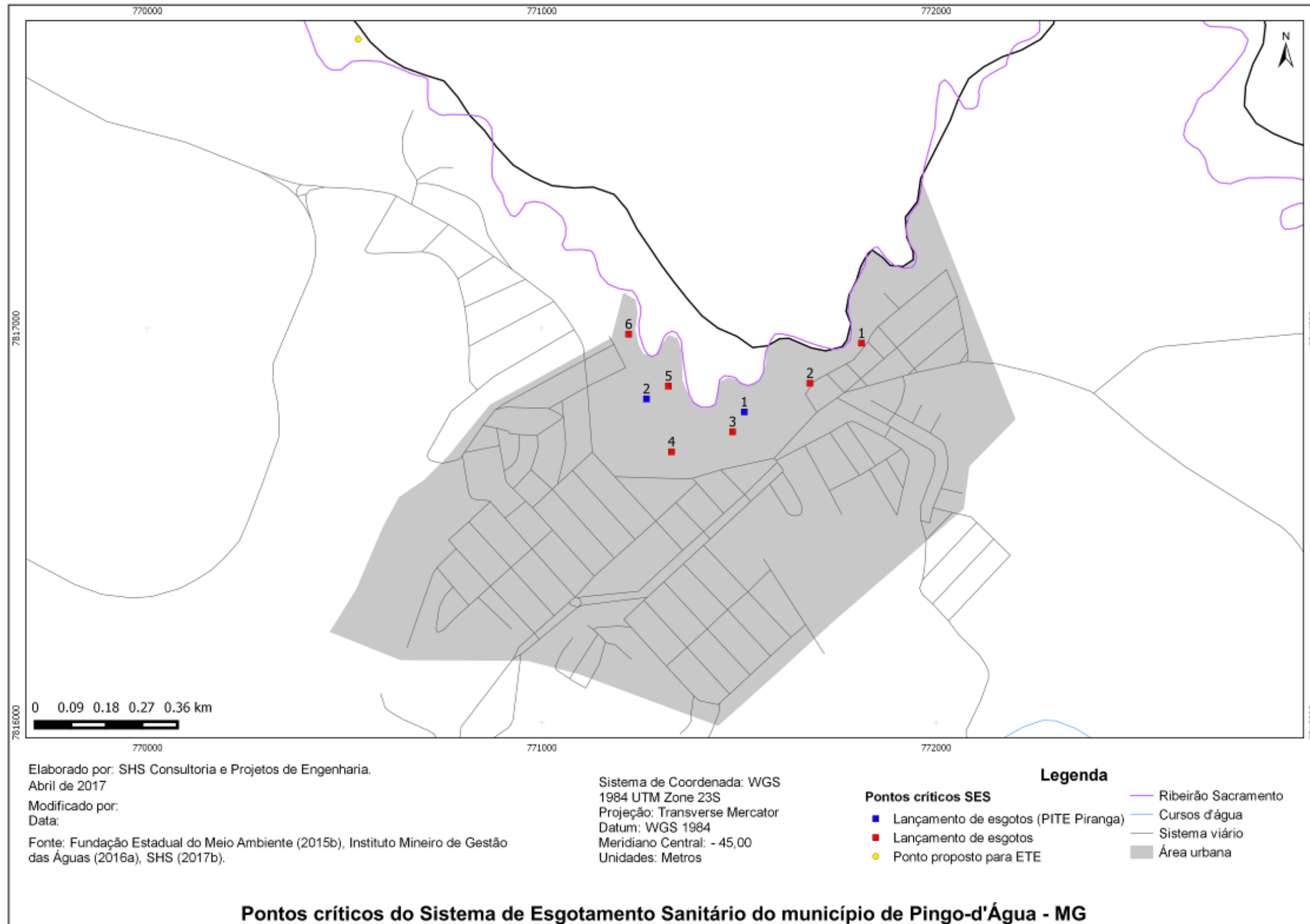
Ponto	Corpo receptor	Coordenadas
1 (PITE Piranga)	Ribeirão Sacramento	UTM 23K 771.513m E, 7.816.788m N.
2 (PITE Piranga)	Ribeirão Sacramento	UTM 23K 771.265m E, 7.816.821m N.
1	Ribeirão Sacramento	UTM 23K 771.810,45m E; 7.816.962,50m S
2	Ribeirão Sacramento	UTM 23K 771.679,58m E; 7.816.860,88m S.
3	Ribeirão Sacramento	UTM 23K 771.483,31m E; 7.816.737,64m S.
4	Ribeirão Sacramento	UTM 23K 771.328,40m E; 7.816.686,78m S.
5	Ribeirão Sacramento	UTM 23K 771.320,75m E; 7.816.853,67m S.
6	Ribeirão Sacramento	UTM 23K 771.219,90m E; 7.816.985,36m S.

Fonte: FEAM, 2015b; SHS, 2017.

Segundo os dados do PITE Piranga, de 2015, a carga poluidora gerada no município, considerando a população de 2010 fornecida pelo IBGE (4.035 habitantes), foi de 217,89 kg DBO/dia. Como não há tratamento, não há remoção de carga poluidora, então a carga poluidora lançada é de 217,89 kg DBO/dia.



Figura 33- Pontos críticos do Sistema de Esgotamento Sanitário do município de Pingo D'Água.





4.2.2.2. Principais deficiências do sistema do esgotamento sanitário

A principal deficiência do sistema de esgotamento sanitário de Pingo D'Água é a inexistência de um sistema de tratamento dos esgotos. O lançamento de esgotos *in natura* nos corpos d'água aumenta a carga orgânica presente neles, o que afeta indiretamente a quantidade de oxigênio dissolvido na água (VON SPERLING, 2014), que, por sua vez, é essencial para a sobrevivência da fauna e flora que depende do corpo hídrico. Os esgotos brutos lançados sem tratamento aumentam a quantidade de doenças hídricas que podem ser veiculadas, por conta dos patógenos neles presentes.

Pode-se observar que as redes de esgotos estão danificadas e sem manutenção, conforme pode ser visto nas fotos já apresentadas.

Outra percepção é a falta de programa de conscientização e de educação sanitária, além de ausência de organograma funcional do número de servidores por cargo. Em suma, o sistema opera de modo deficitário e inadequado.

4.2.3. Soluções alternativas empregadas ao esgotamento sanitário

Segundo dados apresentados pela Prefeitura Municipal, na área rural de Pingo D'Água, são empregadas soluções individuais para cada residência, conforme apresentado na Tabela 6. Em sua maioria, são utilizadas fossas sépticas ou rudimentares como destinação final dos esgotos sanitários ou ainda lançamentos a céu aberto.

Tabela 6 - Usos de soluções individuais alternativas na área rural de Pingo D'Água

Nome	Categoria	Nº de residências	Nº de estabelecimentos comerciais	Esgotamento sanitário
Lagoa Tiririca	Acampamento	01	01	Fossa séptica.
Agenor Martins	Fazenda	06	01	Céu aberto, fossa séptica ou fossa rudimentar.
Boa Vista	Sítio	02	0	Céu aberto, fossa séptica ou fossa rudimentar.



Nome	Categoria	Nº de residências	Nº de estabelecimentos comerciais	Esgotamento sanitário
Chico Mendes	Bairro	50	01	Céu aberto, fossa séptica ou fossa rudimentar.
Chico Mendes	Acampamento	14	0	Céu aberto, fossa séptica ou fossa rudimentar.
José Fifi	Sítio	01	0	Fossa séptica.
Lagoa da Prata	Fazenda	06	0	Céu aberto, fossa séptica ou fossa rudimentar.
Monte Alegre	Sítio	12	01	Céu aberto, fossa séptica ou fossa rudimentar.
Prudêncio	Fazenda	01	0	Fossa séptica.
Raimundo Moreira	Fazenda	09	0	Céu aberto, fossa séptica ou fossa rudimentar.
Recanto da Pedreira	Fazenda	27	01	Céu aberto, fossa séptica ou fossa rudimentar.
Reta do Jurubeba	Fazenda	05	0	Céu aberto, fossa séptica ou fossa rudimentar.
Saete Fazenda	Fazenda	23	0	Céu aberto, fossa séptica ou fossa rudimentar.

Fonte: SHS, 2017.

4.2.4. Sistema de monitoramento da quantidade e qualidade dos esgotos

No município de Pingo D'Água não existe nenhum monitoramento da quantidade e qualidade dos esgotos gerados. O lançamento dos esgotos no corpo hídrico é normatizado por diversos instrumentos legais que estabelecem normas e padrões para qualidade das águas.



Portanto, o município deveria realizar análises do corpo receptor a montante e a jusante dos pontos de lançamento dos esgotos, a fim de avaliar o impacto do lançamento sobre o curso d'água em questão que, no caso de Pingo D'Água, é o ribeirão Sacramento.

Esse procedimento é essencial para comprovação de atendimento legal da Resolução CONAMA nº 357/05 que, entre outras coisas, fala em seu art. 8º sobre a periodicidade de monitoramento dos parâmetros de qualidade da água selecionados de acordo com a proposta de enquadramento dos rios.

4.2.5. Enquadramento dos corpos receptores

O ribeirão Sacramento é enquadrado como classe 2, de acordo com dados do IGAM (2016). De acordo com a Resolução CONAMA nº 357/05, em seu art. 4º, os corpos d'água de classe 2 são aqueles destinados: a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; b) à proteção das comunidades aquáticas; c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274, de 2000; d) à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e e) à aquicultura e à atividade de pesca.

Apresenta-se, na Tabela 7, dados obtidos pelo IGAM (2016) para o ribeirão Sacramento e parâmetros de corpos d'água de classe 2, apresentados na CONAMA nº 357/05, artigo 15. O ponto de monitoramento encontra-se a jusante da área urbana, ou seja, encontra-se após o lançamento dos esgotos do município. As coordenadas do ponto são: 767.297 m E; 7.818.602 m S.

Tabela 7 - Padrões de qualidade do ribeirão Sacramento comparados com os valores de referência para classe 2 da CONAMA nº 357/05

Parâmetros	Ribeirão Sacramento¹	Corpos d'água de classe 2²
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)	2 mg/L	Até 5 mg/L
Fósforo total	0,04 mg/L	Entre 0,03 e 0,05 mg/L
Nitrato	0,51 mg/L	Até 10,0 mg/L
Nitrito	0,008 mg/L	Até 1,0 mg/L



Parâmetros	Ribeirão Sacramento ¹	Corpos d'água de classe 2 ²
Nitrogênio amoniacal total	0,1 mg/L	3,7 mg/L N, para pH ≤ 7,5 2,0 mg/L N, para 7,5 < pH ≤ 8,0 1,0 mg/L N, para 8,0 < pH ≤ 8,5 0,5 mg/L N, para pH > 8,5
Nitrogênio orgânico	0,31 mg/L	-
Oxigênio dissolvido	6,8 mg/L	Maior que 5,0 mg/L
pH	7,3	-

Fonte: IGAM, 2016¹ e CONAMA nº 357/05².

Como pode ser visto na Tabela 7, os parâmetros apresentados para o ribeirão Sacramento estão dentro do previsto para classe 2 na CONAMA nº 357/05. Portanto, mesmo com os lançamentos dos esgotos no ribeirão, o mesmo tem uma capacidade de diluição suficiente que não afeta a qualidade do corpo receptor.

Pode-se observar que o ribeirão Sacramento está dentro dos padrões permitidos pela legislação. Porém, é necessário monitorar e evitar o lançamento dos esgotos brutos no ribeirão para manter a vida aquática ali presente. Vale ressaltar que a falta de tratamento dos esgotos pode contaminar a população, devido aos coliformes fecais presentes no corpo hídrico.

4.2.6. Avaliação de áreas de risco de contaminação

Não há áreas específicas que já tenham sido mapeadas com riscos de contaminação ou já contaminadas por esgotos. Porém, existem algumas localidades que utilizam, como solução para o afastamento de seus esgotos, fossas rudimentares, lançamentos diretos no solo ou a céu aberto, o que faz com que essas áreas apresentem um risco potencial de contaminação.

Além disso, como apresentado anteriormente, o que é coletado na área urbana não é tratado, apenas lançado no rio Sacramento, tornando esses pontos suscetíveis à contaminação.

Em adição aos pontos de lançamento apresentados, podem existir outros pontos nos quais há lançamentos clandestinos em outros cursos d'água do município. Isso se



sustenta por não haver dados sobre a porcentagem de coleta de esgotos sanitários no município Pingo D'Água.

Entretanto, com a futura e essencial construção da Estação de Tratamento de Esgotos (ETE) e dos interceptores para coleta dos esgotos, esse cenário tende a melhorar, já que os esgotos coletados serão tratados e posteriormente, lançados no corpo hídrico.

A FEAM - Fundação Estadual do Meio Ambiente divulgou um relatório das áreas contaminadas e reabilitadas no estado de Minas Gerais. A consulta foi feita e observou-se que o município de Pingo D'Água não apresenta áreas contaminadas (FEAM, 2016).

A Figura 33, no item 4.2.2.1, apresenta as localizações dos pontos de lançamento dos esgotos no município todo.

4.2.7. Identificação de fundos de vale (possíveis áreas para a localização das ETEs e interceptores)

Na hora da escolha do melhor local para instalação de uma ETE e dos interceptores que levam os esgotos coletados até ela, é necessário levar em conta vários critérios. Um deles é a análise da expansão urbana do município, já que uma ETE é normalmente projetada para um horizonte de 20 anos.

Outro critério é a localização geográfica do mesmo: os melhores locais para a instalação dos interceptores e das ETEs são os fundos de vale, por serem mais baixos que o restante do município, deixando a gravidade atuar a favor do sistema.

Além disso, o local escolhido terá mais vantagens se estiver localizado a jusante da área urbana. No caso do município Pingo D'Água, o local adequado para a implantação do interceptor é paralelo ao ribeirão Sacramento (corpo receptor), acompanhando-o por toda a sua extensão na área urbana.

Para implantação da ETE, outro fator de extrema importância é a distância de áreas residenciais. Quando a ETE se localiza próximo ao corpo receptor, os gastos com instalações de Estações Elevatórias de Esgotos são menores, pois os interceptores acompanham a declividade do corpo hídrico. Além disso, também são menores os gastos com o emissário final dos esgotos tratados.

Outros fatores relevantes são: geologia, topografia, nível de lençol freático, cota de inundação, impactos ambientais e economia, entre outros.



A coordenada do ponto escolhido para a localização da futura ETE proposta em Pingo D'Água é 770.534.00m E; 7.817.734.00m S. A Figura 33, no item 4.2.2.1, apresenta uma a localização possível para a ETE, junto com os pontos de lançamento de esgotos do município.

4.3. Situação dos serviços de drenagem urbana e manejo de águas pluviais

De acordo com a Lei nº 11.445/2007, Lei do Saneamento, o sistema de drenagem e manejo das águas pluviais, limpeza e fiscalização preventiva das respectivas redes urbanas pode ser definido como o conjunto de atividades, infraestruturas e instalações operacionais de drenagem urbana de águas pluviais, de transporte, detenção ou retenção para o amortecimento de vazões de cheias, além de tratamento e disposição final das águas pluviais drenadas nas áreas urbanas.

Comumente, o sistema se divide nos seguintes componentes (FEAM, 2006; TOMAZ, 2012; SMDU, 2012):

- **Microdrenagem:** estruturas que conduzem as águas do escoamento superficial para as galerias ou canais urbanos, sendo constituídas pelas sarjetas, sarjetões, meios-fios, vias pavimentadas, bocas de lobo, redes coletoras de água pluviais, poços de visita, etc.
- **Meso/Macrodrenagem:** dispositivos responsáveis pelo escoamento final das águas pluviais provenientes do sistema de microdrenagem urbana. O sistema de macrodrenagem é composto pelos principais talwegues, cursos d'água, independentemente da execução de obras específicas e tampouco da localização de extensas áreas urbanizadas, por ser o escoadouro natural das águas pluviais. A macrodrenagem herdou as funções da malha hídrica original (MARTINS, 2012).

4.3.1. Considerações preliminares

Para análise da situação atual (diagnóstico) do Sistema de Drenagem Urbana e Manejo de Águas Pluviais (SDU) de Pingo D'Água, foram realizadas consultas a documentos existentes, disponibilizados em *sites* oficiais ou pela Prefeitura Municipal, especificamente pela Secretaria de Obras e pelo Setor Jurídico.

Foram realizadas ainda, visitas técnicas aos pontos críticos identificados pela



equipe técnica da SHS e/ou apontados pela Prefeitura Municipal. As visitas tiveram como objetivo analisar *in loco* as estruturas hidráulicas de drenagem existentes, o sistema de drenagem natural, as características de uso e ocupação do solo e as possíveis causas dos problemas identificados. Durante as visitas, técnicos da Prefeitura Municipal foram consultados sobre os problemas enfrentados pelo município, relacionados ao SDU.

Realizou-se também estudo hidrológico e análise da capacidade de escoamento do ribeirão Sacramento, para as condições de uso e ocupação do solo atual.

Nos itens seguintes, são apresentados dados, informações e estudos realizados para o diagnóstico do SDU do município de Pingo D'Água.

4.3.2. Localização do município na bacia hidrográfica

Conforme citado anteriormente, o município de Pingo D'Água está localizado na UPGRH DO1, que integra a macrobacia do rio Doce.

A DO1 Piranga abrange uma área de 17.571 km² e está totalmente inserida no estado de Minas Gerais. Essa bacia é formada pelas sub-bacias dos rios do Carmo, Casca, Matipó, Piranga e pela bacia Incremental Piranga. Pingo D'Água localiza-se na sub-bacia Incremental.

O rio Piranga nasce no município de Ressaquinha e se desenvolve por 470 km, até encontrar com o ribeirão do Carmo, formando o rio Doce (CBH DOCE, 2010).

A Figura 5 mostra os principais cursos d'água e a localização de Pingo D'Água na UPGRH Piranga e na macrobacia do rio Doce.

4.3.3. Levantamentos, planos e projetos existentes e análise da legislação aplicável ao setor de drenagem urbana e manejo de águas pluviais

O SDU deve estar em conformidade com a legislação vigente e com políticas, planos e projetos referentes ao manejo de recursos hídricos, ao planejamento urbano e ao controle do uso e ocupação do solo, tanto nos âmbitos nacional, estadual e municipal, quanto no âmbito da bacia hidrográfica em que está inserido o município.

4.3.3.1. Levantamento cadastral do Sistema de Drenagem Urbana

O município de Pingo D'Água não possui levantamento cadastral do sistema de drenagem urbana (SHS, 2017). Tal fato dificulta a caracterização e o diagnóstico desse



sistema, bem como, a elaboração de projetos e a execução de obras para manutenção e adequação do mesmo.

O município possui mapa do arruamento, porém é necessário realizar novos levantamentos para a atualização do mesmo.

4.3.3.2. Legislação, planos e projetos

O levantamento da legislação existente aplicável ao SDU foi apresentado nos autos deste PMSB. A seguir, são comentadas questões relacionadas aos instrumentos legais, consideradas importantes para o sistema.

O município não possui Plano Diretor, instrumento obrigatório apenas para municípios que apresentem as condições elencadas no art. 41 do Estatuto da Cidade (Lei nº 10.257/2001). Para Pingo D'Água a elaboração desse Plano não é obrigatória.

Não há informações sobre instrumentos legais que definam o zoneamento municipal, taxas de ocupação dos terrenos e regras para construções. A regulamentação do parcelamento e do uso do solo de Pingo D'Água é realizada apenas através do Decreto nº 030/2001, que estabelece o zoneamento ambiental para Área de Proteção Ambiental (APA) do município, e do Decreto nº 008/2008, que aprova o Plano de Gestão e Manejo da APA Pingo D'Água, assim como da Lei Federal nº 9.985/2000, que institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação. A APA Pingo D'Água foi criada pelo Decreto nº 028/2001.

O município não possui Plano Diretor de Macrodrenagem e/ou de Recursos Hídricos. Estes são instrumentos legais municipais que preveem ferramentas de controle e diretrizes para o gerenciamento do SDU, fundamentados em um planejamento integrado do uso e ocupação do solo, da política de expansão urbana, do sistema viário e da política de saneamento e gestão dos recursos hídricos.

Não existe plano de emergência para eventos extremos no município e não há zoneamento das áreas de riscos sujeitas a enchentes, alagamentos e escorregamentos, provavelmente por não haver histórico de inundações e escorregamentos em Pingo D'Água.

Não existem projetos em andamento relacionados à drenagem urbana ou rural no município (SHS, 2017).



O Plano Integrado de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Doce (PIRH), elaborado em 2010, não apresenta um diagnóstico do SDU da bacia. Segundo informações apresentadas no PIRH, não foram obtidos dados sobre a questão da drenagem urbana na bacia do rio Doce e não há um sistema de informações disponíveis sobre drenagem urbana, pois normalmente os municípios não possuem estruturas com essa atribuição.

O PIRH menciona apenas que a bacia do rio Doce possui problemas com inundações no período chuvoso, de outubro a março, principalmente nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro. As inundações ocorrem devido às questões meteorológicas, à retirada da cobertura vegetal da bacia, que altera a capacidade de infiltração e armazenamento das águas no solo, e à ocupação desordenada da planície de inundação dos cursos d'água, principalmente nas áreas urbanas. Para minimizar os danos causados pelas inundações, a bacia conta com um sistema de alerta contra enchentes desde o período chuvoso de outubro de 1997 a março de 1998. O município de Pingo D'Água não está entre os municípios da bacia que sofrem com inundações.

Como já mencionado, as metas e programas de ação para a bacia do rio Doce foram elaborados para o horizonte de 20 anos (final de plano 2030). O PIRH apresenta sete conjuntos de metas para a bacia e seus respectivos programas. As metas voltadas para o SDU são:

- Meta sobre suscetibilidade a enchentes, que apresenta o Programa de convivência com as cheias (não se aplica a Pingo D'Água, pois não há ocorrência de inundações no município).
- Metas sobre recuperação, implementação e incremento de Áreas Legalmente Protegidas, que apresentam os seguintes programas:
 - Programa de avaliação ambiental, para definição de áreas com restrição de uso (aplica-se a Pingo D'Água, pois apesar de o município possuir uma APA, não possui um Plano Diretor ou instrumento legal sobre o zoneamento municipal. Deste modo, não foram definidas áreas com restrições de usos para todo o território municipal).



- Programa de recomposição de APPs e nascentes (aplica-se a Pingo D'Água, devido ao fato de existirem APPs degradadas no município).
 - Projeto de recuperação de lagoas assoreadas e degradadas.

No Plano de Ação de Recursos Hídricos da Unidade de Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos Piranga (PARH), há um diagnóstico da bacia sobre a suscetibilidade à erosão, apontando que 44 % da bacia apresenta média suscetibilidade à erosão, 53 % forte suscetibilidade à erosão e 3 % muito forte suscetibilidade à erosão. Apesar desse cenário, não são aplicadas na bacia práticas de proteção dos solos de modo frequente.

As erosões do tipo laminar, sulcos e voçorocas são predominantes na UPRGH Piranga. O surgimento de sulcos e erosão laminar é favorecido pelas colinas convexo-côncavas com vertentes ravinadas e pelo escoamento concentrado (CBH DOCE, 2010). No município de Pingo D'Água, há voçorocas na área rural.

A UPGRH Piranga possui suscetibilidade à erosão que, em conjunto com os tipos de usos e coberturas dos solos, são responsáveis pelas altas taxas de produção de sedimentos (50 a 100 ton/km²/ano) nas partes altas da unidade, principalmente junto às nascentes dos rios Piranga e do Carmo (CBH DOCE, 2010).

Por meio de imagens de satélites, foram mapeadas e caracterizadas 14 classes de cobertura do solo na UPGRH Piranga, divididas em 2 grupos: sistema natural, que corresponde a 31 % da área total mapeada, e sistema antrópico, que ocupa 69 % desta. A pecuária é a tipologia que ocupa a maior área da bacia, 57 %. A floresta estacional semi-decidual ocupa, aproximadamente, 30 % da bacia. Esses dados mostram que a UPGRH Piranga encontra-se bastante alterada, em relação à sua cobertura primitiva (CBH DOCE, 2010).

Na UPGRH Piranga há diversas unidades de conservação de diferentes tipos, sendo 4 de proteção integral, 26 de uso sustentável e 1 classificada como outros usos. Pingo D'Água possui uma Área de Proteção Ambiental Municipal (APAM – Pingo D'Água) de uso sustentável (CBH DOCE, 2010).



O PARH apresenta as áreas prioritárias para a conservação da biodiversidade. A região do município de Pingo D'Água possui três classes de áreas prioritárias para conservação: especial, muito alta e alta.

A UPGRH Piranga enfrenta problemas relacionados às enchentes, principalmente nas cidades banhadas pelo rio Piranga, e devido a essa situação existem seis pontos de monitoramentos de cheias nessa bacia, integrando o sistema de alerta contra enchentes da bacia do rio Doce. Como Pingo D'Água localiza-se na bacia incremental da UPGRH Piranga, não há pontos de monitoramento no município (CBH DOCE, 2010).

Como já mencionado, as metas e programas de ação para a UPGRH Piranga foram elaborados para o horizonte de 20 anos (final de plano 2030). O PARH apresenta cinco conjuntos de metas para a bacia. As metas voltadas para o SDU são:

- Metas de qualidade da água: em até 20 anos (2030), as águas do rio Piranga terão qualidade compatível ou melhor do que a Classe 1, das nascentes até a cidade de Piranga, e Classe 2 no trecho restante (não se aplica a Pingo D'Água, pois as águas que drenam o município não desaguam no rio Piranga ou em seus afluentes).
- Metas sobre suscetibilidade a enchentes: até 2030 as perdas de vidas humanas na bacia, devido às cheias deverão ser reduzidas a zero e as perdas econômicas reduzidas a 10 % do valor atual (não se aplica a Pingo D'Água, pois não há ocorrência de inundações ou enchentes no município).
- Metas sobre a universalização do saneamento: *em 2030, as coberturas dos serviços de esgotamento pluvial das cidades com mais de 5 mil habitantes deverão ser iguais ou superiores à média dos estados em que cada bacia está localizada* (aplica-se a Pingo D'Água, pois o município ainda não alcançou a universalização do saneamento). Para isso é necessário:
 - Definir uma política de apoio à formulação dos planos municipais de saneamento, no prazo de seis meses.
 - Realizar articulação com as concessionárias dos serviços de saneamento operacional, no prazo de dois anos para discutir,



acompanhar, avaliar e deliberar sobre a implantação dos planos municipais de saneamento.

- Metas sobre Incremento de Áreas Legalmente Protegidas: até 2030, a *bacia do rio Doce deve apresentar elevação do número de Unidades de Conservação efetivamente implantadas e manejadas, atingindo um patamar de 10 % de seu território com restrição de uso, para conservação e preservação ambiental, em cada UPGRH. Para isso é necessário:*
 - Concluir o diagnóstico da implantação das atuais Unidades de Conservação, no prazo de 12 meses (não se aplica a Pingo D'Água, pois o município já possui uma APA que representa 59,75 % do território municipal).
 - Apresentar proposição de novas Unidades de Conservação, no prazo de 24 meses (não se aplica a Pingo D'Água, pois o município já possui uma APA que representa 59,75 % do território municipal).
 - Apresentar proposta de uma política de incentivo à criação de novas Unidades de Conservação, no prazo de 24 meses (não se aplica a Pingo D'Água, pois o município já possui uma APA que representa 59,75 % do território municipal).
 - Concluir o diagnóstico da situação das APPs na bacia, no prazo de 12 meses (aplica-se a Pingo D'Água, pois é necessário verificar a situação das APPs do município).
 - Concluir proposta de plano de recuperação de APPs, no prazo de 24 meses (aplica-se a Pingo D'Água, pois é necessário recuperar as APPs degradadas do município).
 - Concluir o estudo de viabilidade para recuperação de APPs e formação de corredores ecológicos, no prazo de 36 meses (aplica-se a Pingo D'Água, pois é necessário recuperar as APPs degradadas do município).



4.3.4. Principais cursos d'água e microbacias

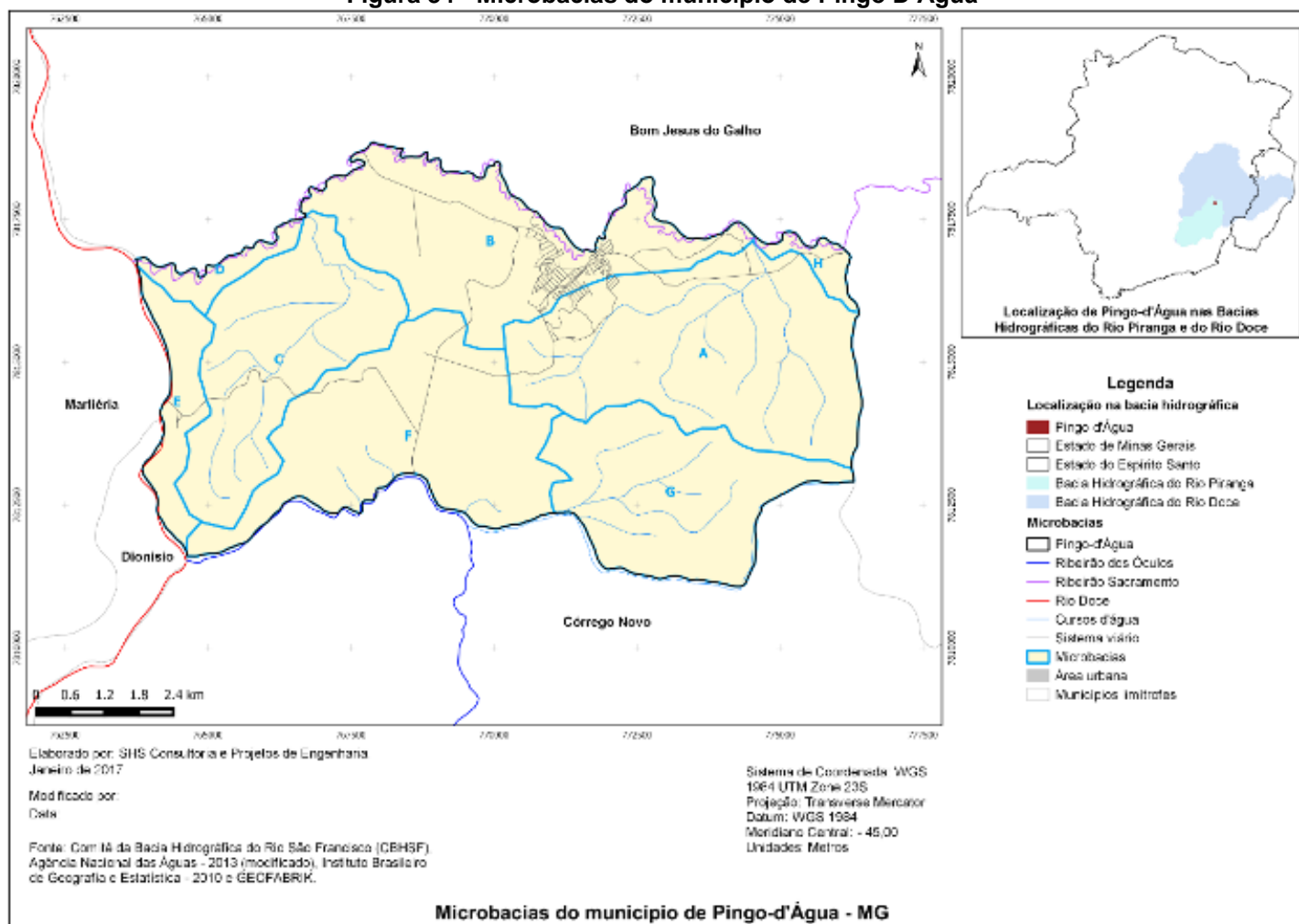
O principal curso d'água que drena a sede urbana de Pingo D'Água é o ribeirão Sacramento, que faz limite ao norte com o município Bom Jesus do Galho e desagua no rio Doce a oeste, no limite com os municípios Dionísio e Marliéria.

A área rural é drenada pelo ribeirão dos Óculos, que faz limite ao sul com o município de Córrego Novo e desagua no rio Doce a montante da confluência deste com o ribeirão Sacramento, e pelo córrego Carvalho, que desagua no ribeirão Sacramento, a montante da área urbana do município.

A Figura 34 apresenta o mapa das microbacias, com os principais cursos d'água do município.



Figura 34 - Microbacias do município de Pingo D'Água





4.3.5. Infraestrutura atual do sistema e pontos críticos

Durante a segunda metade do século XX, o Brasil apresentou um significativo crescimento da população urbana, que atualmente, de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2012), representa 85,43 % da população total do país. Esse processo de crescimento urbano acelerado se deu principalmente entre os anos de 1950 e 1990, devido ao processo de industrialização brasileiro, sobrecarregando a infraestrutura urbana, que inclui o saneamento básico, com destaque aqui para a infraestrutura de drenagem de águas pluviais (PAULINO, 2014).

ASCE e WEF (1992), Braga e Carvalho (2003) e Tucci (2007) citam alguns efeitos da urbanização, sem o devido planejamento, sobre o sistema de drenagem urbana e manejo de águas pluviais:

- Processos erosivos devido ao desmatamento e às alterações na cobertura vegetal, que reduzem a interceptação vegetal, a evapotranspiração e a proteção natural do solo.
- Aumento da produção de sedimentos.
- Obstrução de canais e condutos devido à disposição inadequada de resíduos sólidos.
- Falta de eficiência das redes de drenagem, alagamento de vias, entupimentos e obstruções das seções de escoamento, causados pelo subdimensionamento dos dispositivos de drenagem.
- Comprometimento da qualidade dos recursos hídricos, devido ao aumento de sólidos em suspensão, diminuição do oxigênio dissolvido, aumento da carga bacteriológica e contribuição para a ocorrência de eutrofização do curso d'água.
- Ausência de áreas marginais aos cursos d'água que tenham o tamanho e a constituição de cobertura vegetal nativa adequados.
- A contínua impermeabilização das bacias hidrográficas, resultando no aumento do escoamento superficial que, por sua vez, deflagra processos erosivos e assoreia os leitos dos rios e córregos que cortam a cidade, podendo resultar em enchentes.



- A inadequação do sistema de microdrenagem, como ausência de bocas de lobo e dissipadores de energia.
- Ausência de cadastro da rede de drenagem, prejudicando o conhecimento da realidade local e planejamento de melhorias.

Esses efeitos devem ser observados no município no processo de diagnóstico e a presença ou ausência deles devem orientar o planejamento municipal, isto é, o município deve criar ações para mitigar os efeitos já existentes e para evitar que o processo de urbanização cause impactos no sistema de drenagem.

Em Pingo D'Água, 91,30 % da população reside na área urbana, ocupando apenas 1,73 % do território municipal, o que caracteriza um alto grau de urbanização.

Muitos dos problemas citados por ASCE e WEF (1992), Braga e Carvalho (2003) e Tucci (2007) são identificados em Pingo D'Água. Nos itens a seguir, apresentam-se as características do SDU do município e os principais problemas enfrentados (pontos críticos). Os pontos críticos foram mapeados com base em informações da Prefeitura Municipal de Pingo D'Água e na visita técnica realizada pela SHS, acompanhada por técnicos da Prefeitura, para verificação e análise de locais considerados críticos e representativos do ponto de vista dos problemas de drenagem urbana. Durante as visitas técnicas realizadas, foram mapeadas áreas de alagamentos, ocorrência de erosões, assoreamentos e lançamento inadequado de águas pluviais sem dissipadores de energia.

4.3.5.1. Pavimentação

A pavimentação das vias de uma cidade é um parâmetro importante para a análise e o dimensionamento do SDU. O material com que as vias são pavimentadas influencia no volume de água que é infiltrado no solo, assim como na velocidade do escoamento superficial proveniente das precipitações.

A área urbana do município possui pavimentação de bloquete sextavado em sua maior parte (Figura 35), apenas algumas ruas são asfaltadas e outras não são pavimentadas (Figura 36). O bloquete sextavado auxilia na infiltração das águas pluviais, diminuindo os volumes escoados. A eficácia da infiltração de águas nesse tipo de pavimento depende da instalação e da manutenção adequada do mesmo.

Figura 35 - Detalhe da pavimentação de bloquete sextavado



Fonte: SHS, 2017.

Figura 36 - Rua sem pavimentação



Fonte: SHS, 2017.

Em ruas pavimentadas, é importante que sejam construídas as sarjetas e ou sarjetões, estruturas por onde ocorre o escoamento das águas de chuva superficialmente. Quando ocorre a saturação das sarjetas são instaladas as redes coletoras de águas pluviais.

Nas ruas não pavimentadas, é necessário construir canaletas, que têm a mesma função das sarjetas, conduzem as águas pluviais e impedem que se formem lâminas d'água sobre as ruas e estradas.

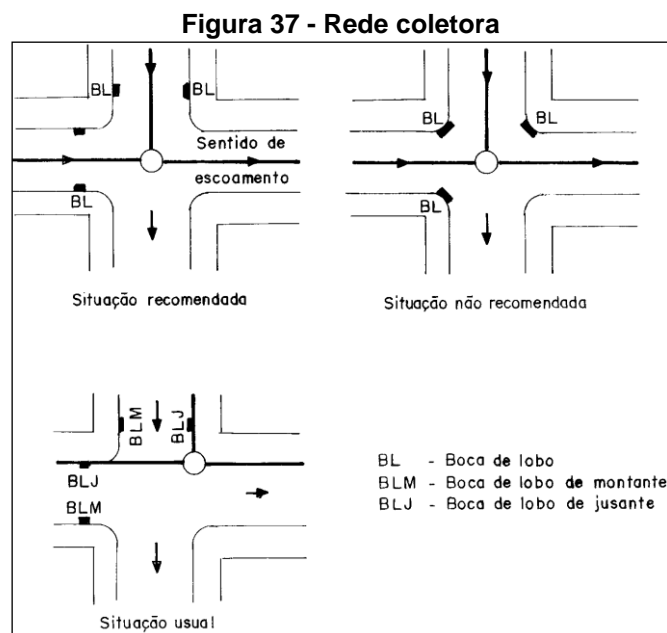


Na Figura 36 observa-se uma rua sem pavimentação, que não possui canaleta para escoamento das águas pluviais.

4.3.5.2. Bocas de lobo

A boca de lobo, também denominada boca coletora, é uma estrutura hidráulica para captação das águas superficiais transportadas pelas sarjetas e sarjetões (INOUE, 2009). Recomenda-se a colocação de bocas de lobo: com uma distância uma da outra de 60 m; no ponto em que o escoamento superficial atingir o limite de vazão da sarjeta; imediatamente a montante das curvas das guias nos cruzamentos; e nos pontos mais baixos do sistema viário, com o intuito de evitar a criação de zonas mortas com alagamento e águas paradas. Não é aconselhável a sua localização junto ao vértice do ângulo de interseção das sarjetas de duas ruas convergentes (TUCCI, 1993).

A Figura 37 ilustra as condições adequadas e inadequadas de colocação das bocas de lobo.



As bocas de lobo devem apresentar grades de proteção removíveis para limpeza e retirada de resíduos sólidos.

A capacidade de engolimento da boca de lobo é determinada segundo equação abaixo, de acordo com Tucci (1993), com o objetivo de prever o possível afogamento



da mesma. Entretanto, para que a capacidade máxima de uma boca de lobo seja alcançada é importante que não haja material retido nas grelhas, ou seja, sua limpeza sistemática é indispensável para prevenir o alagamento das ruas.

$$Q = 1,7 \times L \times h^{\frac{3}{2}}$$

Em que:

- Q: Vazão de engolimento (m³/s).
- h: Altura da lâmina de água (m).
- L: Comprimento da soleira (m).

A Figura 38 mostra uma boca de lobo que está na situação recomendada por Tucci (1993).

Figura 38 - Boca de lobo em situação recomendada por Tucci (1993) em Pingo D'Água



Fonte: SHS, 2017.

No município não há deficiência na captação superficial das águas pluviais feita por bocas de lobo, de acordo com informações obtidas durante a visita técnica. A Figura 39 mostra uma boca de lobo de Pingo D'Água sem acúmulo de resíduos sólidos e a Figura 40 mostra uma boca de lobo com acúmulo de resíduos sólidos.

Figura 39 - Boca de lobo existente em Pingo D'Água sem resíduos sólidos



Fonte: SHS, 2017.

Figura 40 - Boca de lobo existente em Pingo D'Água com resíduos sólidos



Fonte: SHS, 2017.

4.3.5.3. Rede de drenagem

Segundo SHS (2017), a infraestrutura atual de drenagem das águas pluviais é composta por redes coletoras em manilhas e bueiros, contudo não existe o projeto dessas estruturas e, como mencionado anteriormente, não há levantamento cadastral do sistema de drenagem do município, assim não há informações sobre as dimensões da rede (diâmetros, comprimentos, declividades, etc.).

A instalação da microdrenagem na abertura de novas ruas não é obrigatória no município.



4.3.5.3.1. Verificação da separação entre os sistemas de drenagem e de esgotamento sanitário

Segundo Righetto (2009), um dos principais fatores de degradação da qualidade da água em corpos d'água é o lançamento de esgotos *in natura* na rede de drenagem de águas pluviais.

O lançamento de esgotos ou efluentes industriais na rede de drenagem é considerado inadequado, pois eles devem ser tratados antes de serem lançados nos corpos receptores, para atender aos padrões de lançamento e de qualidade do curso d'água, evitando a degradação do mesmo.

Os esgotos domiciliares devem ser coletados *in natura* e direcionados para uma estação de tratamento. Depois de tratados, são lançados em corpos receptores, sem risco de poluir o recurso hídrico. A rede coletora de esgotos deve ser separada da rede coletora de águas pluviais.

Anteriormente, no município de Pingo D'Água, as águas pluviais e os esgotos eram conduzidos em tubulações diferentes, porém, foi constatado que há ligações da rede de esgoto na rede de drenagem, feitas principalmente quando essas encontram-se entupidas, segundo a Prefeitura Municipal.

O município de Pingo D'Água ainda não possui uma Estação de Tratamento de Esgotos (ETE) (SHS, 2017). Não há atualmente nenhum plano ou projeto da Prefeitura Municipal de Pingo D'Água para a construção de uma ETE. Portanto, os esgotos sanitários são coletados e lançados *in natura* em oito pontos diferentes no ribeirão Sacramento, descritos no item 4.2.

A maior parte dos pontos de lançamento de esgotos e de águas pluviais coincide, ou seja, as tubulações chegam separadamente no mesmo local do curso d'água. Em apenas um deles a rede coletora de esgotos foi interligada à rede coletora de águas pluviais (Figura 41), em um pequeno trecho os esgotos e as águas pluviais se misturam e são lançados no ribeirão Sacramento.

Figura 41 - Lançamento de esgotos na rede de drenagem do município



Fonte: SHS, 2017.

4.3.5.4. Fundos de vale, lançamento de águas pluviais e dissipação de energia

Os fundos de vale são caracterizados pela condução de grandes volumes de águas pluviais, pois são os pontos mais baixos da bacia hidrográfica onde forma-se uma calha que recebe a água proveniente de todo seu entorno e de calhas secundárias. Os fundos de vale comumente são cursos d'água perenes ou intermitentes, porém podem ser apenas o caminho preferencial de águas de chuva.

O principal fundo de vale por onde escoam as águas pluviais da área urbana e de parte da área rural de Pingo D'Água é o ribeirão Sacramento. Há ainda o ribeirão dos Óculos que recebe as águas de parte área rural.

As águas pluviais escoam pelos fundos de vale e ganham força e velocidade ao longo do seu percurso. Quanto maiores são as declividades, maiores serão as velocidades alcançadas. Dependendo do material da superfície por onde ocorre o escoamento, pode haver o arraste de partículas que ao longo do tempo formam os processos erosivos.

A norma DNIT 022/2006 define como dissipador de energia: “dispositivo que visa promover a redução da velocidade de escoamento nas entradas, saídas ou mesmo ao longo da própria canalização de modo a reduzir os riscos dos efeitos de erosão nos dispositivos ou nas áreas adjacentes”. Assim, os dissipadores, de modo geral, devem ser instalados no pé das descidas d'água nos aterros, na boca de jusante dos bueiros, na saída das sarjetas, etc.

As águas pluviais coletadas pela rede de drenagem existente são lançadas no ribeirão Sacramento. Há quatro pontos de lançamento de águas pluviais.



- **Ponto de lançamento de águas pluviais 1**

O ponto 1 localiza-se nas coordenadas UTM (23 K) 771.810,45 m E; 7.816.962,50 m S. Nesse local, ocorre o lançamento, em tubulações separadas, de águas pluviais e de esgotos que se juntam em um canal aberto até desaguar no ribeirão Sacramento, como pode ser observado na Figura 42, Figura 43, Figura 44 e Figura 45.

Figura 42 - Ponto de lançamento de águas pluviais 1 em conjunto com lançamento de esgotos



Fonte: SHS, 2017.

Figura 43 - Canal aberto do lançamento de águas pluviais 1



Fonte: SHS, 2017.

Figura 44 - Canal aberto do lançamento de águas pluviais 1



Fonte: SHS, 2017.

Figura 45 - Local de desagüamento do canal aberto no ribeirão Sacramento



Fonte: SHS, 2017.

- **Ponto de lançamento de águas pluviais 2**

O ponto 2 localiza-se nas coordenadas UTM (23 K) 771.679,58 m E; 7.816.860,88 m S. A tubulação de esgotos desagua no canal de drenagem, que encontra-se quebrado. O lançamento das águas pluviais e dos esgotos ocorre em um canal aberto que desagua no ribeirão Sacramento (Figura 46 e Figura 47).

Figura 46 - Rede de drenagem no ponto de lançamento de águas pluviais 2



Fonte: SHS, 2017.

Figura 47 - Rede de drenagem no ponto de lançamento de águas pluviais 2



Fonte: SHS, 2017.

- **Ponto de lançamento de águas pluviais 3**

O ponto 3 localiza-se nas coordenadas UTM (23 K) 771.328,40 m E; 7.816.686,78 m S. A rede coletora de esgotos foi interligada à rede coletora de águas pluviais, formando um canal aberto até desaguar no ribeirão Sacramento (Figura 48 e Figura 49).

Figura 48 - Interligação da rede coletora à rede coletora de águas pluviais



Fonte: SHS, 2017.

Figura 49 - Lançamento de águas pluviais 3 e de esgotos



Fonte: SHS, 2017.

- **Ponto de lançamento de águas pluviais 4**

O ponto 4 localiza-se nas coordenadas UTM (23 K) 771.043,35 m E; 7.816.064,53 m S. Nesse local, ocorre o lançamento das águas pluviais, através de um canal aberto que desagua no ribeirão Sacramento. Devido ao lançamento de águas pluviais e à ausência de dissipadores de energia, nesse ponto ocorre um forte processo erosivo, que formou uma voçoroca (Figura 50, Figura 51 e Figura 52).



Figura 50 - Lançamento de águas pluviais 4 e processo erosivo



Fonte: SHS, 2017.

Figura 51 - Lançamento de águas pluviais 4 e processo erosivo



Fonte: SHS, 2017.

Figura 52 - Lançamento de águas pluviais 4 e processo erosivo



Fonte: SHS, 2017.



4.3.5.5. Processos erosivos

Segundo Magalhães (2001), a erosão é “um processo mecânico que age em superfície e profundidade, em certos tipos de solo e sob determinadas condições físicas, naturalmente relevantes, tornando-se críticas pela ação catalisadora do homem. Traduz-se na desagregação, transporte e deposição de partículas do solo, subsolo e rocha em decomposição pelas águas, ventos ou geleiras”.

As erosões são causadas pela energia cinética que, associada ao escoamento da água, pode atingir níveis muito elevados e provocar danos em diversas estruturas, como vias, em especial as não pavimentadas, e encostas dos corpos d’água. Diversos dispositivos podem ser utilizados a fim de dissipar a energia do escoamento e, conseqüentemente, reduzir o processo erosivo, como bacias de dissipação, dissipadores de jato, dissipadores de impacto, dissipadores em degraus e bacias de dissipação na rede de microdrenagem.

A principal causa de erosões em áreas rurais são os tipos de cobertura e usos do solo. A ausência de cobertura vegetal deixa o solo desprotegido, o que acelera os processos erosivos. Algumas práticas agrícolas auxiliam na conservação do solo, além de contribuírem para a infiltração das águas de chuva. Entre essas práticas está o terraceamento agrícola ou plantio em curvas de nível.

Além da erosão citada no item anterior, na área rural também ocorrem processos erosivos, os quais formaram voçorocas e os plantios não são realizados em curvas de nível (SHS, 2017).

4.3.5.6. Assoreamento

O assoreamento é um processo natural que ocorre nos corpos d’água e consiste no depósito de sedimentos que foram erodidos durante o processo de formação do leito do rio. Este processo pode ser acelerado com uso e ocupação indevidos do solo, como por exemplo, a retirada de cobertura vegetal das APPs, matas ciliares e encostas. Segundo Carvalho (1994), a sedimentação é um processo que abrange a erosão, o transporte e a deposição de sedimentos nos cursos d’água.

Segundo a Prefeitura, não são realizados limpeza e desassoreamento dos cursos d’água, apesar de existirem pontos de assoreamento nos rios e canais do município (SHS, 2017).

A área urbana do município de Pingo D'Água encontra-se à margem esquerda do ribeirão Sacramento e nenhum curso d'água atravessa a sede municipal. Pode-se observar na visita técnica e por imagens de satélite que existem bancos de areias nas curvas do ribeirão Sacramento, devido ao processo natural de erosão e sedimentação, como pode ser observado na Figura 53.

Figura 53 - Pontos de assoreamento no ribeirão Sacramento no município de Pingo D'Água



Fonte: *Google Earth* – imagem de 02 de setembro de 2016.

4.3.5.7. Escorregamento

Movimentos de massas são processos que ocorrem devido à ação da força da gravidade sobre rochas ou solos, ocasionando sua movimentação. Nesse processo, ocorre também a ação de outro meio, como por exemplo, a água, que reduz a resistência dos materiais das vertentes e encostas. Os escorregamentos são um tipo de movimentos de massa, que consistem no deslocamento de médias a grandes quantidades de solos e rochas, com velocidades de médias a altas (BRASIL, 2014; TOMINAGA, SANTORO E AMARAL, 2009).

O município de Pingo D'Água não possui pontos de escorregamento.

4.3.5.8. Enchentes, inundações e alagamentos

As **enchentes** ou **cheias** são processos que ocorrem nos cursos d'água nos quais há a elevação do nível d'água no canal de drenagem, devido ao aumento da vazão, até a cota máxima do mesmo, sem ocorrer extravasamento. As **inundações** são caracterizadas pelo transbordamento das águas de um curso d'água, que atingem as planícies de inundação ou as áreas de várzea. Os **alagamentos** são acúmulos momentâneos de águas em determinadas áreas devido à deficiência no sistema de drenagem (TOMINAGA; SANTORO; AMARAL, 2009). A Figura 54 apresenta um esquema ilustrativo sobre enchente, inundação e alagamento.

Figura 54 - Esquema ilustrativo sobre enchente, inundação e alagamento



Fonte: Proteção e Defesa Civil de São Bernardo do Campo, 2011.

Segundo Prefeitura, não há problemas com enchentes ou inundações no município, apesar de algumas vezes no ano ocorrer transbordamento do curso d'água (SHS, 2017).

Quando ocorrem chuvas intensas, uma região da cidade, localizada no bairro Santo Agostinho, na Rua Antônio Batista, nas coordenadas UTM 23 K 770.736,00 m E; 7.816.213,00 m S, sofre com alagamentos; também ocorre alagamento na região central, próximo ao nº44 da Rua Mauro Ramos.

Esses não ocasionam graves problemas à população, pois não se localizam próximos às casas, mas podem interferir no deslocamento dos munícipes. Provavelmente, os alagamentos ocorrem por falta de microdrenagem. Sem essas estruturas, a água não tem por onde escoar e acumula-se na rua. O local dos alagamentos pode ser observado na Figura 55.

No 2º Seminário Setorial, realizado com a população, foi acrescentado que o nível da Rua José Procópio está acima do nível médio dos terrenos adjacentes. Quando há o extravasamento da drenagem ocasiona alagamento nos imóveis.

Figura 55 - Ponto crítico de alagamento no município de Pingo D'Água



Fonte: SHS, 2017.

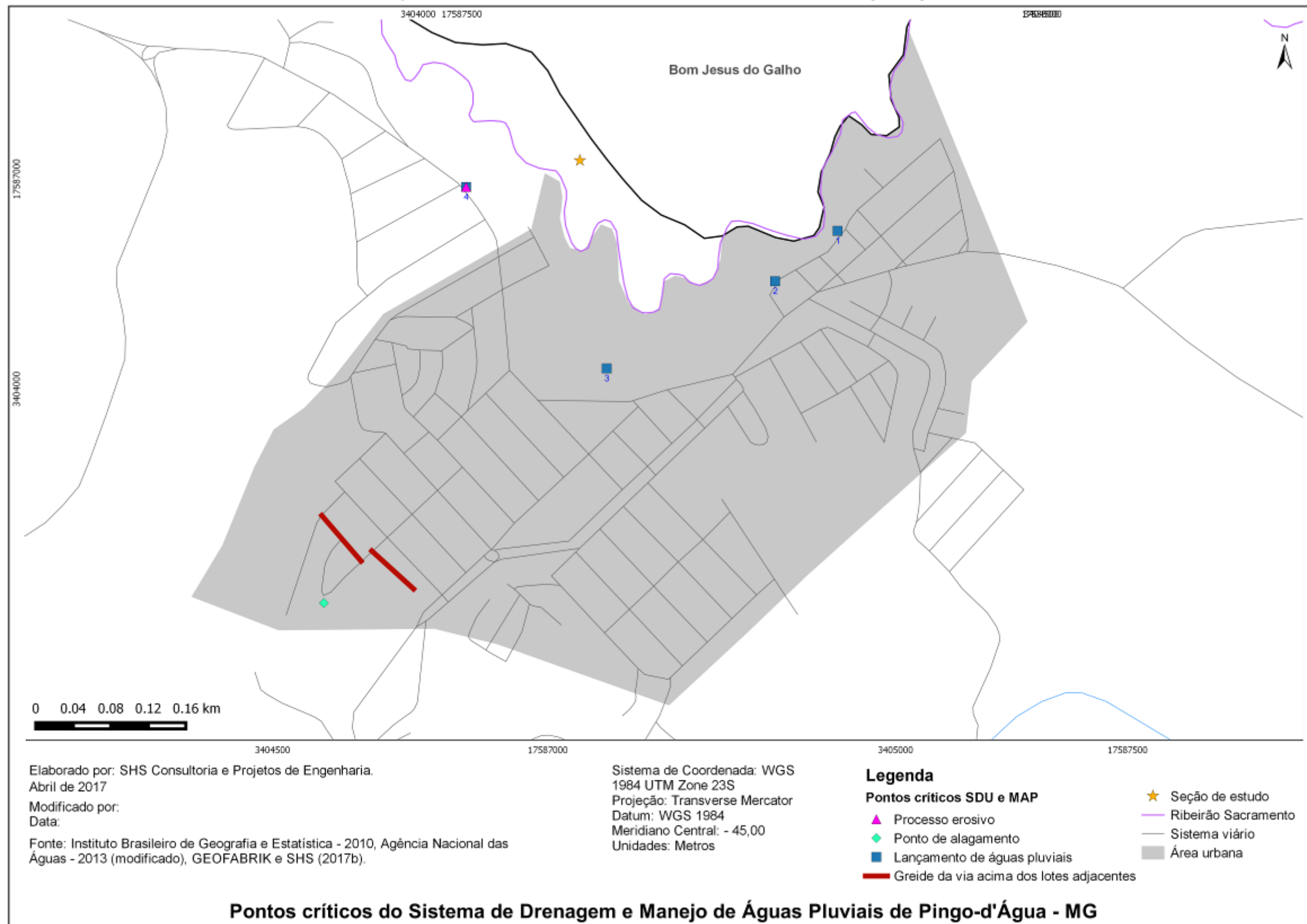
Em Pingo D'Água, nos períodos de chuva ocorrem alagamentos e cortes de estradas na área rural (SHS, 2017).

4.3.5.9. Mapa dos principais pontos críticos no município

Para melhor compreensão do SDU, elaborou-se um mapa dos principais pontos críticos apresentados anteriormente (Figura 56).



Figura 56- Mapa dos principais pontos críticos do município de Pingo D'Água





4.3.6. Áreas de Preservação Permanente (APPs)

As Áreas de Preservação Permanente (APPs) são espaços públicos ou privados que não podem ser alterados pelo homem, ou seja, sob hipótese alguma pode haver desmatamento, construções ou alteração da paisagem natural. O Código Florestal (Lei nº 12.651/2012) define que a APP é “área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas”. Como exemplos de APP têm-se as áreas de entorno de mananciais subterrâneos ou superficiais, as encostas com mais de 45 graus de declividade, os manguezais e as matas ciliares. Destaca-se que tais áreas são muitas vezes ocupadas irregularmente para atividades antrópicas, apesar de serem reconhecidas legalmente como áreas a serem preservadas.

As APPs dos cursos d'água do município de Pingo D'Água foram delimitadas de acordo com o Código Florestal, conforme pode ser observado no Anexo 1. Elas totalizam 542,79 ha, sendo que 0,16 ha possuem edificações ou arruamentos e localizam-se na área urbana do município.

Ao analisar a imagem de satélite do *Google Earth* de 02 de setembro de 2016 e durante a visita técnica, verificou-se que as APPs do ribeirão dos Óculos e seus afluentes e dos afluentes do ribeirão Sacramento, dentro do território da APA, apresentam vegetação densa, o que indica que estão conservadas. Além disso, o ribeirão Sacramento apresenta alguns trechos, próximos à área urbana, que estão degradados mesmo dentro da APA, e fora da APA, há trechos das APPs degradados.

A Figura 57 mostra um trecho da APP com presença de mata ciliar.



Figura 57 - Área de Preservação Permanente do ribeirão Sacramento



Fonte: SHS, 2017.

4.3.7. Obras, manutenção e fiscalização do SDU

As obras de novas instalações do sistema de drenagem, bem como a manutenção da rede existente, limpeza de logradouros públicos, e fiscalização são feitas pela Prefeitura Municipal, através da Secretaria Municipal de Obras.

No município de Pingo D'Água, no momento não há nenhuma obra de drenagem em andamento ou em fase de aprovação (SHS, 2017). Segundo o secretário de obras da Prefeitura Municipal, o município não possui plano sistemático de manutenção preventiva, portanto, não há uma rotina para a manutenção ou obras a serem executadas. A manutenção do sistema, assim como as obras necessárias para ampliação do mesmo, ocorre de acordo com as demandas e disponibilidade financeira. O município realiza periodicamente a limpeza da rede de drenagem.

No município não existe canal de atendimento à população específico para o SDU (SHS, 2017). A comunicação com a população ocorre através do telefone ou *site* da Prefeitura, de forma que uma secretaria anota os dados da pessoa e a ocorrência e encaminha para o responsável de cada área.



4.3.8. Análise da capacidade-limite e croqui das bacias contribuintes para o sistema de microdrenagem

A capacidade-limite do sistema de microdrenagem é calculada a partir da capacidade-limite de seus componentes: sarjetas, sarjetões, bocas de lobo, redes coletoras, poços de visita, etc. Para verificar a capacidade-limite de cada um desses componentes é necessário saber as dimensões e características dos mesmos. O projeto do sistema é uma importante fonte de informações, caso a construção tenha sido executada seguindo o projeto rigorosamente. Outros documentos podem ser utilizados, como o “*as built*” (desenho do que foi construído) ou o cadastro do sistema, pois também mostram as dimensões e características do que foi implantado.

Para a definição das bacias contribuintes para a microdrenagem utiliza-se o mapa de arruamento georreferenciado digital do município e curvas de nível de metro em metro da área urbana. O município de Pingo D’Água possui um mapa do arruamento apenas em papel e, além disso, está desatualizado.

Como o município não possui projeto do sistema de drenagem, “*as built*”, nem cadastro do mesmo, não foi possível verificar sua capacidade-limite.

Não havendo o mapa digital do arruamento e as curvas de nível de metro em metro, também não foi possível definir as bacias contribuintes para a microdrenagem.

4.3.9. Simulações hidrológicas

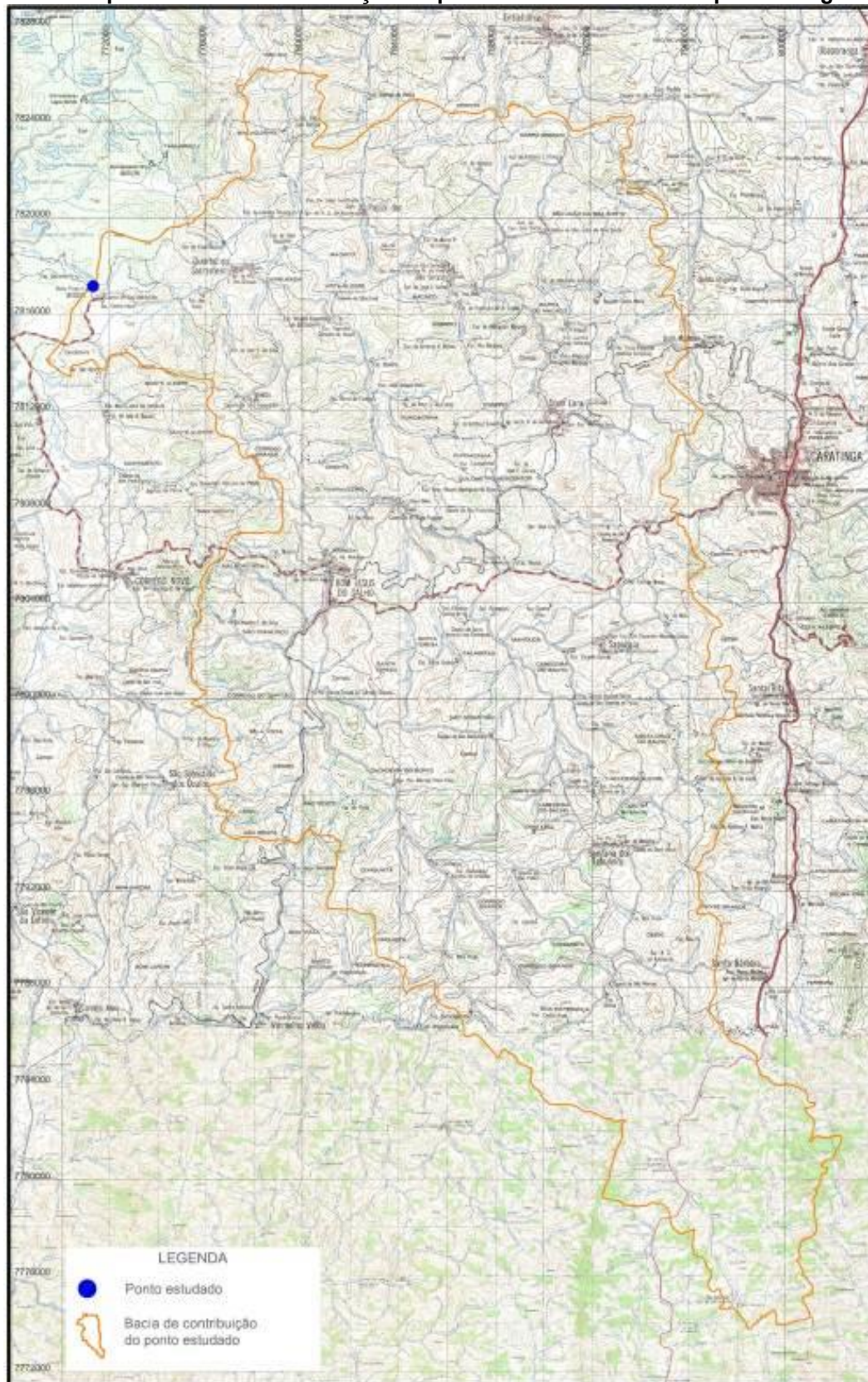
Através de simulações hidrológicas é possível estimar a vazão de um curso d’água em uma seção de interesse, enquanto simulações hidráulicas fornecem estimativas da capacidade de escoamento de um canal.

Estudando-se essas simulações, é possível avaliar se o canal de drenagem suporta a vazão que passará por ele e, a partir desse estudo, propor medidas para evitar futuros problemas.

O estudo hidrológico foi realizado para o ribeirão Sacramento, pois a área urbana do município localiza-se na sua margem esquerda, não existindo outros cursos d’água que drenam essa área. A simulação realizada teve como objetivo estimar a vazão desse ribeirão. Para isso, adotou-se o ponto a jusante da área urbana como ponto a ser estudado, como pode ser observado na Figura 56 e na Figura 58.



Figura 58 - Mapa da bacia de contribuição no ponto estudado do município de Pingo D'Água



Fonte: IBGE, 1980.



Existem diversos modelos matemáticos cuja função é transformar as precipitações que ocorrem em uma bacia hidrográfica em vazão. Neste diagnóstico, para se estimar as vazões máximas da bacia em questão, foi utilizado o Método Modificado de I-PAI-WU (WU, 1963). Esse método é recomendado para pequenas bacias hidrográficas, com área de drenagem de até 260 km². A bacia do ribeirão Sacramento possui 812 km², assim o método utilizado está extrapolado mas, ainda assim, fornece uma ordem de grandeza para a vazão do rio.

Para estimar a vazão de pico foi necessário determinar e calcular os parâmetros do modelo, conforme apresentado a seguir.

4.3.9.1. Área da bacia de contribuição

A delimitação da bacia de contribuição foi realizada a partir das cartas do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) denominadas Raul Soares, Simonésia e Caratinga.

A área da bacia de contribuição limitada pela seção no ponto escolhido para o estudo hidrológico é apresentada na Tabela 8 e na Figura 58.

Tabela 8 - Localização e área de contribuição na seção estudada

	Coordenadas UTM (m)		Curso d'água	Área de contribuição (km ²)
	N	E		
Seção de estudo	7.817.160	771.319	Ribeirão Sacramento	816,06

Fonte: SHS, 2017.

4.3.9.2. Talvegue da bacia de contribuição e declividade equivalente do talvegue

Com base na bacia de contribuição delimitada, foi possível definir o talvegue, desde o divisor de água, no ponto mais alto da bacia, até a seção de estudo. Para traçar o talvegue foram consideradas as curvas de nível de 20 em 20 metros das cartas de Raul Soares e Simonésia e de 50 em 50 metros da carta de Caratinga do IBGE. O comprimento do talvegue traçado é de aproximadamente 84.222 m.

A declividade equivalente do talvegue da bacia de contribuição foi calculada a partir da seguinte expressão:



$$I_e = \left[\frac{L}{\sum l_j I_j^{\frac{-1}{2}}} \right]^2$$

Em que:

- L: comprimento do talvegue;
- l_j : comprimento de cada trecho (com $j= 1, 2, \dots, n$);
- I_j : declividade de cada trecho (com $j= 1, 2, \dots, n$);
- n: o número de trechos considerado no cálculo.

A Tabela 9 mostra a diferença de nível, a declividade média e a declividade equivalente do talvegue traçado a partir do ponto mais distante da bacia de contribuição até a seção do ponto estudado.

Tabela 9 - Diferença de nível, declividade média e declividade equivalente

Diferença de nível (m)	Declividade média (m/m)	Declividade equivalente (m/km)
845	1,00	5,45

Fonte: SHS, 2017.

4.3.9.3. Tempo de concentração da bacia

Segundo o *U.S. Bureau of Reclamation*, o tempo de concentração de uma bacia hidrográfica é o tempo mínimo necessário para que toda a área da bacia contribua para o escoamento superficial na seção final de saída da mesma.

Há diversas maneiras e fórmulas para se estimar o tempo de concentração de uma Bacia Hidrográfica. Os fatores que influenciam no tempo de concentração da bacia são:

- Forma da bacia.
- Declividade média da bacia.
- Tipo e taxa da cobertura vegetal.
- Comprimento e declividade do curso principal e de seus afluentes.
- Distância horizontal entre o ponto mais afastado da bacia e sua saída.
- Condições do solo em que a bacia se encontra no início da precipitação.



Neste trabalho, o tempo de concentração da bacia foi calculado pela seguinte equação:

$$t_c = 57 \left(\frac{L^2}{S} \right)^{0,385}$$

Em que:

- t_c : tempo de concentração em minutos (min);
- L : comprimento do talvegue em quilômetros (km);
- S : declividade equivalente em m/km.

O tempo de concentração relativo à bacia de contribuição limitada pelo ponto estudado é de 901 min.

4.3.9.4. Coeficiente de escoamento superficial

Para as aplicações do método I-PAI-WU, utilizam-se os coeficientes volumétricos de escoamento (C_2), de acordo com a cobertura ou tipo de solo e com o uso do solo ou grau de urbanização, mostrados na Tabela 10.

Tabela 10 - Coeficientes volumétricos de escoamento (C_2)

Grau de impermeabilidade e da superfície	Cobertura ou tipo de solo	Uso do solo ou grau de urbanização	Coeficiente volumétrico de escoamento
Baixo	- com vegetação rala e/ou esparsa; - solo arenoso seco; - terrenos cultivados.	- zonas verdes não urbanizadas.	0,30
Médio	- terrenos com manto fino de material poroso; - solos com pouca vegetação; - gramados amplos; - declividades médias.	- zona residencial com lotes amplos (maior que 1000 m ²); - zona residencial rarefeita.	0,50
Alto	- terrenos pavimentados; - solos argilosos; - terrenos rochosos estéreis ondulados; - vegetação quase inexistente.	- zona residencial com lotes pequenos (100 a 1000 m ²).	0,80

Fonte: Adaptado de DAEE, 1994.



Tendo como base a Tabela 10, adotou-se o valor de C_2 , coeficiente de escoamento superficial para aplicação do método I-PAI-WU, sendo igual a 0,30, pois o grau de impermeabilidade da superfície da bacia de contribuição no ponto estudado pode ser classificado como baixo, onde predominam zonas verdes não urbanizadas, vegetação rala e/ou esparsa e terrenos cultivados.

4.3.9.5. Período de retorno

Para o cálculo de vazões máximas, foram adotados os períodos de retorno de 10, 50 e 100 anos.

4.3.9.6. Intensidade da chuva de projeto

O *software* Pluvio 2.1, elaborado pelo Grupo de Pesquisas em Recursos Hídricos do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa, espacializa os dados de chuvas intensas pelo método do inverso da quinta potência da distância (FIORIO et al, 2012). A equação da intensidade da chuva é expressa por:

$$i(t, T) = \frac{kT^a}{(t + b)^c}$$

Em que:

- i : intensidade da chuva, correspondente à duração t e período de retorno T , em mm/h;
- t : duração da chuva em minutos;
- T : período de retorno em anos;
- k , b , a e c : constantes de ajuste locais.

A Tabela 11 apresenta as constantes de ajuste locais para o município de Pingo D'Água.



Tabela 11 - Constantes da equação I-D-F para o município de Pingo D'Água

Constantes	
k	2710,718
b	28,982
a	0,186
c	0,917

Fonte: Software Pluvio 2.1.

A equação da intensidade das chuvas do município de Pingo D'Água é:

$$i(t,T) = \frac{2710,718.T^{0,186}}{(t + 28,982)^{0,917}}$$

Os valores da intensidade das chuvas para cada período de retorno são apresentados na Tabela 12.

Tabela 12 - Intensidade das chuvas para cada período de retorno	
Período de retorno (anos)	Intensidade das chuvas (mm/h)
10	7,88
50	10,63
100	12,10

Fonte: SHS, 2017.

4.3.9.7. Vazão de pico

De acordo com o método I-PAI-WU, a vazão de pico é obtida pela seguinte expressão:

$$Q = 0,278 \times C_2 \times i \times A^{0,9} \times K$$

Em que:

- Q = Vazão de pico (m³/s).
- C₂ = 0,30 (coeficiente de escoamento superficial global).
- i = Intensidade pluviométrica (mm/h).
- A = 812 km² (área de drenagem).



- $K = 0,9$ (coeficiente de distribuição espacial da chuva).

Os valores das vazões máximas estimadas são apresentados na Tabela 13.

Tabela 13 - Simulação hidrológica do ponto estudado

Período de retorno (anos)	Q estimada (m ³ /s)
10	245,87
50	331,68
100	377,32

Fonte: SHS, 2017.

4.3.10. Análise da capacidade de escoamento do ribeirão Sacramento

O ribeirão Sacramento, como já mencionado, tem grande importância para a análise do SDU, pois é o principal curso d'água de Pingo D'Água e a área urbana localiza-se à sua esquerda, não existindo outros cursos d'água que drenam essa área.

O ribeirão Sacramento apresenta meandros (Figura 59), o que caracteriza um curso d'água de planície. Esse tipo de curso d'água, comumente, possui uma planície de inundação e, conforme mostra a Figura 60, o ribeirão possui uma planície de inundação de aproximadamente 155 m de largura.

Figura 59 - Ribeirão Sacramento próximo à área urbana de Pingo D'Água - meandros



Fonte: Google Earth – imagem de 02 de setembro de 2016.



Figura 60 - Ribeirão Sacramento próximo à área urbana de Pingo D'Água - planície de inundação



Fonte: *Google Earth* – imagem de 02 de setembro de 2016.

Quando a capacidade-limite de escoamento do ribeirão é extrapolada, a planície é inundada. Assim, em casos de eventos extremos, se a capacidade de escoamento da planície de inundação do ribeirão for extrapolada, poderão ocorrer inundações na área urbana de Pingo D'Água.

Para a verificação da altura atingida pela água por uma determinada chuva, é necessário conhecer o tipo de solo, no caso de canais naturais, e a geometria do canal e de sua planície de inundação. Como não há dados geotécnicos e batimétricos do curso d'água, para verificar a capacidade-limite do mesmo, com o intuito de estimar a ordem de grandeza das cheias do ribeirão, foi realizada uma análise a partir da imagem de satélite do *Google Earth*. A velocidade de escoamento do canal foi estimada com base na Tabela 14, que apresenta velocidades recomendadas para evitar erosão em canais abertos. A velocidade estimada foi de 0,90 m/s, para terrenos de aluvião, comuns em planícies de inundação, visto que não há indícios de erosões do leito do ribeirão Sacramento.



Tabela 14 - Velocidades médias aconselháveis em canais abertos

Material das paredes do canal	Velocidade máxima (m/s)
Areia muito fina	0,23 a 0,30
Areia solta média	0,30 a 0,46
Areia grossa	0,46 a 0,61
Terreno arenoso comum	0,61 a 0,76
Terreno silte-argiloso	0,76 a 0,84
Terreno de aluvião	0,84 a 0,91
Terreno argiloso-compacto	0,91 a 1,14
Terreno argiloso duro	1,14 a 1,22
Solo cascalhado	1,22 a 1,52
Cascalho grosso, pedregulho, piçarra	1,52 a 1,83
Rochas sedimentares moles-xistos	1,83 a 2,44
Alvenaria	2,44 a 3,05
Rochas compactas	3,05 a 4,00
Concreto	4,00 a 6,00

Fonte: Curso de Canais, EEUFMG, Dep. Engenharia Hidráulica *apud* Porto, 1998.

A análise teve como base a equação apresentada a seguir, que calcula a vazão em função da área molhada da seção de interesse e da velocidade de escoamento.

$$Q = V \cdot A$$

Em que:

- Q = vazão de pico (m³/s);
- V = velocidade de escoamento (m/s);
- A = área da seção molhada (m²).

As vazões foram estimadas através das simulações hidrológicas (item 4.3.9). A área molhada da seção de interesse foi calculada considerando uma seção retangular típica, que desconsidera a calha regular do ribeirão, o que vai a favor da segurança. Assim, a área da seção molhada é igual à largura da planície de inundação multiplicada



pela altura d'água. A Tabela 15 apresenta os resultados obtidos.

Tabela 15 - Resultados da avaliação da capacidade de escoamento do ribeirão Sacramento

Período de retorno (anos)	Q estimada (m ³ /s)	Altura d'água (m)
10	245,87	1,76
50	331,68	2,38
100	377,32	2,70

Fonte: SHS, 2017.

Cálculos minuciosos, a partir de dados primários detalhados, permitem realizar análises mais aprofundadas, porém, com os dados disponíveis, é possível saber a ordem de grandeza das cheias, chegando a conclusões importantes em nível de planejamento.

Verifica-se através dos resultados obtidos, que a altura atingida pela água é de aproximadamente 2,70 m e, de acordo com dados do *Google Earth*, há uma diferença de nível de no mínimo 3,00 m, entre a planície de inundação e a área ocupada com edificações e arruamento. Assim, conclui-se que dificilmente haverá inundação que atinja áreas ocupadas, na área urbana de Pingo D'Água, mesmo que ocorra um evento extremo com período de retorno de 100 anos, considerando a situação de uso e ocupação do solo atual.

4.3.11. Órgãos municipais que atuam no SDU

No município de Pingo D'Água, o órgão municipal que atua no SDU é a Secretaria de Obras e a forma como o setor é organizado foi apresentada no item 3.3.

4.4. Situação dos serviços de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos

4.4.1. Análise crítica dos planos existentes

Segundo o que é apresentado no PIRH, a gestão dos resíduos sólidos urbanos na bacia do rio Doce vem sendo realizada em sua maioria pelos próprios municípios, e em alguns casos, ocorre terceirização (CBH DOCE, 2010). Os aspectos considerados, relacionados aos resíduos sólidos, são: percentual da população atendida, destinação ambientalmente adequada, e volume de lixo produzido. Para os municípios da bacia do



rio Doce, considerou-se uma taxa média de geração de resíduos sólidos *per capita* de 0,75 kg/hab.dia.

Com relação à disposição final, vê-se que na bacia do rio Doce, o lixo coletado não tem um destino certo, e que é, muitas vezes, inadequado. Na bacia, foi feito um levantamento da destinação dos resíduos sólidos, apresentado na Figura 61, a seguir. Além disso, o PIRH indica que o estado de Minas Gerais tem indicadores piores do que a média brasileira.

Figura 61 - Destinação dos resíduos sólidos urbanos na bacia do rio Doce

Estado	UPGRH/UA	Volume Produzido total (ton/dia)	Volume Produzido c/ destinação adequada (ton/dia)	Percentual c/ destinação adequada (%)	Tipo de Destinação Final		
					Lixão	Aterro Controlado	Aterro Sanitário
MG	DO1	344,5	12,5	3,6	25	37	0
	DO2	520,9	400,4	79,9	5	3	9
	DO3	88,5	18,2	20,6	14	7	2
	DO4	328,7	58,7	17,9	33	8	0
	DO5	157,9	54,2	34,3	20	2	3
	DO6	146,7	19,6	13,4	17	5	1
	Estado		1587,2	564,1	35,5	114	62

Fonte: adaptado de CBH Doce, 2010.

O PIRH também apresenta uma seção específica para os Resíduos do Serviço de Saúde (RSSs). Esses devem receber uma forma de tratamento diferenciada, em comparação com os resíduos sólidos urbanos. No estado de Minas Gerais, 191 cidades adotam alternativa diferenciada de tratamento e/ou disposição final para os RSSs (CBH DOCE, 2010).

Com relação às questões referenciais no PIRH da bacia do rio Doce, a que se relaciona diretamente com os resíduos sólidos é a “IV. Universalização do Saneamento”, que em sua situação atual – os indicadores atuais apresentam valores muito baixos relativos à média estadual – não satisfaz aos padrões buscados pela bacia. Assim, o objetivo dessa questão é o aumento do valor dos indicadores, até atingir ou ultrapassar a média estadual (CBH DOCE, 2010).

Com relação à destinação dos resíduos sólidos urbanos, tem-se que na UPGRH DO1, formada por 62 municípios, produz-se um volume total de 344,5 ton/dia, sendo que apenas 12,5 ton/dia são destinados a aterros controlados, o que representa 3,6 % do total (CBH DOCE, 2010). O PIRH apresenta como meta para 2020, que todos os



municípios sejam atendidos por aterros sanitários e unidades de triagem e compostagem (CBH DOCE, 2010).

Segundo o PARH Piranga, do total de municípios pertencentes à Unidade, 25 destinam seus resíduos para lixões, enquanto 30 os enviam para aterros controlados, e apenas 1 município possui uma Usina de Triagem e Compostagem (UTC). Ressalta-se que alguns municípios não possuíam informação (CBH DOCE, 2010).

Entre as metas específicas para a UPGRH DO1 presentes no PARH Piranga, tem-se a meta de universalização do saneamento, que contempla o estudo de viabilidade de tratamento e destinação final de resíduos sólidos (CBH DOCE, 2010).

Segundo o PARH Piranga, Pingo D'Água precisaria de R\$283.350,00 para custear a construção de um aterro sanitário, não sendo necessários investimentos para construção de uma Unidade de Triagem e Compostagem (CBH DOCE, 2010).

No relatório da FEAM, Panorama da Destinação dos Resíduos Sólidos Urbanos de Minas Gerais em 2015, publicado em 2016, são apresentadas informações específicas para cada um dos 17 Territórios de Desenvolvimento do Estado de Minas Gerais (FEAM, 2016).

Pingo D'Água faz parte do Território Vale do Aço, que é constituído por 33 municípios do estado, somando uma população urbana de 677.526 habitantes. Essa região é a que apresenta melhor percentual de população urbana atendida por tipologia de destinação regularizada, com 89,4 %. Dessa porcentagem, tem-se que 89,4 % dos RSUs são destinados para Aterro Sanitário e Usina de Triagem e Compostagem regularizados, 7,4 % para Lixão, 2,1 % para Aterro Controlado e 1,1 % para Aterro Sanitário e Usina de Triagem e Compostagem não regularizados.

4.4.2. Descrição e análise do sistema

O sistema de limpeza urbana é constituído das atividades relacionadas à limpeza do espaço coletivo urbano. Os serviços de varrição, limpeza de logradouros e de vias públicas, capina, podas de árvores urbanas, manutenção de áreas verdes, remoção de cadáveres de animais, de veículos abandonados, entre outros, fazem parte deste sistema.

O manejo de resíduos sólidos relaciona-se aos resíduos gerados predominantemente nos ambientes internos, coletivos ou não, suas formas de



segregação, acondicionamento, armazenamento, coleta, transbordo, transporte, tratamento e disposição final.

A Lei Federal nº 12.305 de 02 de agosto de 2010, regulamentada pelo Decreto nº 7.404 de 23 de dezembro de 2010, que dispõe sobre a Política Nacional de Resíduos Sólidos, apresenta a classificação dos resíduos segundo sua origem:

- Resíduos domiciliares: os originários de atividades domésticas em residências urbanas.
- Resíduos de limpeza urbana: os originários da varrição, limpeza de logradouros e vias públicas e outros serviços de limpeza urbana.
- Resíduos de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços: os gerados nessas atividades, excetuados os resíduos da limpeza urbana, aqueles gerados em ETAs, ETEs e aterros sanitários, os resíduos dos serviços de saúde, os resíduos da construção civil e os resíduos dos transportes.

Cabe ressaltar que, neste contexto, o Termo de Referência do presente contrato destaca que deverá ser contemplado o Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PGIRS), de acordo com a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010 e de seu Decreto de Regulamentação nº 7.404 de 23 de dezembro de 2010. Assim, o diagnóstico do sistema de limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos levará em consideração a itemização exigida pelo art. 19 desse instrumento legal.

Neste diagnóstico foram estabelecidas sete classes gerais de resíduos em função de sua origem. Esta classificação foi adotada considerando as informações disponíveis no município de Pingo D'Água, as suas particularidades e o atendimento à Lei nº 12.305/2010. Assim, as seguintes classes foram abordadas:

- **Resíduos sólidos urbanos:** são os resíduos domiciliares somados aos resíduos de limpeza urbana e aos resíduos de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços. Adotou-se esta convenção neste Plano devido ao fato de que essas três categorias são atendidas pelo mesmo serviço de coleta de resíduos urbanos.
- **Resíduos industriais:** os gerados nos processos produtivos e instalações industriais.



- **Resíduos de serviços de saúde:** os gerados nos serviços de saúde (ex.: hospitais, clínicas, consultórios, farmácias, laboratórios de análises clínicas, etc.), conforme definido em regulamento ou em normas estabelecidas pelos órgãos do Sistema Nacional de Meio Ambiente (SISNAMA) e do Sistema Nacional de Vigilância Sanitária (SNVS).
- **Resíduos da construção civil:** os gerados nas construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, incluídos os resultantes da preparação e escavação de terrenos para obras civis.
- **Resíduos dos serviços públicos de saneamento básico:** os lodos gerados nas estações de tratamento de água e esgoto e o material proveniente do desassoreamento de cursos d'água.
- **Resíduos especiais:** são aqueles que possuem características tóxicas, radioativas e contaminantes, e por conta dessas características merecem cuidados especiais em seu manuseio, acondicionamento, estocagem, transporte e disposição final. Dentro da classe de resíduos de fontes especiais merecem destaque os seguintes resíduos:
 - pilhas e baterias;
 - lâmpadas fluorescentes;
 - óleos lubrificantes;
 - pneus;
 - embalagens de agrotóxicos;
 - radioativo.
- **Resíduos de responsabilidade do gerador**
 - a) **Resíduos de serviços de transportes:** resíduos gerados em terminais, dentro dos navios, aviões e veículos de transporte, tendo sua origem no consumo realizado pelos passageiros.
 - b) **Resíduos agrossilvopastoris:** gerados nas atividades agropecuárias e silviculturais, incluídos os relacionados a insumos utilizados nessas atividades.
 - c) **Resíduos de mineração:** os gerados nas atividades de pesquisa, extração ou beneficiamento de minérios.



A responsabilidade pelo sistema de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos do município de Pingo D'Água é da Prefeitura Municipal.

A Prefeitura Municipal realiza a coleta de resíduos domiciliares, da limpeza urbana e dos serviços públicos. A seguir será apresentada a situação do manejo dos resíduos sólidos em Pingo D'Água, conforme a origem.

4.4.2.1. Resíduos sólidos urbanos

4.4.2.1.1. Resíduos domiciliares e comerciais

Acondicionamento

O acondicionamento dos resíduos domiciliares não segue um padrão determinado pela Prefeitura, os moradores depositam os resíduos em sacolas plásticas em frente às residências, em cestos de metais, em “bombonas” ou diretamente nas calçadas.

Coleta

Na sede a coleta de resíduos sólidos urbanos é porta a porta, toda semana de segunda a sexta-feira, das 12h às 16h, porém não há total adesão da população à prática de dispor os resíduos no horário/dia em que a coleta é efetuada. Essa coleta é realizada por caminhão basculante (Figura 62). Após coletar na área urbana, o mesmo caminhão coleta em pontos pré-determinados da área rural. São quatro funcionários: um motorista e três coletores, que utilizam botas e luvas. O município não dispõe de programa de coleta seletiva.

Figura 62 - Caminhão utilizado na coleta dos resíduos sólidos domiciliares



Fonte: SHS, 2017.

No município não há cadastramento de catadores de materiais recicláveis por parte da Prefeitura, assim como registro da existência de associações e/ou



cooperativas com essa finalidade. Com o intuito de complementar a análise deste diagnóstico, consultou-se os dados da Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (IBGE, 2008), que também não apresentou nenhum cadastro referente a esses trabalhadores.

Transporte

O transporte dos resíduos sólidos urbanos até a UTC é realizado por caminhões e o rejeito é transportado por trator com caçamba acoplada.

Transbordo

Não há estação de transbordo para os resíduos sólidos urbanos no município.

Tratamento e destinação final

Todo o resíduo coletado através da coleta regular é destinado à Usina de Triagem e Compostagem de Resíduos Sólidos (UTC) (UTM 23K 770.949,00m E; 7.815.975,00m S) (Figura 63).

A Usina de Triagem e Compostagem de Resíduos Sólidos de Pingo D'Água consiste em uma área com rampa de acesso para o descarregamento dos caminhões, esteira, prensa, baias, áreas de compostagem, vala de disposição final, infraestrutura de banheiros, escritório e refeitório. A unidade possui 13 funcionários (operadores) e funciona em horário comercial.

Figura 63 - Usina de Triagem e Compostagem de Resíduos Sólidos (UTC) de Pingo D'Água



Fonte: SHS, 2017.



Nessa unidade, os resíduos chegam de caminhão e são descarregados em uma área de recepção. São então encaminhados manualmente para uma esteira de concreto (não mecanizada) na qual os operadores abrem os sacos e separam resíduos recicláveis, resíduos compostáveis e rejeitos.

Os resíduos recicláveis são separados em: papel e papelão, vidro, plástico, metal e outros. Esse material é acondicionado em tambores de 200 L que então são enfardados na prensa. Todo o material é pesado em uma balança para viabilizar o controle operacional da unidade. Os fardos de materiais recicláveis, prontos para a venda, são armazenados em baias específicas.

Os resíduos compostáveis são dispostos em leiras (Figura 64) junto com resíduos de podas. As leiras têm a temperatura aferida três vezes ao dia e são reviradas uma vez a cada três dias. No topo de cada uma das leiras há uma placa com numeração para identificação. O composto é então usado na própria usina.

Figura 64 - Leiras de disposição de resíduos compostáveis (matéria orgânica)



Fonte: SHS, 2017.

Os rejeitos, ou seja, materiais não aproveitados para reciclagem e compostagem, são dispostos em um aterro controlado contíguo à área da usina (UTM 23K 771.032,00m E; 7.815.938,00m S) (Figura 65). Os resíduos dispostos nessa vala são recobertos sob demanda.

Figura 65 - Vala de disposição de rejeitos



Fonte: SHS, 2017.

Nesse local, são realizados todos os procedimentos exigidos pela FEAM, no entanto, o recobrimento das valas é insuficiente, assim como o cercamento da área. Existe ainda uma vala especial, separada, para animais mortos.

Ressalta-se ainda que existe uma área de disposição irregular de lixo em uma vala na Rua Antônio Braga.

4.4.2.1.2. Resíduos de limpeza urbana

Acondicionamento

Os resíduos de varrição já são acondicionados em sacos plásticos pelos próprios varredores, e esses sacos são depois enviados para a UTC do município.

Como os resíduos de poda e capina são difíceis de armazenar em sacolas plásticas ou caixas, são acondicionados nas vias do município até que seja feita a coleta.

Coleta

A varrição de logradouros públicos é realizada diariamente na cidade e há 20 funcionários disponíveis para esse serviço.



Na organização da limpeza urbana municipal não há uma diferenciação dos serviços de varrição e serviços especiais como limpeza de logradouros de feiras, mercados e espaços públicos. Assim, os funcionários responsáveis pela varrição desses locais são os mesmos alocados nos demais serviços de limpeza urbana. Vale ressaltar que quando o evento é privado, o responsável pela limpeza é o próprio organizador.

Transporte

O transporte desses resíduos é feito pelo mesmo caminhão da coleta convencional.

Transbordo

Não há uma estação de transbordo para os resíduos. Eles são coletados nas vias e encaminhados diretamente para a UTC.

Tratamento e destinação final

Os resíduos provenientes da limpeza urbana são encaminhados para a UTC, sendo que a folhagem é utilizada na compostagem e a galhada é disposta em entreposto de galhos (UTM 23K 770.963,00m E; 7.816.048,00 m S) (Figura 66). Materiais recicláveis são vendidos e o rejeito é disposto no aterro.

Figura 66 - Entreposto de galhos

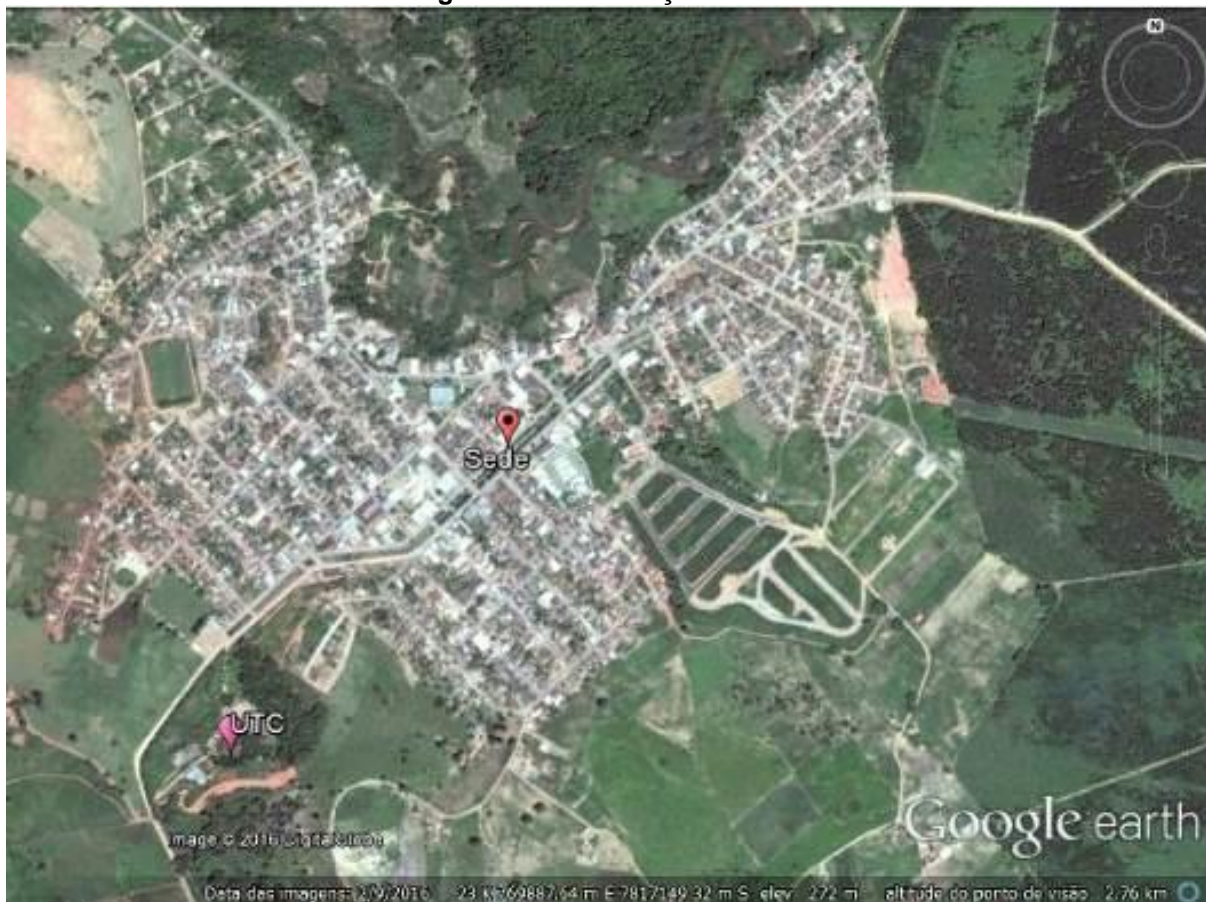


Fonte: SHS, 2017.

Por fim, a Figura 67 apresenta a localização da UTC e a Figura 68 a disposição dos componentes que compõem a UTC.



Figura 67 - Localização da UTC



Fonte: SHS, 2017.

Figura 68 - Componentes da UTC



Fonte: SHS, 2017.



4.4.2.2. Resíduos de responsabilidade do gerador

Segundo a Política Nacional de Resíduos Sólidos, estão sujeitos à elaboração do Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS) os geradores de: resíduos dos serviços públicos de saneamento básico; resíduos industriais; resíduos de serviços de saúde; resíduos de mineração; resíduos perigosos; e aqueles que não sejam equiparados aos resíduos domiciliares pelo poder público municipal. Também devem elaborar o PGRS as empresas de construção civil, os responsáveis pelos terminais rodoviários e outras instalações relacionadas a transportes e os responsáveis por atividades agrossilvopastoris, se exigido pelos órgãos competentes. Entretanto, não se pode exigir o atendimento a essas disposições legais sem o devido cadastramento desses geradores, fiscalização e monitoramento.

4.4.2.2.1. Resíduos dos serviços públicos de saneamento básico

Acondicionamento / Coleta / Transporte / Transbordo / Tratamento

O município não possui ETE, assim não existem resíduos gerados a partir desse processo.

Os resíduos sólidos gerados na ETA não recebem nenhum tipo de acondicionamento ou tratamento, uma vez que não existe uma Unidade de Tratamento de Resíduo na estação.

Destinação final

Quando o decantador e os filtros são submetidos à limpeza, o efluente é disposto no curso d'água próximo.

4.4.2.2.2. Resíduos sólidos industriais

Acondicionamento/ Coleta/ Transporte/ Transbordo/ Tratamento/ Disposição final

No Cadastro Industrial de Minas Gerais não constam indústrias no município de Pingo D'Água. As futuras indústrias do município deverão se reportar à Prefeitura Municipal sobre o acondicionamento, coleta, transporte, tratamento e disposição final dos resíduos sólidos que gerarem em seus processos industriais para que esta mantenha dados sobre a gestão que as indústrias fazem de seus resíduos sólidos.



Os resíduos gerados nas dependências das indústrias, em suas atividades não industriais (escritórios, cozinhas, banheiros, almoxarifados, etc.), que correspondem aos resíduos domiciliares, poderão ser disponibilizados à coleta regular efetuada pela Prefeitura Municipal.

4.4.2.2.3. Resíduos sólidos dos serviços de saúde

Os resíduos sólidos dos serviços de saúde provenientes de instituições públicas como hospitais e UBSs são de responsabilidade da Prefeitura Municipal. Os geradores particulares, tais como farmácias, clínicas veterinárias, laboratórios, entre outros, devem se responsabilizar pela contratação de empresa especializada para coleta e tratamento dos resíduos gerados por suas atividades. No entanto, esses geradores não se reportam à Prefeitura quanto à gestão desses resíduos.

Acondicionamento

O acondicionamento dos resíduos para apresentação à coleta obedece aos padrões presentes na Resolução RDC Nº 306/2004 e é realizado em cada unidade de saúde.

Coleta

A coleta de resíduos é realizada mensalmente nas unidades de saúde pela empresa COLEFAR LTDA, CNPJ 04.962.103/0001-93, portadora das Licenças Ambientais de números: 297/2007, 151/2011, 182/2012 e 194/2013. São coletados cerca de 100 kg por mês.

Transporte

O transporte é feito por um caminhão 3/4 de Baú licenciado, por dois funcionários: um motorista e um ajudante.

Transbordo

Não há uma área utilizada para este fim.

Tratamento e Destinação final

Os resíduos são incinerados pela Inca - Incineração e Controle Ambiental (Unidade INCA - Filial - Av. Filomena Cartafina, 23.601 – Quadra 13, Lotes 36 a 40 Recreio dos Bandeirantes, Uberaba/MG. CEP: 38040-450), em conformidade com procedimentos ambientalmente corretos, segundo a Resolução 316/2002 do CONAMA.



4.4.2.2.4. Resíduos sólidos da construção civil

Acondicionamento

Os resíduos da construção civil não seguem um padrão de acondicionamento. São dispostos nas vias do município até o momento da coleta.

Coleta

A coleta dos entulhos gerados pela administração pública e particulares é realizada pela própria Prefeitura Municipal. Essa coleta é sob demanda e o usuário deve entrar em contato com a Prefeitura ou UTC para solicitá-la.

Transporte

O transporte desses resíduos é feito pelo mesmo caminhão da coleta convencional.

Tratamento e destinação final

Os resíduos sólidos da construção civil são dispostos nas estradas rurais para combater erosão.

4.4.2.2.5. Resíduos agrossilvopastoris

Acondicionamento / Coleta / Transporte / Tratamento / Disposição final

Os geradores deste tipo de resíduo não se reportam à Prefeitura Municipal sobre nenhuma das etapas da gestão dos resíduos.

4.4.2.2.6. Resíduos de serviços de transporte

Acondicionamento / Coleta / Transporte / Tratamento / Disposição final

Os geradores deste tipo de resíduo não se reportam à Prefeitura Municipal sobre nenhuma das etapas da gestão dos resíduos.

4.4.2.2.7. Resíduos de mineração

Acondicionamento / Coleta / Transporte / Tratamento / Disposição final

No Cadastro Industrial de Minas Gerais não foram encontradas empresas na área de mineração em Pingo D'Água-MG.

4.4.2.3. Resíduos especiais passíveis de logística reversa

A Prefeitura Municipal não registra todas as informações sobre os resíduos especiais ou resíduos passíveis de logística reversa gerados no município. Segundo a



Política Nacional de Resíduos Sólidos, os geradores sujeitos à logística reversa são os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes de:

- I. agrotóxicos;
- II. pilhas e baterias;
- III. pneus;
- IV. óleos lubrificantes, seus resíduos e embalagens;
- V. lâmpadas fluorescentes, de vapor de sódio e mercúrio e de luz mista;
- VI. produtos eletroeletrônicos e seus componentes.

Assim, não há monitoramento ou registro da quantidade de todos os tipos resíduos especiais gerados no município. Sabe-se que as embalagens de agrotóxicos são devolvidas pelo consumidor ao comerciante, que as devolve ao fabricante.

Verificou-se que a maior parte dos resíduos sujeitos à logística reversa é entregue à coleta regular juntamente com resíduos sólidos urbanos.

Os pneus coletados através da coleta regular são armazenados em área coberta na usina (Figura 69) e, eventualmente, doados quando existe demanda. Assim, verifica-se que a maior parte dos resíduos sujeitos à logística reversa é acondicionada da mesma forma que os resíduos sólidos domiciliares/comerciais e entregue à coleta regular, juntamente com os resíduos sólidos urbanos.

Figura 69 - Local de armazenamento de pneus e resíduos volumosos da UTC



Fonte: SHS, 2017.



4.4.3. Identificação dos passivos ambientais e medidas saneadoras

Em julho de 2003, instalou-se a Usina de Triagem e Compostagem, para dar fim a um antigo lixão na entrada do município. Apesar de as atividades do lixão terem se encerrado, existem medidas saneadoras, que serão descritas adiante.

Segundo Consoni et al. (1995), lixão é uma forma inadequada de disposição final de resíduos sólidos, que se caracteriza pela sua simples descarga sobre o solo, sem medida de proteção ao meio ambiente ou à saúde pública. É o mesmo que descarga de resíduos a céu aberto. Os resíduos assim lançados acarretam problemas à saúde pública, como proliferação de vetores de doenças (moscas, mosquitos, baratas e ratos, entre outros), geração de mau cheiro e, principalmente, poluição do solo e das águas superficiais e subterrâneas através do chorume (líquido de cor preta, malcheiroso e de elevado potencial poluidor produzido pela decomposição da matéria orgânica contida no lixo), comprometendo os recursos hídricos.

As principais alterações ambientais causadas por depósitos de resíduos em lixões são:

- Espalhamento de materiais particulados (poeiras) e de materiais leves pelo vento.
- Liberação de gases e odores decorrentes da decomposição biológica anaeróbia da matéria orgânica.
- Desprendimento de fumaça e emanação de gases.
- Poluição visual.
- Poluição das águas superficiais e subterrâneas pela percolação do chorume.
- Infiltração de líquidos percolados.
- Degradação superficial do solo.
- Poluição visual.
- Alteração da paisagem.
- Surgimento e proliferação inadequada de animais.
- Desvalorização de áreas do entorno e do local de disposição final.

Assim, como medidas saneadoras adicionais para essa área, podem ser citadas:



- Instalação de poços de monitoramento, podendo ser feito pela Prefeitura Municipal ou empresa contratada.
- Implantação de sistema de segurança, como cercas, no entorno dessas áreas, para que não haja mais depósitos irregulares de resíduos.
- Implementação de sistema de drenagem de águas pluviais (controle de erosão), dos gases e dos percolados.
- Busca de soluções para o tratamento dos gases e percolados gerados.
- Levar em consideração a possibilidade de se realizar um Plano de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD), de acordo com as características de cada área.

O Manual Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos apresenta alguns procedimentos para recuperação de áreas de antigos lixões. São eles:

- Entrar em contato com funcionários antigos da empresa de limpeza urbana para se definir, com a precisão possível, a extensão da área que recebeu lixo.
- Delimitar a área, no campo, cercando-a completamente.
- Efetuar sondagens a trado para definir a espessura da camada de lixo ao longo da área degradada.
- Remover o lixo com espessura menor que um metro, empilhando-o sobre a zona mais espessa.
- Conformar os taludes laterais com a declividade de 1:3 (V:H).
- Conformar o platô superior com declividade mínima de 2%, na direção das bordas.
- Proceder à cobertura da pilha de lixo exposto com uma camada mínima de 50 cm de argila de boa qualidade, inclusive nos taludes laterais.
- Recuperar a área escavada com solo natural da região.
- Executar valetas retangulares de pé de talude, escavadas no solo, ao longo de todo o perímetro da pilha de lixo.
- Executar um ou mais poços de reunião para acumulação do chorume coletado pelas valetas.
- Construir poços verticais para drenagem de gás.



- Espalhar uma camada de solo vegetal, com 60 cm de espessura, sobre a camada de argila.
- Promover o plantio de espécies nativas de raízes curtas, preferencialmente gramíneas.
- Aproveitar três furos da sondagem realizada e implantar poços de monitoramento, sendo um a montante do lixão recuperado e dois a jusante.

Outro documento orientador que deve ser considerado nos processos de remediação de áreas contaminadas é a Resolução CONAMA nº 420/2009, que dispõe sobre critérios e valores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas, podendo ser utilizada juntamente com o Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas para a remediação dos passivos existentes nas áreas dos municípios consorciados.

Atualmente, o local encontra-se cercado e sem quaisquer atividades. Com a interrupção da disposição no lixão, 100 % dos resíduos começaram a ser encaminhados à usina. O aumento na demanda e a ausência de um programa de coleta seletiva no município dificultaram a operação e a eficiência da usina na recuperação de materiais recicláveis.

4.4.4. Geração de resíduos

4.4.4.1. Resíduos sólidos urbanos

Segundo a Prefeitura Municipal, são gerados, em média, 2.930 kg/dia de resíduos sólidos urbanos na sede e esse total é coletado. Já na área rural, não se tem estimativa de geração, mas são coletados aproximadamente 94 kg/semana.

Ressalta-se que não há estudos sobre a gravimetria dos resíduos sólidos urbanos do município. Poucos municípios do território nacional realizaram esse estudo e, dentre eles, é difícil encontrar algum que tenha tamanha semelhança com Pingo D'Água, no que diz respeito à população, IDH, entre outros fatores que afetam a geração de resíduos. Todavia, na versão preliminar do Plano Nacional de Resíduos Sólidos de 2012 (versão para consulta pública) são apresentados os valores médios da



composição gravimétrica típica dos resíduos sólidos urbanos gerados no Brasil, conforme mostrado no Quadro 21.

Quadro 21 - Estimativa da composição gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos coletados no Brasil

Resíduos	Participação (%)	Quantidade (t/dia)
Material reciclável	31,9	58.527,40
Metais	2,9	5.293,50
Aço	2,3	4.213,70
Alumínio	0,6	1.079,90
Papel, papelão e tetrapak	13,1	23.997,40
Plástico total	13,5	24.847,90
Plástico filme	8,9	16.399,60
Plástico rígido	4,6	8.448,30
Vidro	2,4	4.388,60
Matéria orgânica	51,4	94.335,10
Outros	16,7	30.618,90
Total	100,0	183.481,50

Fonte: IBGE, 2010 apud Ministério do Meio Ambiente, 2012.

4.4.4.2. Resíduos sólidos industriais

Não há atividade industrial no município.

4.4.4.3. Resíduos sólidos dos serviços de saúde

De acordo com informações da COLEFAR LTDA., era coletada mensalmente uma média de 100 kg de resíduos sólidos dos serviços de saúde.

4.4.4.4. Resíduos sólidos da construção civil

A Prefeitura Municipal não contabiliza a quantidade de RCC gerado ou coletado.

4.4.4.5. Resíduos de mineração

Não há atividade mineradora no município.



4.4.4.6. Resíduos especiais passíveis de logística reversa

A Prefeitura Municipal não mantém registro dos estabelecimentos que comercializam produtos que geram resíduos especiais. Não há um monitoramento sobre a geração média *per capita* de resíduos especiais gerados no município.

4.4.5. Soluções consorciadas

Em função do fim da vida útil da Usina de Reciclagem e Compostagem e das desvantagens econômicas de disposição final em aterros sanitários, localizados a distâncias significativas do município de Pingo D'Água, existe o interesse em soluções conjuntas. Com isso, os investimentos em coleta seletiva certamente serão prioritários, visando à diminuição da quantidade total de resíduos sólidos urbanos encaminhados para a disposição final adequada.

5. Projeções e estimativas de demanda dos serviços públicos de saneamento básico

5.1. Sistema de Abastecimento de Água

5.1.1. Projeção das demandas do Sistema de Abastecimento de Água

A fim de se estimar a demanda de água no município em um horizonte de 20 anos – de 2018 a 2038 – foram consideradas as projeções populacionais para este período, bem como os dados mais recentes para o índice de perdas, o consumo *per capita* e o índice de atendimento.

Inicialmente, foi calculada a demanda *per capita* com as perdas, através da Equação 1, considerando-se que não haja redução de perdas de água ou aumento do consumo *per capita*.

$$d = \frac{q \times 100}{100 - IP}$$

Equação 1

Em que: d = demanda *per capita* de água com as perdas (L/hab.dia);
 q = consumo *per capita* de água (L/hab.dia);
 IP = índice de perdas (%).



Em seguida, foi calculada a evolução da demanda, através da Equação 2, considerando-se as projeções populacionais e o incremento gradual do índice de atendimento até chegar a 100% em 2038.

$$D = \frac{d \times P \times IA}{10^5}$$

Equação 2

Em que: D = demanda de água (m³/dia);
d = demanda *per capita* de água com as perdas (L/hab.dia);
P = população projetada (hab.);
IA = índice de atendimento (%).

A demanda máxima de água é calculada multiplicando-se a demanda de água pelo coeficiente de máxima vazão diária (k1 = 1,2) e a demanda de reservação corresponde a 1/3 dessa demanda.

Posteriormente, foi realizado o balanço entre oferta e demanda, subtraindo-se da oferta de água atual, as demandas calculadas.

Segundo as informações da COPASA, o consumo *per capita* de água na sede é 168,41 L/hab.dia, o índice de perdas é de 21% e o atendimento é de 91,07%.

A fim de se estudar o sistema de abastecimento de água ao longo do horizonte do Plano, realizou-se uma projeção da demanda considerando o crescimento populacional e mantendo-se constantes os indicadores citados acima. Com base nos valores apresentados, foi calculada a evolução da demanda de água para o sistema que atende à sede (Quadro 22).



Quadro 22 - Projeção da demanda futura para a sede no cenário previsível

Ano	População urbana (hab.)	Índice de atendimento (%)	População urbana atendida (hab.)	Consumo per capita (L/hab.dia)	Índice de perdas (%)	Demanda per capita (L/hab.dia)	Demanda de água (m³/d)	Demanda de água máxima diária (m³/dia)	Demanda de reservação (m³/dia)
2017	4.552	91	4.146	168,41	21	213,18	883,73	1.060,47	353,49
2018	4.606	91	4.195	168,41	21	213,18	894,21	1.073,05	357,68
2019	4.667	91	4.250	168,41	21	213,18	906,05	1.087,26	362,42
2020	4.725	91	4.303	168,41	21	213,18	917,31	1.100,78	366,93
2021	4.776	91	4.350	168,41	21	213,18	927,21	1.112,66	370,89
2022	4.834	91	4.402	168,41	21	213,18	938,48	1.126,17	375,39
2023	4.887	91	4.451	168,41	21	213,18	948,76	1.138,52	379,51
2024	4.942	91	4.501	168,41	21	213,18	959,44	1.151,33	383,78
2025	4.992	91	4.546	168,41	21	213,18	969,15	1.162,98	387,66
2026	5.045	91	4.594	168,41	21	213,18	979,44	1.175,33	391,78
2027	5.093	91	4.638	168,41	21	213,18	988,76	1.186,51	395,50
2028	5.140	91	4.681	168,41	21	213,18	997,88	1.197,46	399,15
2029	5.185	91	4.722	168,41	21	213,18	1.006,62	1.207,94	402,65
2030	5.243	91	4.775	168,41	21	213,18	1.017,88	1.221,45	407,15
2031	5.292	91	4.819	168,41	21	213,18	1.027,39	1.232,87	410,96
2032	5.336	91	4.859	168,41	21	213,18	1.035,93	1.243,12	414,37
2033	5.379	91	4.899	168,41	21	213,18	1.044,28	1.253,14	417,71
2034	5.428	91	4.943	168,41	21	213,18	1.053,79	1.264,55	421,52
2035	5.472	91	4.983	168,41	21	213,18	1.062,34	1.274,80	424,93
2036	5.514	91	5.022	168,41	21	213,18	1.070,49	1.284,59	428,20
2037	5.561	91	5.064	168,41	21	213,18	1.079,62	1.295,54	431,85
2038	5.603	91	5.103	168,41	21	213,18	1.087,77	1.305,32	435,11

Fonte: SHS, 2017.



Determinada a demanda de água na área urbana ao longo do Plano, foi feito o balanço entre esse dado e a oferta de água no local para cada ano, até o fim do Plano.

Sendo assim, para a sede, que é atendida pela COPASA, foram considerados o valor da vazão tratada para os cálculos (12,26L/s) e o tempo de funcionamento da ETA de 15h/d. A partir desse valor, realizou-se o balanço da oferta e demanda do sistema de abastecimento de água, de acordo com as projeções populacionais analisadas. No Quadro 23 são apresentados os resultados do balanço da sede.

Quadro 23 - Balanço da oferta e demanda do SAA para a sede no cenário previsível

Ano	População urbana atendida (hab.)	Oferta de água (m ³ /d)	Demanda de água (m ³ /d)	Saldo do Balanço (m ³ /d)	Demanda de reservação (m ³ /dia)	Reservação atual (m ³)
2017	4.146	662,04	883,73	-221,69	353,49	180
2018	4.195	662,04	894,21	-232,17	357,68	180
2019	4.250	662,04	906,05	-244,01	362,42	180
2020	4.303	662,04	917,31	-255,27	366,93	180
2021	4.350	662,04	927,21	-265,17	370,89	180
2022	4.402	662,04	938,48	-276,44	375,39	180
2023	4.451	662,04	948,76	-286,72	379,51	180
2024	4.501	662,04	959,44	-297,40	383,78	180
2025	4.546	662,04	969,15	-307,11	387,66	180
2026	4.594	662,04	979,44	-317,40	391,78	180
2027	4.638	662,04	988,76	-326,72	395,50	180
2028	4.681	662,04	997,88	-335,84	399,15	180
2029	4.722	662,04	1.006,62	-344,58	402,65	180
2030	4.775	662,04	1.017,88	-355,84	407,15	180
2031	4.819	662,04	1.027,39	-365,35	410,96	180
2032	4.859	662,04	1.035,93	-373,89	414,37	180



Ano	População urbana atendida (hab.)	Oferta de água (m ³ /d)	Demanda de água (m ³ /d)	Saldo do Balanço (m ³ /d)	Demanda de reservação (m ³ /dia)	Reservação atual (m ³)
2033	4.899	662,04	1.044,28	-382,24	417,71	180
2034	4.943	662,04	1.053,79	-391,75	421,52	180
2035	4.983	662,04	1.062,34	-400,30	424,93	180
2036	5.022	662,04	1.070,49	-408,45	428,20	180
2037	5.064	662,04	1.079,62	-417,58	431,85	180
2038	5.103	662,04	1.087,77	-425,73	435,11	180

Fonte: SHS, 2017.

Os resultados apontam que a ETA em funcionamento na sede não apresenta capacidade suficiente para atender às demandas atuais e futuras e a capacidade de reservação atual não condiz com o necessário para o funcionamento ideal do sistema.

Segundo Von Sperling (2014), em municípios com até 10 mil habitantes, o consumo per capita está entre 90 e 160L/hab.dia. Sendo assim, adotou-se o valor de 150L/hab.dia como valor de consumo a ser atingido.

De acordo com o exposto, as metas relacionadas com a demanda de água serão as seguintes:

- Prazo imediato – Atendimento de 100% da população urbana (em 3 anos).
- Longo prazo – Atingir índice de perdas igual a 20% (de 13 a 20 anos).

Ressalta-se que o mínimo estabelecido para o Índice de Perdas é 15%, pois é plausível, conforme estabelecido nos seminários. Nesse sentido, quando o município atinge esse valor, as metas se modificam para manter tal taxa.

Com base nesses valores, foi calculada a evolução da demanda de água para o sistema que atende à sede (Quadro 24).



Quadro 24 - Projeção da demanda futura para a sede no cenário normativo

Ano	População urbana (hab.)	Índice de atendimento (%)	População urbana atendida (hab.)	Consumo per capita (L/hab.dia)	Índice de perdas (%)	Demanda per capita (L/hab.dia)	Demanda de água (m³/d)	Demanda de água máxima diária (m³/dia)	Reservação (m³/dia)
2017	4.552	91,07	4.146	168	21,0	213	883,73	1.060,47	353,49
2018	4.606	91,07	4.195	168	21,0	213	894,21	1.073,05	357,68
2019	4.667	94,05	4.389	167	21,0	212	929,97	1.115,96	371,99
2020	4.725	97,02	4.584	167	20,9	211	965,37	1.158,45	386,15
2021	4.776	100,00	4.776	166	20,9	209	999,54	1.199,45	399,82
2022	4.834	100,00	4.834	165	20,8	208	1.005,42	1.206,51	402,17
2023	4.887	100,00	4.887	164	20,8	207	1.010,13	1.212,15	404,05
2024	4.942	100,00	4.942	163	20,7	205	1.015,12	1.218,14	406,05
2025	4.992	100,00	4.992	162	20,7	204	1.018,95	1.222,74	407,58
2026	5.045	100,00	5.045	161	20,6	203	1.023,27	1.227,93	409,31
2027	5.093	100,00	5.093	160	20,6	202	1.026,46	1.231,75	410,58
2028	5.140	100,00	5.140	159	20,5	200	1.029,33	1.235,19	411,73
2029	5.185	100,00	5.185	158	20,5	199	1.031,68	1.238,02	412,67
2030	5.243	100,00	5.243	157	20,4	198	1.036,51	1.243,81	414,60
2031	5.292	100,00	5.292	156	20,4	196	1.039,42	1.247,31	415,77
2032	5.336	100,00	5.336	156	20,3	195	1.041,24	1.249,49	416,50
2033	5.379	100,00	5.379	155	20,3	194	1.042,77	1.251,32	417,11
2034	5.428	100,00	5.428	154	20,2	193	1.045,35	1.254,41	418,14
2035	5.472	100,00	5.472	153	20,2	191	1.046,85	1.256,22	418,74
2036	5.514	100,00	5.514	152	20,1	190	1.047,87	1.257,45	419,15
2037	5.561	100,00	5.561	151	20,1	189	1.049,74	1.259,69	419,90
2038	5.603	100,00	5.603	150	20,0	188	1.050,56	1.260,68	420,23

Fonte: SHS, 2017.



Considerando-se que a oferta não se altere até o horizonte de planejamento, foi realizado o balanço da oferta e demanda do sistema de abastecimento de água, de acordo com a projeção populacional analisada (Quadro 25).

Quadro 25 - Balanço da oferta e demanda do SAA para a sede no cenário normativo

Ano	População urbana atendida (hab.)	Oferta de água (m ³ /d)	Demanda de água (m ³ /d)	Saldo do Balanço (m ³ /d)	Demanda de reservação (m ³ /dia)	Reservação atual (m ³)
2017	4.146	662,04	883,73	-221,69	353,49	180
2018	4.195	662,04	894,21	-232,17	357,68	180
2019	4.389	662,04	929,97	-267,93	371,99	180
2020	4.584	662,04	965,37	-303,33	386,15	180
2021	4.776	662,04	999,54	-337,50	399,82	180
2022	4.834	662,04	1005,42	-343,38	402,17	180
2023	4.887	662,04	1010,13	-348,09	404,05	180
2024	4.942	662,04	1015,12	-353,08	406,05	180
2025	4.992	662,04	1018,95	-356,91	407,58	180
2026	5.045	662,04	1023,27	-361,23	409,31	180
2027	5.093	662,04	1026,46	-364,42	410,58	180
2028	5.140	662,04	1029,33	-367,29	411,73	180
2029	5.185	662,04	1031,68	-369,64	412,67	180
2030	5.243	662,04	1036,51	-374,47	414,60	180
2031	5.292	662,04	1039,42	-377,38	415,77	180
2032	5.336	662,04	1041,24	-379,20	416,50	180
2033	5.379	662,04	1042,77	-380,73	417,11	180
2034	5.428	662,04	1045,35	-383,31	418,14	180
2035	5.472	662,04	1046,85	-384,81	418,74	180
2036	5.514	662,04	1047,87	-385,83	419,15	180
2037	5.561	662,04	1049,74	-387,70	419,90	180
2038	5.603	662,04	1050,56	-388,52	420,23	180

Fonte: SHS, 2017.



Neste novo cenário, foi verificada uma diminuição na demanda de água, mas nem ao final do Plano a oferta conseguirá atender à demanda. Com relação à capacidade de reservação, os resultados apontam ainda haver necessidade de ampliação da capacidade.

5.1.2. Descrição dos principais mananciais e definição de alternativas técnicas de Engenharia para atendimento da demanda

5.1.2.1. Sede

Atualmente, a captação de água da sede é realizada no ribeirão Sacramento (UTM 23K 772.227,37m E; 7.817.721,05m S), cuja vazão está outorgada para 15 L/s, mas são captados 12 L/s. Com o intuito de se avaliar a vazão disponível para a captação superficial, foi calculada a vazão $Q_{7,10}$, que é a vazão mínima de sete dias de duração e período de retorno de 10 anos, com base nos dados fornecidos pelo Atlas Digital das Águas de Minas.

Conforme a Resolução Conjunta nº 1548, de 29 de março 2012, da Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMAD) / Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM), em seu artigo 2º, o limite máximo da vazão de captação é de 50% da vazão $Q_{7,10}$ do manancial, ficando garantidos a jusante de cada derivação, fluxos residuais mínimos equivalentes a 50% da vazão $Q_{7,10}$. Sendo assim, foram comparados os valores das vazões outorgável e captada, como é apresentado no Quadro 26.

Quadro 26 - Vazões no manancial utilizado na sede

Manancial	$Q_{7,10}$ (L/s)	$Q_{outorgável}$ (L/s)	$Q_{captada}$ (L/s)
Ribeirão Sacramento	336,44	168,22	12

Fonte: SHS, 2017.

Como pode ser verificado no quadro exposto, a vazão de captação é menor que a outorgável. Logo, conclui-se que a captação no local é realizada em conformidade com relação à resolução mencionada.

A fim de se averiguar o quadro do SAA no futuro, foi realizado um balanço entre a vazão outorgável do manancial utilizados atualmente e a demanda futura de água (Quadro 27).



Quadro 27 - Balanço entre a vazão outorgável no manancial e a demanda futura da sede

Ano	Vazão outorgável (L/s)	Demanda - Cenário Previsível (L/s)	Demanda - Cenário Normativo (L/s)
	Ribeirão Sacramento		
2017	168,22	10,2	10,2
2018	168,22	10,3	10,3
2019	168,22	10,5	10,8
2020	168,22	10,6	11,2
2021	168,22	10,7	11,6
2022	168,22	10,9	11,6
2023	168,22	11,0	11,7
2024	168,22	11,1	11,7
2025	168,22	11,2	11,8
2026	168,22	11,3	11,8
2027	168,22	11,4	11,9
2028	168,22	11,5	11,9
2029	168,22	11,7	11,9
2030	168,22	11,8	12,0
2031	168,22	11,9	12,0
2032	168,22	12,0	12,1
2033	168,22	12,1	12,1
2034	168,22	12,2	12,1
2035	168,22	12,3	12,1
2036	168,22	12,4	12,1
2037	168,22	12,5	12,1
2038	168,22	12,6	12,2

Fonte: SHS, 2017.



A despeito da importância do conhecimento da qualidade da água dos corpos hídricos, não foram encontradas informações referentes ao trecho do rio em questão pertencente ao município para se verificar a qualidade da água que é utilizada para o abastecimento. Logo, é necessário realizar análises laboratoriais da água captada e da tratada, para saber se a água utilizada é adequada para o abastecimento.

Quanto a mananciais alternativos, ao se avaliar, de forma preliminar, as condições de viabilidade econômico-financeira e de segurança no que concerne à qualidade da água, a melhor solução para a captação de água visando ao abastecimento público seria o manancial subterrâneo, visto que seu empreendimento, via de regra, é menos oneroso ao município que a captação superficial feita em locais ermos e distantes dos pontos de tratamento e distribuição.

Também é comum que a qualidade da água do manancial subterrâneo supere a do manancial superficial. Nesse sentido, propõe-se que sejam perfurados poços próximos à ETA ou à captação atual, com o intuito de verificar duas possibilidades:

- a de se manter a captação subterrânea como reserva da superficial, para ser utilizada em casos de emergência ou de contingência (reparos, etc.).

- a de substituição do atual manancial, caso os testes de qualidade e quantidade forem favoráveis.

Além disso, o presente PMSB propõe um manancial superficial alternativo para a captação que seja adequado para o abastecimento público da sede. Para tanto, foram considerados os seguintes critérios:

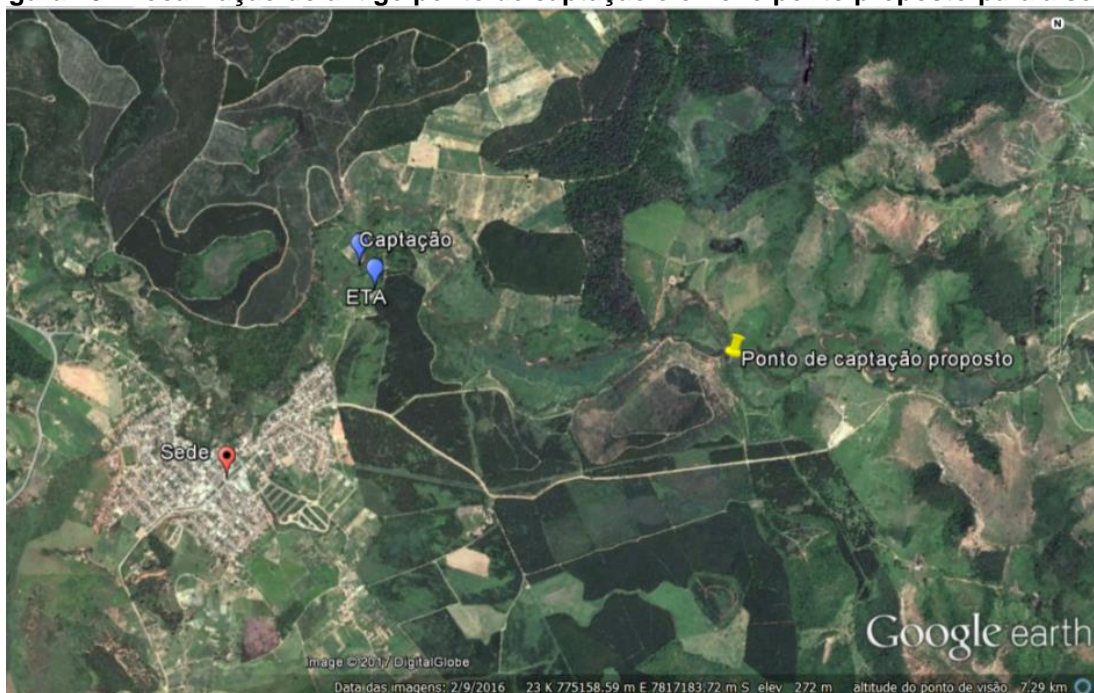
- Proximidade com a sede: o manancial deve se localizar próximo ao município para se reduzir o gasto no sistema de adução, além de diminuir a perda de água durante esse processo.
- Disponibilidade hídrica: a vazão outorgável calculada a partir da $Q_{7,10}$ do manancial deve atender à demanda da população.
- Qualidade da água: a água do manancial deve apresentar qualidade adequada para ser destinada ao consumo humano ainda que demande tratamento, assim, considerou-se:
 - As condições da mata ciliar, que deve estar bem conservada para garantir uma melhor qualidade da água do manancial.



- O ponto de captação no manancial alternativo, que não deve receber esgotos ou efluentes de indústrias.

Considerando-se esses critérios, foi selecionado um ponto de captação no córrego Carvalho. A localização do ponto de captação sugerido é mostrada na Figura 70 e na Figura 71.

Figura 70 - Localização do antigo ponto de captação e o novo ponto proposto para a sede



Fonte: Adaptado de Google Earth, 2017.

Figura 71 - Visão panorâmica do local proposto para a sede



Fonte: Adaptado de Google Earth, 2015.



O local mostrado nas figuras fica a 2,1km de distância da ETA em linha reta e, assim, será preciso verificar as possibilidades de adução de 2,1km até a ETA.

O Quadro 28 apresenta os dados referentes ao manancial, os quais foram obtidos no Atlas Digital das Águas de Minas e com o uso da ferramenta AutoCAD. Com base na vazão outorgável do corpo hídrico, foi feita a comparação entre esta e a demanda futura, como é mostrado no Quadro 29.

Quadro 28 - Dados referentes ao manancial de captação proposto para a sede

Manancial	Coordenadas UTM - Pontos avaliados		Área da bacia de contribuição (km ²)	Vazões (L/s)	
	Sul	Leste		Q _{7,10}	Q _{outorgável}
Córrego Carvalho	7.817.107 m	774.390 m	6,1591	24,38	12,19

Fonte: SHS, 2017.

Quadro 29 - Balanço entre a vazão outorgável no manancial recomendado para a sede e a demanda futura

Ano	Vazão outorgável (L/s)	Demanda - Cenário Previsível (L/s)	Demanda - Cenário Normativo (L/s)
	Córrego Carvalho		
2017	12,19	10,2	10,2
2018	12,19	10,3	10,3
2019	12,19	10,5	10,8
2020	12,19	10,6	11,2
2021	12,19	10,7	11,6
2022	12,19	10,9	11,6
2023	12,19	11,0	11,7
2024	12,19	11,1	11,7
2025	12,19	11,2	11,8
2026	12,19	11,3	11,8
2027	12,19	11,4	11,9
2028	12,19	11,5	11,9
2029	12,19	11,7	11,9



Ano	Vazão outorgável (L/s)	Demanda - Cenário Previsível (L/s)	Demanda - Cenário Normativo (L/s)
	Córrego Carvalho		
2030	12,19	11,8	12,0
2031	12,19	11,9	12,0
2032	12,19	12,0	12,1
2033	12,19	12,1	12,1
2034	12,19	12,2	12,1
2035	12,19	12,3	12,1
2036	12,19	12,4	12,1
2037	12,19	12,5	12,1
2038	12,19	12,6	12,2

Fonte: SHS, 2017.

Como pode ser verificado no quadro apresentado, a vazão outorgável do novo manancial proposto é suficiente para atender às demandas atuais e futuras no cenário normativo, mesmo com o aumento das mesmas. Para o cenário previsível, o manancial não atenderia às demandas a partir de 2034.

A qualidade do rio no ponto em questão é considerada de classe 2, conforme o PIRH – Bacia do Rio Doce (2010). Todavia, existe a necessidade de aferir novamente a qualidade neste ponto, afinal não há monitoramento do IGAM nos cursos propostos.

5.1.2.2. Áreas rurais

Com relação às alternativas isoladas empregadas nas áreas rurais, como foi levantado no diagnóstico, na maioria dos casos a água é captada em poços e nascentes e é conduzida diretamente para o abastecimento das residências, sem passar por processos de tratamento antes do seu consumo. Nesse caso, é preciso que sejam implementadas medidas simples de tratamento da água.

Nos casos em que são utilizados os poços de captação, deve-se realizar o tratamento por desinfecção pelo processo de cloração antes do seu consumo.

O cloro é um produto de baixo custo e tem a capacidade de eliminar as bactérias patogênicas presentes na água. Para a aplicação na etapa de desinfecção da água, o cloro deve ser dosado em concentrações corretas.

Uma das opções de estrutura de tratamento por cloração que pode ser utilizado em áreas rurais é o *Clorador EMBRAPA*. Este equipamento de adição de cloro pode ser construído com baixo custo e utilizando-se materiais de fácil acesso (casas de construção). O funcionamento dá-se pela aplicação diária de 1,5g a 2g de hipoclorito de cálcio a cada metro cúbico de água, atendendo assim à Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde. A Figura 72 ilustra esquematicamente como se dá esse processo de cloração.

Figura 72 - Esquema do sistema de cloração desenvolvido pela Embrapa



Fonte: Embrapa, 2013.



Como pode ser visto na ilustração sobre o equipamento, a água captada passa pelo processo de cloração e então deve ser encaminhada para o reservatório. Do reservatório, a água então deve ser distribuída às residências.

Além dos processos adequados de perfuração dos poços, captação e tratamento, deve haver a manutenção adequada dos mesmos. A Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Minas Gerais (EMATER-MG) recomenda que sejam feitas a limpeza e a desinfecção dos poços ao menos uma vez ao ano.

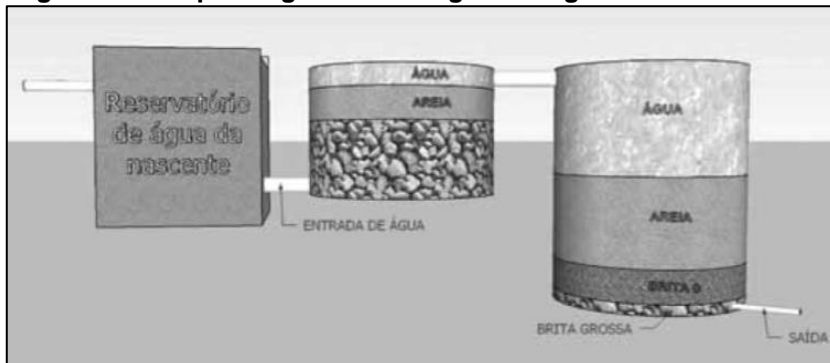
Quanto às captações realizadas em minas, é recomendado que seja implementado um sistema de filtração seguido de desinfecção por cloro. Esse sistema seria composto pelas etapas de captação, reservação da água bruta, pré-filtração, filtração lenta e cloração. A EMATER-MG fornece informações mais detalhadas sobre esse método de tratamento de água.

De acordo com a empresa, após a captação, a água bruta deve ser armazenada em um reservatório. Após a reservação, a água bruta passa pelo processo de pré-filtração. Esse filtro tem como função remover os materiais sólidos e, juntamente com esses materiais, remover parte da carga bacteriológica da água bruta.

Em seguida, na etapa de filtração lenta, as impurezas da água, como sujeiras e parte dos microrganismos, são retidas no meio poroso o qual é utilizado no filtro. Como resultado, tem-se a melhoria de alguns parâmetros de qualidade, como cor, turbidez, sólidos suspensos e coliformes.

A estrutura do filtro é composta por recipientes (em alvenaria, PVC ou fibra de vidro) que possuem elementos pétreos inertes com diferentes granulometrias, sobrepostas em camadas de texturas finas até mais grossas. Em relação ao meio poroso, utiliza-se a areia como sua composição. A Figura 73 mostra o esquema completo do sistema de filtração descrito.

Figura 73 - Esquema geral de filtração de água de uma nascente



Fonte: EMATER-MG, 2012.

Posteriormente ao tratamento por meio de filtração, conforme descreve a EMATER-MG, deve haver a etapa de cloração, a fim de se garantir a potabilidade da água e conseqüentemente não causar danos à saúde da população abastecida. Para a aplicação do cloro, pode-se instalar a estrutura do *Clorador EMBRAPA* apresentado na Figura 72.

5.2. Sistema de Esgotamento Sanitário

5.2.1. Estimativa da demanda de esgotamento sanitário

A fim de se estimar a geração de esgotos no município em um horizonte de planejamento de vinte anos – de 2018 a 2038 – foram consideradas as projeções populacionais para esses anos, bem como dados fornecidos pelo SNIS e parâmetros adotados com base em dados da literatura e em estudos previamente elaborados.

Inicialmente, foram calculadas as vazões média, máxima diária, máxima horária e mínima de esgotos domésticos através da Equação 3, Equação 4, Equação 5 e Equação 6, apresentadas a seguir.

Vazão média ($Qd_{méd}$):

$$Qd_{méd} = P \times q \times C$$

Equação 3

Vazão máxima horária ($Qd_{máxh}$):

$$Qd_{máxh} = P \times q \times C \times k_1 \times k_2$$

Equação 5

Vazão máxima diária ($Qd_{máxd}$):

$$Qd_{máxd} = P \times q \times C \times k_1$$

Equação 4

Vazão mínima (Qd_{min}):

$$Qd_{min} = P \times q \times C \times k_3$$

Equação 6



Em que: Q_d = vazão de esgotos domésticos (L/s);
 P = população atendida (habitantes);
 q = consumo de água *per capita* (L/hab.dia);
 C = coeficiente de retorno;
 k_1 = coeficiente de máxima vazão diária;
 k_2 = coeficiente de máxima vazão horária;
 k_3 = coeficiente de mínima vazão.

Em seguida, através da Equação 7 e com a estimativa do comprimento da rede de esgotos e taxa de infiltração adotada, foi calculada a evolução da vazão de infiltração.

$$Q_{inf} = L \times i$$

Equação 7

Em que: Q_{inf} = vazão de infiltração (L/s);
 L = comprimento da rede de esgotos (km);
 i = taxa de infiltração de água na rede de esgotos (L/s.km).

Por fim, foram calculadas as vazões sanitárias, somando-se as vazões de esgotos e a contribuição de infiltração, como nas equações apresentadas a seguir (Equação 8, Equação 9, Equação 10 e Equação 11).

Vazão média ($Q_{s\text{méd}}$):

$$Q_{s\text{méd}} = Q_{d\text{méd}} + Q_{inf}$$

Equação 8

Vazão máxima horária ($Q_{s\text{máxh}}$):

$$Q_{s\text{máxh}} = Q_{d\text{máxh}} + Q_{inf}$$

Equação 10

Vazão máxima diária ($Q_{s\text{máxd}}$):

$$Q_{s\text{máxd}} = Q_{d\text{máxd}} + Q_{inf}$$

Equação 9

Vazão mínima ($Q_{d\text{mín}}$):

$$Q_{s\text{mín}} = Q_{d\text{mín}} + Q_{inf}$$

Equação 11

Estimando-se as vazões, cargas e concentrações a partir do consumo atual, fornecido pelo SNIS, é possível que se obtenha dados mais próximos da realidade. Dessa forma, pode-se propor alternativas mais ajustadas à realidade local, sem



superestimar ou subestimar o sistema de esgotamento sanitário. De qualquer modo, é importante que estudos mais aprofundados e pautados em dados mais atualizados sejam realizados antes de se projetar uma alternativa para o tratamento dos esgotos sanitários.

Segundo dados fornecidos pelo SNIS, o consumo médio *per capita* de água é 168,41 L/hab.dia. Adotando-se os coeficientes $C = 0,8$, $k_1 = 1,2$; $k_2 = 1,5$; e $k_3 = 0,5$ e com base na população prevista a ser atendida pelo sistema de esgotamento sanitário, foram calculadas as vazões de esgotos domésticos.

Foram considerados dois cenários para as projeções: o previsível e o normativo. Para o cenário previsível, considerou-se que o consumo de água *per capita* não varia com o passar dos anos, assim como é mantida constante a porcentagem da população atendida em 2017. Para o cenário normativo, considerou-se que o consumo de água *per capita* varia com o passar dos anos, como já apresentado nas projeções do sistema de abastecimento de água, onde as metas propostas são implantadas no município.

Para Pingo D'Água, o consumo diminuirá até atingir o valor de 150 L/hab.dia em 2025, mantendo-se constante até 2038. Com relação ao índice de atendimento, foi utilizado o valor de 91,3 % para ambos os cenários. O Quadro 30 apresenta os resultados obtidos para o cenário previsível do município.

Quadro 30 - Evolução da vazão de esgoto doméstico do município de Pingo D'Água no cenário previsível

Ano	População urbana (hab.)	Índice de atendimento (%)	População urbana atendida (hab.)	Consumo <i>per capita</i> de água (L/hab.dia)	Vazão esgoto doméstico (L/s)			
					Mínima	Média	Máxima diária	Máxima horária
2017	4.552	91,3	4.156	168,41	3,55	7,10	8,52	12,78
2018	4.606	91,3	4.205	168,41	3,59	7,18	8,62	12,93
2019	4.667	91,3	4.261	168,41	3,64	7,28	8,73	13,10
2020	4.725	91,3	4.314	168,41	3,68	7,37	8,84	13,26
2021	4.776	91,3	4.360	168,41	3,72	7,45	8,94	13,41
2022	4.834	91,3	4.413	168,41	3,77	7,54	9,05	13,57



Ano	População urbana (hab.)	Índice de atendimento (%)	População urbana atendida (hab.)	Consumo per capita de água (L/hab.dia)	Vazão esgoto doméstico (L/s)			
					Mínima	Média	Máxima diária	Máxima horária
2023	4.887	91,3	4.462	168,41	3,81	7,62	9,14	13,72
2024	4.942	91,3	4.512	168,41	3,85	7,71	9,25	13,87
2025	4.992	91,3	4.558	168,41	3,89	7,78	9,34	14,01
2026	5.045	91,3	4.606	168,41	3,93	7,87	9,44	14,16
2027	5.093	91,3	4.650	168,41	3,97	7,94	9,53	14,30
2028	5.140	91,3	4.693	168,41	4,01	8,02	9,62	14,43
2029	5.185	91,3	4.734	168,41	4,04	8,09	9,70	14,55
2030	5.243	91,3	4.787	168,41	4,09	8,18	9,81	14,72
2031	5.292	91,3	4.832	168,41	4,13	8,25	9,90	14,85
2032	5.336	91,3	4.872	168,41	4,16	8,32	9,98	14,98
2033	5.379	91,3	4.911	168,41	4,19	8,39	10,07	15,10
2034	5.428	91,3	4.956	168,41	4,23	8,46	10,16	15,24
2035	5.472	91,3	4.996	168,41	4,27	8,53	10,24	15,36
2036	5.514	91,3	5.034	168,41	4,30	8,60	10,32	15,48
2037	5.561	91,3	5.077	168,41	4,34	8,67	10,41	15,61
2038	5.603	91,3	5.116	168,41	4,37	8,74	10,48	15,73

Fonte: SHS, 2017.

Para o cálculo das vazões de infiltração, foi adotada uma taxa de infiltração de 0,2 L/s.km (JORDÃO E PESSÔA, 2005). De acordo com o SNIS, em 2011, a extensão da rede existente era igual a 20,51 km e o número de habitantes da área urbana atendida pelo sistema de esgotamento sanitário era de 4.078 habitantes.

Assim, a extensão prevista da rede para cada ano a partir de 2017 foi estimada considerando-se o incremento da população projetada e uma taxa de crescimento da rede de 3 m/hab. Com base nesses valores, foram obtidas as vazões de infiltração, que



serão utilizadas nos cálculos das projeções para o cenário previsível. O Quadro 31 apresenta os resultados obtidos para Pingo D'Água.

Quadro 31 - Evolução da contribuição de infiltração do município de Pingo D'Água

Ano	População urbana atendida (hab.)	Extensão (m)			Contribuição de infiltração	
		Existente	Prevista	Total	Taxa (L/s.Km)	Vazão (L/s)
2017	4.156	21.367	162	21.529	0,2	4,31
2018	4.205	21.529	148	21.677	0,2	4,34
2019	4.261	21.677	167	21.844	0,2	4,37
2020	4.314	21.844	159	22.003	0,2	4,40
2021	4.360	22.003	140	22.142	0,2	4,43
2022	4.413	22.142	159	22.301	0,2	4,46
2023	4.462	22.301	145	22.446	0,2	4,49
2024	4.512	22.446	151	22.597	0,2	4,52
2025	4.558	22.597	137	22.734	0,2	4,55
2026	4.606	22.734	145	22.879	0,2	4,58
2027	4.650	22.879	131	23.011	0,2	4,60
2028	4.693	23.011	129	23.139	0,2	4,63
2029	4.734	23.139	123	23.263	0,2	4,65
2030	4.787	23.263	159	23.422	0,2	4,68
2031	4.832	23.422	134	23.556	0,2	4,71
2032	4.872	23.556	121	23.676	0,2	4,74
2033	4.911	23.676	118	23.794	0,2	4,76
2034	4.956	23.794	134	23.928	0,2	4,79
2035	4.996	23.928	121	24.049	0,2	4,81
2036	5.034	24.049	115	24.164	0,2	4,83
2037	5.077	24.164	129	24.293	0,2	4,86
2038	5.116	24.293	115	24.408	0,2	4,88

Fonte: SHS, 2017.



Conhecendo-se a vazão de esgotos e de infiltração, foi determinada a vazão sanitária, que é a soma da vazão de esgotos doméstica com a vazão de infiltração. Os valores obtidos para o cenário previsível do município encontram-se no Quadro 32.

Quadro 32 - Evolução da vazão sanitária para o cenário previsível do município de Pingo D'Água

Ano	População urbana atendida (hab.)	Vazão sanitária (L/s)			
		Mínima	Média	Máxima diária	Máxima horária
2017	4.156	7,85	11,40	12,82	17,08
2018	4.205	7,93	11,52	12,95	17,26
2019	4.261	8,01	11,65	13,10	17,47
2020	4.314	8,08	11,77	13,24	17,66
2021	4.360	8,15	11,88	13,37	17,83
2022	4.413	8,23	12,00	13,51	18,03
2023	4.462	8,30	12,11	13,63	18,21
2024	4.512	8,37	12,23	13,77	18,39
2025	4.558	8,44	12,33	13,89	18,56
2026	4.606	8,51	12,44	14,02	18,74
2027	4.650	8,57	12,54	14,13	18,90
2028	4.693	8,64	12,64	14,25	19,06
2029	4.734	8,70	12,74	14,35	19,21
2030	4.787	8,77	12,86	14,50	19,40
2031	4.832	8,84	12,96	14,61	19,56
2032	4.872	8,90	13,06	14,72	19,71
2033	4.911	8,95	13,15	14,82	19,86
2034	4.956	9,02	13,25	14,94	20,02
2035	4.996	9,08	13,34	15,05	20,17
2036	5.034	9,13	13,43	15,15	20,31
2037	5.077	9,19	13,53	15,26	20,47
2038	5.116	9,25	13,62	15,37	20,61

Fonte: SHS, 2017.



A partir da vazão sanitária, é possível calcular a estimativa de carga orgânica bruta e concentração inicial de DBO e coliformes fecais (termotolerantes). Segundo Von Sperling (2014), para esgotos predominantemente domésticos, é adotado como contribuição de carga orgânica *per capita* de DBO o valor de 54 gDBO/hab.dia. Com base nesse valor e na estimativa populacional e de vazão para o período, é possível calcular a carga orgânica bruta (Equação 12) e a concentração inicial de DBO (Equação 13) para cada ano do cenário previsível.

Carga orgânica bruta

$$= \text{População} \times \text{Carga orgânica per capita}$$

Equação 12

$$\text{Concentração inicial de DBO} = \frac{\text{Carga orgânica}}{\text{Vazão}}$$

Equação 13

Os resultados para o cenário previsível de Pingo D'Água são apresentados no Quadro 33.

Quadro 33 - Evolução da carga orgânica bruta e concentração inicial de DBO para o cenário previsível do município de Pingo D'Água

Ano	População urbana atendida (hab.)	Vazão média (L/s)	Vazão sanitária média (m ³ /d)	Contribuição <i>per capita</i> de DBO (gDBO/hab.dia)	Carga bruta de DBO (kg/dia)	Concentração inicial de DBO (mg/L)
2017	4.156	11,40	985,30	54	224,42	227,77
2018	4.205	11,52	995,13	54	227,09	228,20
2019	4.261	11,65	1.006,24	54	230,09	228,67
2020	4.314	11,77	1.016,80	54	232,95	229,10
2021	4.360	11,88	1.026,08	54	235,47	229,48
2022	4.413	12,00	1.036,64	54	238,33	229,90
2023	4.462	12,11	1.046,29	54	240,94	230,28
2024	4.512	12,23	1.056,30	54	243,65	230,66
2025	4.558	12,33	1.065,41	54	246,12	231,01
2026	4.606	12,44	1.075,06	54	248,73	231,36



Ano	População urbana atendida (hab.)	Vazão média (L/s)	Vazão sanitária média (m ³ /d)	Contribuição <i>per capita</i> de DBO (gDBO/hab.dia)	Carga bruta de DBO (kg/dia)	Concentração inicial de DBO (mg/L)
2027	4.650	12,54	1.083,79	54	251,10	231,68
2028	4.693	12,64	1.092,35	54	253,41	231,99
2029	4.734	12,74	1.100,54	54	255,63	232,28
2030	4.787	12,86	1.111,10	54	258,49	232,64
2031	4.832	12,96	1.120,02	54	260,91	232,95
2032	4.872	13,06	1.128,03	54	263,08	233,22
2033	4.911	13,15	1.135,86	54	265,20	233,47
2034	4.956	13,25	1.144,78	54	267,61	233,77
2035	4.996	13,34	1.152,79	54	269,78	234,02
2036	5.034	13,43	1.160,44	54	271,85	234,27
2037	5.077	13,53	1.169,00	54	274,17	234,53
2038	5.116	13,62	1.176,64	54	276,24	234,77

Fonte: SHS, 2017.

Através da Equação 14 e da Equação 15, calcula-se a carga de DBO removida e a concentração removida de DBO para cada ano do cenário previsível.

$$\begin{aligned} & \text{Carga DBO removida} \\ & = \text{População} \times \text{Carga per capita} \end{aligned}$$

Equação 14

$$\text{Concentração final de DBO} = \frac{\text{Carga DBO removida}}{\text{Vazão}}$$

Equação 15

O Quadro 34 apresenta a evolução da carga removida de DBO e concentração removida de DBO para o cenário previsível, considerando 70% de eficiência de remoção.



Quadro 34 - Evolução da carga orgânica removida e concentração removida de DBO para o cenário previsível do município de Pingo D'Água

Ano	População urbana atendida (hab.)	Vazão sanitária média (L/s)	Carga removida de DBO (kg/dia), considerando eficiência típica de remoção de 70%	Concentração removida de DBO (mg/L), considerando eficiência típica de remoção de 70%
2017	4.156	11,40	157,10	159,44
2018	4.205	11,76	158,96	156,47
2019	4.261	11,89	161,06	156,79
2020	4.314	12,02	163,07	157,08
2021	4.360	12,13	164,83	157,33
2022	4.413	12,25	166,83	157,62
2023	4.462	12,36	168,66	157,87
2024	4.512	12,48	170,56	158,13
2025	4.558	12,59	172,28	158,36
2026	4.606	12,71	174,11	158,60
2027	4.650	12,81	175,77	158,81
2028	4.693	12,91	177,39	159,02
2029	4.734	13,01	178,94	159,21
2030	4.787	13,13	180,94	159,46
2031	4.832	13,24	182,63	159,66
2032	4.872	13,33	184,15	159,84
2033	4.911	13,43	185,64	160,01
2034	4.956	13,53	187,33	160,21
2035	4.996	13,63	188,85	160,38
2036	5.034	13,72	190,30	160,55
2037	5.077	13,82	191,92	160,72
2038	5.116	13,91	193,37	160,88

Fonte: SHS, 2017.



Ainda segundo Von Sperling (2014), a contribuição *per capita* de coliformes fecais termotolerantes, para esgotos predominantemente domésticos encontra-se em uma faixa de 10^9 a 10^{12} org/hab.dia. Adota-se para esse cálculo o valor de 10^{11} org/hab.dia. Com base nesse valor e na estimativa populacional e de vazão para o período, é possível calcular a carga orgânica bruta de coliformes fecais termotolerantes (CFT) (Equação 16 e Equação 17) para cada ano do cenário previsível.

$$\begin{aligned} & \text{Carga bruta de CFT} \\ & = \text{População} \times \text{Carga per capita} \end{aligned}$$

Equação 16

$$\begin{aligned} & \text{Concentração inicial de CFT} \\ & = \frac{\text{Carga bruta de CFT}}{\text{Vazão}} \end{aligned}$$

Equação 17

Os resultados obtidos, a partir desses cálculos, para o cenário previsível do município de Pingo D'Água estão apresentados no Quadro 35.

Quadro 35 - Evolução da carga e concentração de coliformes fecais termotolerantes para o cenário previsível do município de Pingo D'Água

Ano	População urbana atendida (hab.)	Vazão média (L/s)	Vazão sanitária média (m³/d)	Contribuição <i>per capita</i> de coliformes fecais termotolerantes (org/hab.dia)	Carga inicial de coliformes (org/dia)	Concentração inicial (org/100 mL)
2017	4.156	11,40	985,30	1,00E+11	4,16E+14	4,22E+07
2018	4.205	11,52	995,13	1,00E+11	4,21E+14	4,23E+07
2019	4.261	11,65	1.006,24	1,00E+11	4,26E+14	4,23E+07
2020	4.314	11,77	1.016,80	1,00E+11	4,31E+14	4,24E+07
2021	4.360	11,88	1.026,08	1,00E+11	4,36E+14	4,25E+07
2022	4.413	12,00	1.036,64	1,00E+11	4,41E+14	4,26E+07
2023	4.462	12,11	1.046,29	1,00E+11	4,46E+14	4,26E+07
2024	4.512	12,23	1.056,30	1,00E+11	4,51E+14	4,27E+07
2025	4.558	12,33	1.065,41	1,00E+11	4,56E+14	4,28E+07
2026	4.606	12,44	1.075,06	1,00E+11	4,61E+14	4,28E+07



Ano	População urbana atendida (hab.)	Vazão média (L/s)	Vazão sanitária média (m³/d)	Contribuição <i>per capita</i> de coliformes fecais termotolerantes (org/hab.dia)	Carga inicial de coliformes (org/dia)	Concentração inicial (org/100 mL)
2027	4.650	12,54	1.083,79	1,00E+11	4,65E+14	4,29E+07
2028	4.693	12,64	1.092,35	1,00E+11	4,69E+14	4,30E+07
2029	4.734	12,74	1.100,54	1,00E+11	4,73E+14	4,30E+07
2030	4.787	12,86	1.111,10	1,00E+11	4,79E+14	4,31E+07
2031	4.832	12,96	1.120,02	1,00E+11	4,83E+14	4,31E+07
2032	4.872	13,06	1.128,03	1,00E+11	4,87E+14	4,32E+07
2033	4.911	13,15	1.135,86	1,00E+11	4,91E+14	4,32E+07
2034	4.956	13,25	1.144,78	1,00E+11	4,96E+14	4,33E+07
2035	4.996	13,34	1.152,79	1,00E+11	5,00E+14	4,33E+07
2036	5.034	13,43	1.160,44	1,00E+11	5,03E+14	4,34E+07
2037	5.077	13,53	1.169,00	1,00E+11	5,08E+14	4,34E+07
2038	5.116	13,62	1.176,64	1,00E+11	5,12E+14	4,35E+07

Fonte: SHS, 2017.

O Quadro 33 e o Quadro 35 apresentaram a carga orgânica bruta em termos de DBO e concentração inicial de DBO, além de contribuição *per capita* de coliformes fecais termotolerantes, carga inicial de coliformes e concentração inicial de coliformes.

Calcula-se, através da Equação 18 e da Equação 19, a carga removida de coliformes fecais termotolerantes (CFT) e sua concentração.

$$\begin{aligned} & \text{Carga removida de CFT} \\ & = \text{População} \times \text{Carga per capita} \end{aligned}$$

Equação 18

$$\begin{aligned} & \text{Concentração removida de CFT} \\ & = \frac{\text{Carga removida de CFT}}{\text{Vazão}} \end{aligned}$$

Equação 19



O Quadro 36 apresenta a evolução da carga removida de coliformes e concentração removida de coliformes para o cenário previsível, considerando 99,9% de eficiência de remoção.

Quadro 36 - Evolução da carga removida de coliformes e concentração removida de coliformes para o cenário previsível do município de Pingo D'Água

Ano	População urbana atendida (hab.)	Vazão sanitária média (L/s)	Carga removida de coliformes, considerando 99,9% de eficiência de remoção (org/dia)	Concentração removida de coliformes (org/100mL), considerando 99,9% de eficiência de remoção
2017	4.156	11,40	4,152E+14	4,214E+07
2018	4.205	11,52	4,201E+14	4,222E+07
2019	4.261	11,65	4,257E+14	4,230E+07
2020	4.314	11,77	4,310E+14	4,238E+07
2021	4.360	11,88	4,356E+14	4,245E+07
2022	4.413	12,00	4,409E+14	4,253E+07
2023	4.462	12,11	4,457E+14	4,260E+07
2024	4.512	12,23	4,508E+14	4,267E+07
2025	4.558	12,33	4,553E+14	4,274E+07
2026	4.606	12,44	4,601E+14	4,280E+07
2027	4.650	12,54	4,645E+14	4,286E+07
2028	4.693	12,64	4,688E+14	4,292E+07
2029	4.734	12,74	4,729E+14	4,297E+07
2030	4.787	12,86	4,782E+14	4,304E+07
2031	4.832	12,96	4,827E+14	4,310E+07
2032	4.872	13,06	4,867E+14	4,314E+07
2033	4.911	13,15	4,906E+14	4,319E+07
2034	4.956	13,25	4,951E+14	4,325E+07
2035	4.996	13,34	4,991E+14	4,329E+07



Ano	População urbana atendida (hab.)	Vazão sanitária média (L/s)	Carga removida de coliformes, considerando 99,9% de eficiência de remoção (org/dia)	Concentração removida de coliformes (org/100mL), considerando 99,9% de eficiência de remoção
2036	5.034	13,43	5,029E+14	4,334E+07
2037	5.077	13,53	5,072E+14	4,339E+07
2038	5.116	13,62	5,110E+14	4,343E+07

Fonte: SHS, 2017.

O Quadro 37 apresenta os resultados obtidos das vazões de esgoto doméstico de Pingo D'Água para o cenário normativo, no qual o consumo *per capita* de água varia de acordo com o passar dos anos, como já apresentado nas projeções do sistema de abastecimento de água.

Quadro 37 - Evolução da vazão de esgoto doméstico para o cenário normativo do município de Pingo D'Água

Ano	População urbana atendida (hab.)	Índice de atendimento (%)	População urbana atendida (hab.)	Consumo <i>per capita</i> de água (L/hab.dia)	Vazão esgoto doméstico (L/s)			
					Mínima	Média	Máxima diária	Máxima horária
2017	4.552	91,3	4.156	168	3,54	7,08	8,50	12,75
2018	4.606	92,3	4.250	168	3,58	7,16	8,60	12,90
2019	4.667	93,2	4.351	167	3,61	7,22	8,66	12,99
2020	4.725	94,2	4.451	167	3,65	7,31	8,77	13,15
2021	4.776	95,2	4.545	166	3,67	7,34	8,81	13,21
2022	4.834	96,1	4.647	165	3,69	7,39	8,86	13,29
2023	4.887	97,1	4.745	164	3,71	7,42	8,91	13,36
2024	4.942	98,1	4.846	163	3,73	7,46	8,95	13,43
2025	4.992	99,0	4.944	162	3,74	7,49	8,99	13,48
2026	5.045	100,0	5.045	161	3,76	7,52	9,02	13,54
2027	5.093	100,0	5.093	160	3,77	7,55	9,05	13,58



Ano	População urbana atendida (hab.)	Índice de atendimento (%)	População urbana atendida (hab.)	Consumo per capita de água (L/hab.dia)	Vazão esgoto doméstico (L/s)			
					Mínima	Média	Máxima diária	Máxima horária
2028	5.140	100,0	5.140	159	3,78	7,57	9,08	13,62
2029	5.185	100,0	5.185	158	3,79	7,59	9,10	13,65
2030	5.243	100,0	5.243	157	3,81	7,62	9,15	13,72
2031	5.292	100,0	5.292	156	3,82	7,64	9,17	13,76
2032	5.336	100,0	5.336	156	3,85	7,71	9,25	13,87
2033	5.379	100,0	5.379	155	3,86	7,72	9,26	13,90
2034	5.428	100,0	5.428	154	3,87	7,74	9,29	13,93
2035	5.472	100,0	5.472	153	3,88	7,75	9,30	13,95
2036	5.514	100,0	5.514	152	3,88	7,76	9,31	13,97
2037	5.561	100,0	5.561	151	3,89	7,78	9,33	14,00
2038	5.603	100,0	5.603	150	3,89	7,78	9,34	14,01

Fonte: SHS, 2017.

Os valores das vazões de infiltração para o cenário normativo variam se comparados com os valores do cenário previsível, pois dependem do número de habitantes que são atendidos pelo sistema de esgotamento sanitário. Assim, os valores obtidos das vazões de infiltração para o cenário normativo do município encontram-se no Quadro 38.

Quadro 38 - Evolução da vazão de infiltração para o cenário normativo do município de Pingo D'Água

Ano	População urbana atendida (hab.)	Extensão (m)			Contribuição de infiltração	
		Existente	Prevista	Total	Taxa (L/s.Km)	Vazão (L/s)
2017	4.552	21.449	177	21.626	0,2	4,33
2018	4.606	21.626	162	21.788	0,2	4,36
2019	4.667	21.788	183	21.971	0,2	4,39



Ano	População urbana atendida (hab.)	Extensão (m)			Contribuição de infiltração	
		Existente	Prevista	Total	Taxa (L/s.Km)	Vazão (L/s)
2020	4.725	21.971	174	22.145	0,2	4,43
2021	4.776	22.145	153	22.298	0,2	4,46
2022	4.834	22.298	174	22.472	0,2	4,49
2023	4.887	22.472	159	22.631	0,2	4,53
2024	4.942	22.631	165	22.796	0,2	4,56
2025	4.992	22.796	150	22.946	0,2	4,59
2026	5.045	22.946	159	23.105	0,2	4,62
2027	5.093	23.105	144	23.249	0,2	4,65
2028	5.140	23.249	141	23.390	0,2	4,68
2029	5.185	23.390	135	23.525	0,2	4,71
2030	5.243	23.525	174	23.699	0,2	4,74
2031	5.292	23.699	147	23.846	0,2	4,77
2032	5.336	23.846	132	23.978	0,2	4,80
2033	5.379	23.978	129	24.107	0,2	4,82
2034	5.428	24.107	147	24.254	0,2	4,85
2035	5.472	24.254	132	24.386	0,2	4,88
2036	5.514	24.386	126	24.512	0,2	4,90
2037	5.561	24.512	141	24.653	0,2	4,93
2038	5.603	24.653	126	24.779	0,2	4,96

Fonte: SHS, 2017.

Conhecendo-se a vazão de esgotos e de infiltração, foi determinada a vazão sanitária, que é a soma da vazão de esgotos doméstica com a vazão de infiltração. Os valores obtidos para o cenário normativo do município encontram-se no Quadro 39.



Quadro 39 - Evolução da vazão sanitária para o cenário normativo do município de Pingo D'Água

Ano	População urbana atendida (hab.)	Vazão sanitária (L/s)			
		Mínima	Média	Máxima diária	Máxima horária
2017	4.552	7,87	11,41	12,82	17,07
2018	4.606	7,94	11,52	12,96	17,25
2019	4.667	8,00	11,61	13,05	17,38
2020	4.725	8,08	11,74	13,20	17,58
2021	4.776	8,13	11,80	13,27	17,67
2022	4.834	8,19	11,88	13,36	17,79
2023	4.887	8,24	11,95	13,43	17,88
2024	4.942	8,29	12,02	13,51	17,98
2025	4.992	8,33	12,08	13,57	18,07
2026	5.045	8,38	12,14	13,65	18,16
2027	5.093	8,42	12,19	13,70	18,23
2028	5.140	8,46	12,25	13,76	18,30
2029	5.185	8,50	12,29	13,81	18,36
2030	5.243	8,55	12,36	13,89	18,46
2031	5.292	8,59	12,41	13,94	18,53
2032	5.336	8,65	12,50	14,04	18,67
2033	5.379	8,68	12,54	14,09	18,72
2034	5.428	8,72	12,59	14,14	18,78
2035	5.472	8,75	12,63	14,18	18,83
2036	5.514	8,78	12,66	14,21	18,87
2037	5.561	8,82	12,71	14,26	18,93
2038	5.603	8,85	12,74	14,29	18,96

Fonte: SHS, 2017.



Com base na contribuição de carga orgânica *per capita* de DBO (54 gDBO/hab.dia) e na estimativa populacional e de vazão para o período, é possível calcular a carga orgânica bruta e a concentração inicial de DBO para cada ano do cenário normativo.

Quadro 40 - Evolução da carga orgânica bruta e concentração inicial de DBO para o cenário normativo do município de Pingo D'Água

Ano	População urbana atendida (hab.)	Vazão média (L/s)	Vazão sanitária média (m ³ /d)	Contribuição <i>per capita</i> de DBO (gDBO/hab.dia)	Carga bruta de DBO (kg/dia)	Concentração inicial de DBO (mg/L)
2017	4.552	11,41	985,49	54	245,81	249,43
2018	4.606	11,52	995,54	54	248,72	249,84
2019	4.667	11,61	1.003,17	54	252,02	251,22
2020	4.725	11,74	1.013,93	54	255,15	251,65
2021	4.776	11,80	1.019,56	54	257,90	252,96
2022	4.834	11,88	1.026,40	54	261,04	254,32
2023	4.887	11,95	1.032,24	54	263,90	255,66
2024	4.942	12,02	1.038,35	54	266,87	257,01
2025	4.992	12,08	1.043,47	54	269,57	258,34
2026	5.045	12,14	1.049,05	54	272,43	259,69
2027	5.093	12,19	1.053,65	54	275,02	261,02
2028	5.140	12,25	1.057,99	54	277,56	262,35
2029	5.185	12,29	1.061,90	54	279,99	263,67
2030	5.243	12,36	1.068,04	54	283,12	265,09
2031	5.292	12,41	1.072,50	54	285,77	266,45
2032	5.336	12,50	1.080,27	54	288,14	266,73
2033	5.379	12,54	1.083,56	54	290,47	268,07
2034	5.428	12,59	1.087,84	54	293,11	269,44



Ano	População urbana atendida (hab.)	Vazão média (L/s)	Vazão sanitária média (m ³ /d)	Contribuição <i>per capita</i> de DBO (gDBO/hab.dia)	Carga bruta de DBO (kg/dia)	Concentração inicial de DBO (mg/L)
2035	5.472	12,63	1.091,16	54	295,49	270,80
2036	5.514	12,66	1.094,07	54	297,76	272,15
2037	5.561	12,71	1.097,77	54	300,29	273,55
2038	5.603	12,74	1.100,54	54	302,56	274,92

Fonte: SHS, 2017.

O Quadro 41 apresenta a evolução da carga removida de DBO e a concentração removida de DBO para o cenário normativo, considerando 70% de eficiência de remoção.

Quadro 41 - Evolução da carga e concentração removida de DBO para o cenário normativo do município de Pingo D'Água

Ano	População urbana atendida (hab.)	Vazão sanitária média (L/s)	Carga removida de DBO (kg/dia), considerando eficiência típica de remoção de 70%	Concentração removida de DBO (mg/L), considerando eficiência típica de remoção de 70%
2017	4.552	11,42	172,07	174,34
2018	4.606	11,44	174,11	176,12
2019	4.667	11,47	176,41	177,97
2020	4.725	11,49	178,61	179,84
2021	4.776	11,50	180,53	181,70
2022	4.834	11,52	182,73	183,63
2023	4.887	11,52	184,73	185,56
2024	4.942	11,53	186,81	187,55
2025	4.992	11,52	188,70	189,54
2026	5.045	11,63	190,70	189,82
2027	5.093	11,72	192,52	190,06



Ano	População urbana atendida (hab.)	Vazão sanitária média (L/s)	Carga removida de DBO (kg/dia), considerando eficiência típica de remoção de 70%	Concentração removida de DBO (mg/L), considerando eficiência típica de remoção de 70%
2028	5.140	11,82	194,29	190,30
2029	5.185	11,91	195,99	190,52
2030	5.243	12,02	198,19	190,81
2031	5.292	12,12	200,04	191,04
2032	5.336	12,21	201,70	191,25
2033	5.379	12,29	203,33	191,45
2034	5.428	12,39	205,18	191,67
2035	5.472	12,48	206,84	191,87
2036	5.514	12,56	208,43	192,06
2037	5.561	12,65	210,21	192,26
2038	5.603	12,74	211,79	192,44

Fonte: SHS, 2017.

Com base na contribuição *per capita* de coliformes fecais termotolerantes (10^{11} org/hab.dia) e na estimativa populacional e de vazão para o período, é possível calcular a carga orgânica bruta de coliformes fecais termotolerantes (CFT) para cada ano do cenário normativo. Os resultados obtidos, a partir desses cálculos, para o cenário normativo da sede do município em questão estão apresentados no Quadro 42.



Quadro 42 - Evolução da carga e concentração de coliformes fecais termotolerantes para o cenário normativo do município de Pingo D'Água

Ano	População urbana atendida (hab.)	Vazão média (L/s)	Vazão sanitária média (m³/d)	Contribuição per capita de coliformes fecais termotolerantes (org/hab.dia)	Carga inicial de coliformes (org/dia)	Concentração inicial (org/100 mL)
2017	4.552	11,41	985,49	1,00E+11	4,55E+14	4,62E+07
2018	4.606	11,52	995,54	1,00E+11	4,61E+14	4,63E+07
2019	4.667	11,61	1.003,17	1,00E+11	4,67E+14	4,65E+07
2020	4.725	11,74	1.013,93	1,00E+11	4,73E+14	4,66E+07
2021	4.776	11,80	1.019,56	1,00E+11	4,78E+14	4,68E+07
2022	4.834	11,88	1.026,40	1,00E+11	4,83E+14	4,71E+07
2023	4.887	11,95	1.032,24	1,00E+11	4,89E+14	4,73E+07
2024	4.942	12,02	1.038,35	1,00E+11	4,94E+14	4,76E+07
2025	4.992	12,08	1.043,47	1,00E+11	4,99E+14	4,78E+07
2026	5.045	12,14	1.049,05	1,00E+11	5,05E+14	4,81E+07
2027	5.093	12,19	1.053,65	1,00E+11	5,09E+14	4,83E+07
2028	5.140	12,25	1.057,99	1,00E+11	5,14E+14	4,86E+07
2029	5.185	12,29	1.061,90	1,00E+11	5,19E+14	4,88E+07
2030	5.243	12,36	1.068,04	1,00E+11	5,24E+14	4,91E+07
2031	5.292	12,41	1.072,50	1,00E+11	5,29E+14	4,93E+07
2032	5.336	12,50	1.080,27	1,00E+11	5,34E+14	4,94E+07
2033	5.379	12,54	1.083,56	1,00E+11	5,38E+14	4,96E+07
2034	5.428	12,59	1.087,84	1,00E+11	5,43E+14	4,99E+07
2035	5.472	12,63	1.091,16	1,00E+11	5,47E+14	5,01E+07
2036	5.514	12,66	1.094,07	1,00E+11	5,51E+14	5,04E+07
2037	5.561	12,71	1.097,77	1,00E+11	5,56E+14	5,07E+07
2038	5.603	12,74	1.100,54	1,00E+11	5,60E+14	5,09E+07

Fonte: SHS, 2017.



O Quadro 43 apresenta a evolução da carga removida de coliformes e a concentração removida de coliformes para o cenário normativo.

Quadro 43 - Evolução da carga removida de coliformes e concentração removida de coliformes para o cenário previsível do município de Pingo D'Água

Ano	População urbana atendida (hab.)	Vazão sanitária média (L/s)	Carga removida de coliformes, considerando 99,9% de eficiência de remoção (org/dia)	Concentração removida de coliformes (org/100mL), considerando 99,9% de eficiência de remoção
2017	4.552	11,42	4,547E+14	4,607E+07
2018	4.606	11,44	4,601E+14	4,655E+07
2019	4.667	11,47	4,662E+14	4,703E+07
2020	4.725	11,49	4,720E+14	4,753E+07
2021	4.776	11,50	4,771E+14	4,802E+07
2022	4.834	11,52	4,829E+14	4,853E+07
2023	4.887	11,52	4,882E+14	4,904E+07
2024	4.942	11,53	4,937E+14	4,957E+07
2025	4.992	11,52	4,987E+14	5,009E+07
2026	5.045	11,63	5,040E+14	5,017E+07
2027	5.093	11,72	5,088E+14	5,023E+07
2028	5.140	11,82	5,135E+14	5,029E+07
2029	5.185	11,91	5,180E+14	5,035E+07
2030	5.243	12,02	5,238E+14	5,043E+07
2031	5.292	12,12	5,287E+14	5,049E+07
2032	5.336	12,21	5,331E+14	5,054E+07
2033	5.379	12,29	5,374E+14	5,060E+07
2034	5.428	12,39	5,423E+14	5,066E+07
2035	5.472	12,48	5,467E+14	5,071E+07
2036	5.514	12,56	5,508E+14	5,076E+07
2037	5.561	12,65	5,555E+14	5,081E+07
2038	5.603	12,74	5,597E+14	5,086E+07

Fonte: SHS, 2017.



O Quadro 40 e o Quadro 42 apresentaram a carga orgânica bruta em termos de DBO e concentração inicial de DBO, além de contribuição *per capita* de coliformes fecais termotolerantes, carga inicial de coliformes e concentração inicial de coliformes. No item 5.2.3 essas concentrações serão utilizadas para o cálculo das metas de qualidade para os esgotos tratados da ETE e para o corpo d'água.

5.2.2. Definição de alternativas técnicas de engenharia para o Serviço de Esgotamento Sanitário a partir das projeções

Como apresentado anteriormente, é possível perceber que o município de Pingo D'Água necessita de tratamento dos esgotos sanitários gerados, para que esses não sejam lançados em concentrações brutas nos corpos receptores. Assim, é indispensável a adoção de uma alternativa para o tratamento dos esgotos no município. Esse processo é essencial para atendimento legal da Resolução CONAMA nº 357/05, art. 15, que fala sobre a qualidade do corpo receptor e da Resolução CONAMA nº 430/11, que determina sobre os padrões de lançamento dos esgotos tratados.

O tratamento dos esgotos tem como finalidade remover a carga orgânica bruta, os sólidos em suspensão, matéria orgânica em termos de DBO, patógenos, nutrientes como nitrogênio e fósforo, além de alguns metais pesados, através do processo de tratamento preliminar, biológico/secundário, desinfecção e terciário.

Para escolher o melhor local para a instalação de uma ETE, alguns critérios devem ser levados em consideração. O primeiro deles é a análise da proximidade com a área urbana. Uma vez que este Plano tem um horizonte de vinte anos, é importante conhecer o vetor de crescimento urbano, para que se evite que a ETE seja implantada nas proximidades da zona de expansão do município. É importante fazer essa avaliação devido aos possíveis odores, ruídos, geração de tráfego e incômodos gerais que venham a ser causados nas áreas vizinhas ou próximas.

Outro ponto que deve ser considerado é a topografia local. Optando-se por um local de cotas mais baixas, a necessidade de implantação e manutenção de estações elevatórias são menores, uma vez que é possível que os esgotos coletados cheguem à ETE por gravidade.

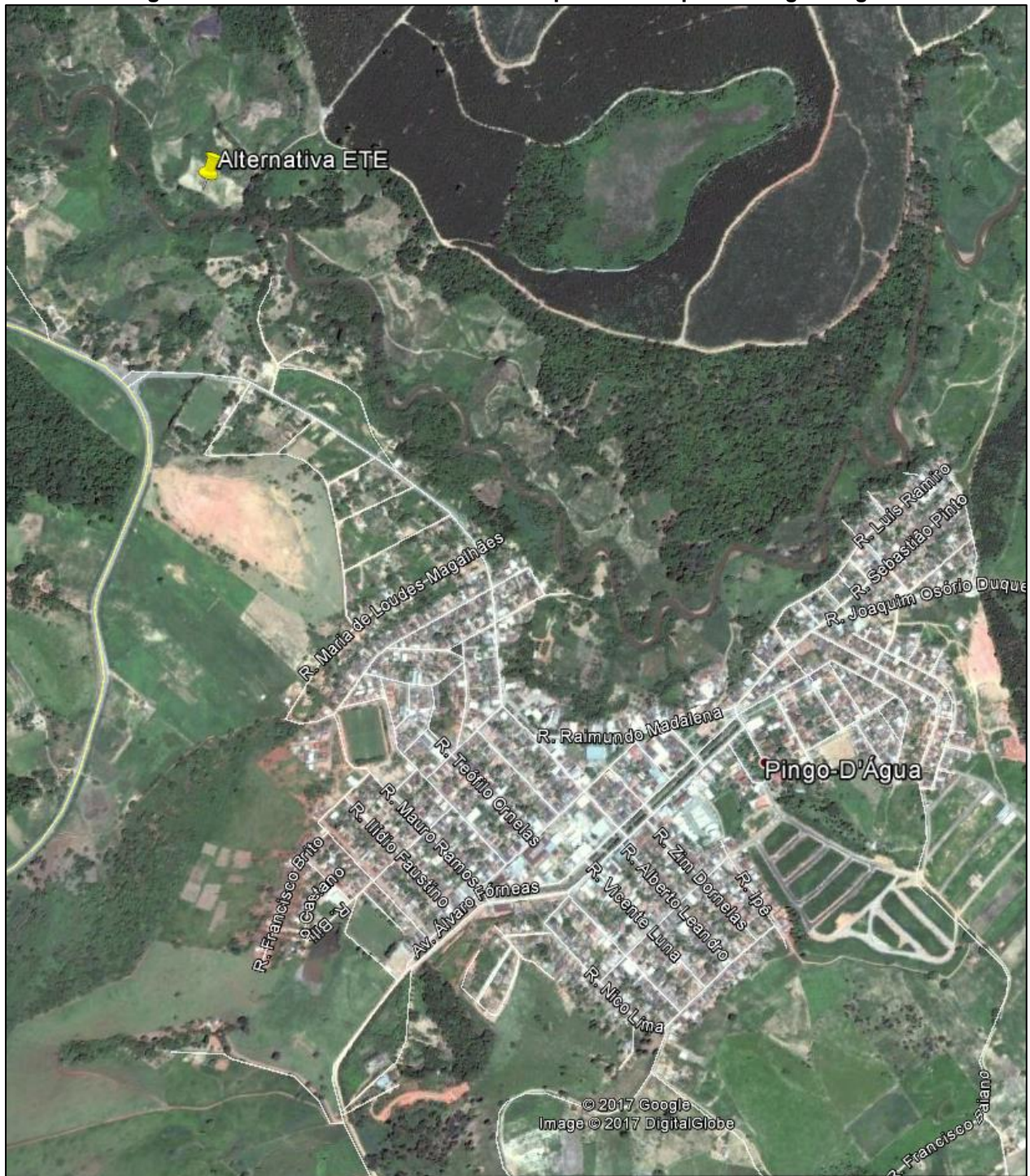


Também é preciso considerar a proximidade da ETE com o corpo receptor, pois assim torna-se mais fácil o lançamento dos esgotos tratados. Além disso, o ponto de lançamento deve estar situado a jusante da malha urbana, evitando assim que o efluente, mesmo que tratado, passe por dentro da cidade.

A Figura 74 apresenta o local proposto para a implantação da ETE na sede, como havia sido apresentado no diagnóstico deste Plano. A escolha do lugar foi baseada nos fatores citados anteriormente, ou seja, na localização a jusante da área urbana, em fundo de vale, ao lado do corpo receptor e longe (ou não tão próximo) de áreas residenciais. O local encontra-se próximo à área urbana, não sendo necessário muitos investimentos em obras de interceptores.

As coordenadas do ponto escolhido para a localização da futura ETE proposta em Pingo D'Água são: UTM 23K 770.534 m E; 7.817.734 m S. Vale ressaltar que para Pingo D'Água, o corpo receptor é o ribeirão Sacramento.

Figura 74 - Alternativa locacional da ETE para município de Pingo D'Água



Fonte: GoogleEarth, 2017.

Essa alternativa de localização da ETE representa apenas uma proposta que leva em consideração alguns aspectos importantes. Mas, é fundamental ressaltar que são necessários estudos mais aprofundados para poder afirmar com maior precisão



qual a melhor localização. Neste caso, é indispensável que sejam feitos Estudos de Viabilidade Ambiental como, por exemplo, o Estudo de Impacto Ambiental (EIA) ou o Relatório Ambiental Preliminar (RAP). Esses estudos serão capazes de analisar com maior profundidade os aspectos já considerados e também de levantar outros aspectos que são necessários para avaliar qual a alternativa mais viável, tanto do ponto de vista ambiental, quanto social e de economia global que leva em consideração os custos de construção, operação e manutenção. Para o município em questão, optou-se por planejar apenas uma ETE em função da pequena vazão e da topografia local, que é muito favorável. Porém, podem ser selecionados diferentes locais para implantação, dependendo do sistema de tratamento de esgotos a ser empregado. Na ocasião do projeto executivo, estudar-se-á a melhor localização.

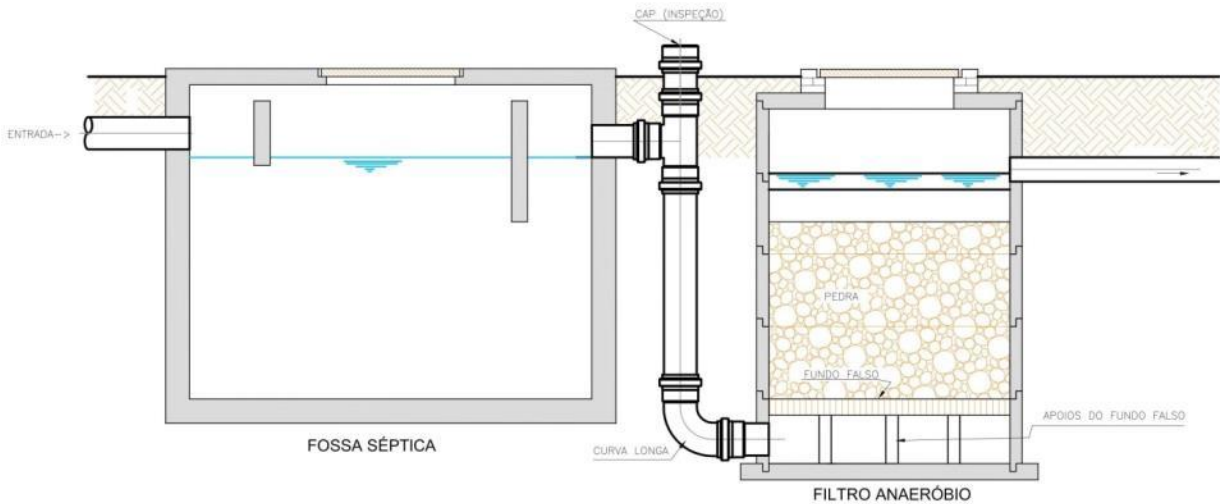
Para as localidades mais afastadas, como as áreas rurais (com populações menores que 1.000 habitantes) que, no caso de Píngo D'Água, atualmente usam fossas rudimentares ou enviam os esgotos *in natura* para os corpos hídricos, pode-se optar por utilizar alternativas de tratamento de esgotos como as fossas sépticas, seguidas de filtro anaeróbio, e utilizando sumidouros como forma de disposição final.

A fossa séptica é um dispositivo de tratamento dos esgotos destinado a receber contribuição de um ou mais domicílios e com capacidade de dar aos esgotos um grau de tratamento compatível com a sua simplicidade e custo (JORDÃO E PESSÔA, 2005). Apesar de ser uma forma de tratamento dos esgotos sanitários, a fossa séptica não é capaz de promover toda remoção necessária de DBO e de coliformes fecais termotolerantes necessária para que os esgotos possam ser lançados no corpo receptor, ou seja, o efluente da fossa séptica, tanto a fase líquida quanto a sólida (lodo), ainda precisa passar por outros processos de tratamento antes de ser lançado em um corpo hídrico. Por isso, os sistemas de fossa séptica combinados com os filtros anaeróbios são uma alternativa para o tratamento dos esgotos sanitários. Os processos combinados elevam a remoção de DBO e de coliformes fecais termotolerantes presentes nos esgotos sanitários, sendo possível atingir os níveis elevados de eficiência de remoção que são requeridos pela legislação.

Usualmente, os filtros anaeróbios utilizam como meio filtrante britas ou pedaços de plásticos, como o especificado na ABNT NBR 13.969 (1997). As faixas de remoção

de DBO ficam entre 40 e 75 %, como apresentado na NBR. Um esquema do sistema fossa-filtro pode ser visto na Figura 75, a seguir.

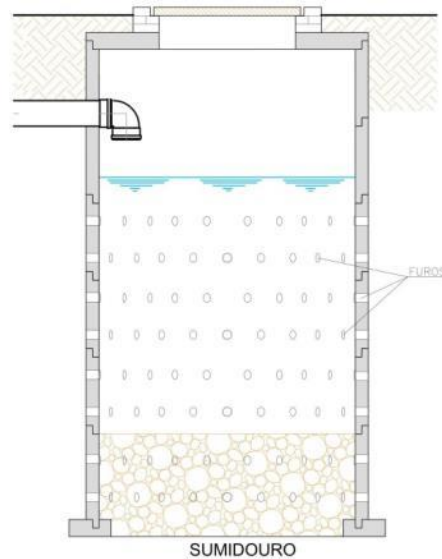
Figura 75 - Esquema do sistema de fossas/tanques sépticos em conjunto com o filtro anaeróbio



Fonte: SHS, 2017.

Após os esgotos passarem pelo filtro anaeróbio, a melhor destinação é um sumidouro, ou uma vala de infiltração, que atuam como disposição final do efluente, sem que seja necessária a construção de um emissário final. Na Figura 76 é apresentado um esquema de sumidouros.

Figura 76 - Esquema de um sumidouro



Fonte: SHS, 2017.



O lodo gerado nesse processo de tratamento pode ser disposto em leitos de secagem e depois encaminhado para um aterro sanitário, para que tenha a forma de destinação ambientalmente correta.

5.2.3. Metas de qualidade para os efluentes da ETE e para o corpo d'água

A Resolução CONAMA n° 357/05 dispõe sobre a classificação dos corpos d'água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, além de estabelecer as condições e padrões de lançamento de efluentes. Esta resolução foi complementada pela Resolução CONAMA n° 430/11.

A. Padrões de Emissão - Lançamento dos esgotos tratados

A qualidade dos esgotos tratados da ETE deverá ser suficiente para atender aos padrões de emissão estabelecidos no artigo 21, da Resolução CONAMA n° 430/11, de forma que a remoção de $DBO_{5\text{dias}}$ seja maior ou igual a 60%.

B. Padrões de Qualidade do corpo d'água

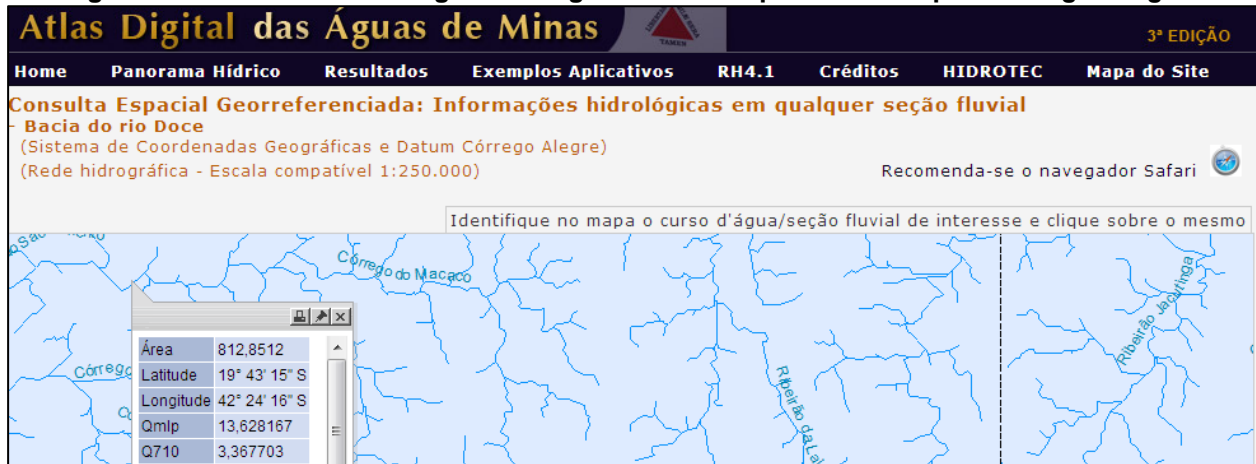
A vazão de referência do corpo receptor deverá ser calculada com base no que determina o artigo 20 – inciso XXXVI da Resolução CONAMA n° 357/05. Na ausência da vazão de referência, deverá ser utilizada a vazão mínima de sete dias consecutivos de período de recorrência 10 anos ($Q_{7,10}$).

Utilizou-se uma ferramenta desenvolvida na Universidade Federal de Viçosa, o Atlas Digital das Águas de Minas. No Atlas, é possível realizar uma consulta simples, baseada em dados georreferenciados que apresentam informações como a área de drenagem na bacia (em km^2) e os cálculos de vazões $Q_{7,10}$, máximas, médias e mínimas (em m^3/s) no ponto de lançamento do ribeirão Sacramento.

A vazão a ser utilizada para o cálculo da diluição no corpo d'água é a $Q_{7,10}$, que é definida como a vazão mínima anual de sete dias consecutivos e com um período de retorno de 10 anos. Assim, a partir do valor encontrado da $Q_{7,10}$ pelo Atlas, pode-se verificar a capacidade de assimilação do corpo hídrico e determinar a concentração máxima em termos de DBO e coliformes a ser lançada. O valor da $Q_{7,10}$ para Pingo D'Água, assim como a área da bacia de contribuição, é apresentado na Figura 77.



Figura 77 - Dados do Atlas Digital das Águas de Minas para o município de Pingo D'Água



Fonte: Atlas Digital das Águas de Minas, 2017.

O corpo receptor do município, ribeirão Sacramento, é enquadrado como classe 2, de acordo com os dados do IGAM (2016). O PARH Piranga ainda apresenta que todos os outros rios desta mesma sub-bacia também são classe 2. Sendo assim, os esgotos tratados nesses corpos hídricos devem estar de acordo com os parâmetros permitidos pela Resolução CONAMA nº 357/05, conforme já citado anteriormente.

De acordo com a Resolução CONAMA nº 357/05, em seu art. 4º, rios de classe 2 são as águas que podem ser destinadas: a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; b) à proteção das comunidades aquáticas; c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274, de 2000; d) à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e e) à aquicultura e à atividade de pesca.

De acordo com seu art. 15: “Aplicam-se às águas doces de classe 2 as condições e padrões da classe 1 previstos no artigo anterior, à exceção do seguinte:

(...) II - coliformes termotolerantes: para uso de recreação de contato primário deverá ser obedecida a Resolução CONAMA nº 274, de 2000. Para os demais usos, não deverá ser excedido um limite de 1.000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos seis amostras coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral.

(...)

V - DBO 5 dias a 20°C até 5 mg/L O₂; (...).”

A Resolução DN COPAM nº 1, de 1 de maio de 2008 trata dos padrões de qualidade dos cursos hídricos e também dos padrões de lançamento no estado de



Minas Gerais. Em seu art. 14, são apresentados os padrões de qualidade e no art. 29, as condições de lançamento de efluentes, que exigem que a ETE tenha eficiência de redução de DBO em no mínimo 60% e média anual igual ou superior a 70% para sistemas de esgotos sanitários.

C. Cálculos - Padrões de qualidade do corpo d'água, padrões de lançamento do esgoto tratado e eficiência demandada da ETE

A partir das projeções apresentadas no item 5.2.1, é possível estimar a eficiência de remoção da carga orgânica e dos coliformes fecais termotolerantes.

Para simular a concentração final de DBO, ou seja, a DBO de saída da ETE, adota-se a DBO inicial de 275 mg/L, sendo este o maior valor de concentração calculado ao longo do projeto (para o ano de 2038), e que já havia sido apresentado no Quadro 40, e uma eficiência de redução de DBO de 70%, conforme a legislação estadual DN COPAM n° 1/2008. Sendo assim, tem-se a Equação 20:

$$E = \frac{C_{ETE\text{entrada}} - C_{ETE\text{saída}}}{C_{ETE\text{entrada}}} * 100$$

Equação 20

Em que: E = eficiência de remoção (%);

$C_{ETE\text{entrada}}$ = concentração inicial de DBO (entrada da ETE) (mg/L);

$C_{ETE\text{saída}}$ = concentração final de DBO (saída da ETE) (mg/L).

Assim, para Pingo D'Água, rearranjando a Equação 20, tem-se:

$$C_{ETE\text{saída}} = C_{ETE\text{entrada}} - \frac{E}{100} * C_{ETE\text{entrada}} = 275 - 0,7 * 275 = 82,5 \text{ mg/L}$$

Ou seja, a DBO de saída da ETE deve ter concentração menor que 82,5 mg/L.

Os cálculos apresentados a seguir foram feitos seguindo tanto o padrão de lançamento, considerando uma eficiência mínima do sistema de tratamento de 70%, quanto os padrões de qualidade do corpo receptor, que nesse caso, é classe 2. Para cada um dos itens a seguir, calculou-se um valor máximo de concentração de DBO na



saída da ETE, e o mais restritivo foi selecionado.

A partir das concentrações máximas apresentadas na Resolução CONAMA nº 357/2005, art. 15, para corpos hídricos de classe 2, pode-se calcular a concentração de DBO de saída da ETE ($C_{ETEsaída}$) através da Equação 21:

$$C_{ETEsaída} = \frac{C_{mistura} * Q_{mistura} - C_{Rio} * Q_{Rio}}{Q_{ETEsaída}}$$

Equação 21

Em que: $C_{ETEsaída}$ = concentração final de DBO (saída da ETE) (mg/L);
 $Q_{ETEsaída}$ = vazão de saída da ETE (m³/s);
 C_{rio} = concentração de DBO do corpo hídrico (mg/L);
 Q_{rio} = vazão do corpo hídrico (m³/s) (nesse caso, a $Q_{7,10}$);
 $C_{mistura}$ = concentração de lançamento da DBO da ETE adicionada da concentração de DBO do corpo receptor (mg/L);
 $Q_{mistura}$ = vazão da ETE adicionada da vazão do corpo hídrico (m³/s).

A Tabela 16 apresenta os valores para o cálculo da concentração de saída máxima aceitáveis para Pingo D'Água.

Tabela 16 - Valores utilizados para o cálculo da concentração de DBO de lançamento máxima aceitável da futura ETE em Pingo D'Água

Parâmetro	Valor
Q_{ETE}	0,013 m ³ /s
$Q_{Rio} (= Q_{7,10})$	3,366 m ³ /s
C_{Rio}	2,00 mg/L
$Q_{mistura}$	3,379 m ³ /s
$C_{mistura}$	5,00 mg/L

Fonte: SHS, 2017.

Tem-se assim, através da Equação 21:



$$C_{ETEsaida} = \frac{5 * 3,379 - 2 * 3,366}{0,013} = 797,73 \text{ mg/L}$$

Como se pode observar, a vazão do corpo receptor é bem alta em comparação à vazão da ETE (259 vezes maior). Portanto, a concentração de saída da ETE, neste caso, será conduzida pelo padrão de lançamento dos esgotos tratados, segundo a Resolução DN COPAM nº 1, de 1 de maio de 2008, que em seu art. 29 apresenta que a eficiência da ETE em termos de DBO deve ser no mínimo de 70 %. Assim, o valor de concentração necessário de DBO na saída da ETE deverá ser de, no máximo, 82,5 mg/L.

Para os cálculos de concentração dos coliformes fecais termotolerantes, considera-se apenas o padrão de qualidade apresentado na Resolução DN COPAM nº 1, de 1 de maio de 2008, em seu art. 14, pois não existe um padrão de lançamento estipulado para esse parâmetro. Os cálculos se baseiam na Equação 20, e os valores utilizados na equação podem ser vistos na Tabela 17.

Tabela 17 - Valores utilizados para o cálculo da concentração de coliformes fecais termotolerantes de lançamento máxima aceitável da futura ETE em Pingo D'Água

Parâmetro	Valor
Q_{ETE}	0,013 m ³ /s
$Q_{Rio} (= Q_{7,10})$	3,366 m ³ /s
C_{Rio}	1000 org/100mL
$Q_{mistura}$	3,379 m ³ /s
$C_{mistura}$	1000 org/100mL

Fonte: SHS, 2017.

Tem-se assim, através da Equação 21:

$$C_{ETEsaida} = \frac{1000 * 3,379 - 1000 * 3,366}{0,013} = 1000 \text{ org/100mL}$$



Da mesma forma, para calcular a eficiência de remoção necessária de coliformes fecais termotolerantes, adota-se o maior valor calculado, $5,09 \times 10^7$ org/100 mL, que nesse caso é o do ano de 2038, apresentado no Quadro 42. Então, tem-se para Pingo D'Água, através da Equação 20:

$$E = \frac{C_{ETE\text{entrada}} - C_{ETE\text{saída}}}{C_{ETE\text{entrada}}} * 100 = \frac{5,09 * 10^7 - 1000}{5,09 * 10^7} * 100 = 99,9\%$$

Sendo assim, os lançamentos dos esgotos sanitários do município só poderão ser feitos nos corpos d'água caso sofram um processo de tratamento capaz de remover mais de 99,9 % da concentração de coliformes fecais termotolerantes.

Na ocasião da elaboração do projeto executivo deverá ser realizado o estudo de autodepuração que apresenta o consumo e produção de oxigênio ao longo do tempo e da direção longitudinal do curso d'água.

5.3. Sistema de Drenagem Urbana e Manejo de Águas Pluviais

5.3.1. Projeções e estimativas da ocupação urbana e seus impactos

Na gestão das águas fluviais urbanas, uma das preocupações recorrentes está relacionada à inundação urbana. As inundações anteriores à urbanização, que podem ocorrer mesmo que uma bacia não seja antropizada, são chamadas de cheias.

Segundo Tucci (2008), os rios geralmente possuem dois leitos: o leito menor, onde a água escoar na maior parte do tempo, e o leito maior, onde as inundações ocorrem quando o escoamento atinge níveis superiores ao leito menor, ocupando o leito maior. Os impactos pela inundação ocorrem quando essa área de risco (cota do leito maior) é ocupada pela população.

As inundações também podem ocorrer em função da urbanização, que obstrui a infiltração e o escoamento natural, o que aumenta a frequência e a magnitude das enchentes elevando o risco de inundação em ocupações irregulares.

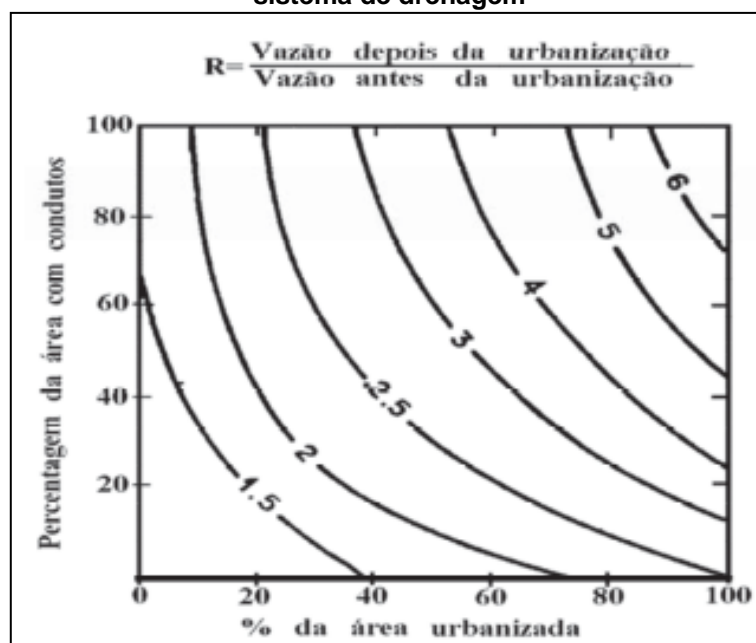
Segundo Tucci (2008), à medida que a cidade se urbaniza, ocorrem os seguintes impactos:



- Aumento das vazões máximas em várias vezes, e da sua frequência, em virtude do aumento da capacidade de escoamento através de condutos e canais e impermeabilização das superfícies.
- Aumento da produção de sedimentos pela falta de proteção das superfícies e pela produção de resíduos sólidos (lixo).
- Deterioração da qualidade da água superficial e subterrânea, em razão de lavagem das ruas, transporte de material sólido e de ligações clandestinas de esgoto cloacal e pluvial.

Por causa da forma desorganizada como a infraestrutura urbana é implantada, tais como: (a) pontes e taludes de estradas que obstruem o escoamento; (b) redução de seção do escoamento por aterros de pontes e para construções em geral; (c) deposição e obstrução de rios, canais e condutos por lixos e sedimentos; (d) projetos e obras de drenagem inadequadas, com diâmetros que diminuem a jusante, drenagem sem esgotamento, entre outros, Leopold (1968) fez um estudo que correlacionou o aumento das vazões máximas ao aumento da capacidade de escoamento de condutos e canais e impermeabilização das superfícies (Figura 78).

Figura 78 - Aumento do pico em função da proporção de área impermeável e da canalização do sistema de drenagem



Fonte: Leopold, 1968.



A fim de facilitar a gestão das águas fluviais, é importante adotar a gestão por bacias hidrográficas como unidade de planejamento (Lei Federal nº 9.433/77).

De modo geral, as bacias hidrográficas que estão relacionadas a inundações urbanas do município são bacias hidrográficas com pouca ocupação urbana (Tabela 18) e intenso uso do solo relacionado às práticas agropecuárias.

Na Tabela 18 é possível perceber que as áreas impermeabilizadas relacionadas aos cursos hídricos com histórico de inundações são pequenas, se comparadas à área da bacia de drenagem, não ultrapassando o valor de 1%.

Tabela 18 - Impermeabilização das bacias com histórico de inundação

Localidade	Área da bacia de drenagem (ha)	Área impermeável atual (ha)	Área impermeabilizada da bacia (%)
Sede (rib. do Sacramento)	79405,7	301,3	0,4%

Fonte: SHS, 2017.

Para verificar a correlação entre a urbanização e os futuros impactos relacionados a este crescimento, projetou-se o crescimento populacional acumulado até 2038 nas localidades urbanas do município (Tabela 19).

A projeção do crescimento populacional em Pingo D'Água é positiva na zona urbana, sendo assim, assume-se que a impermeabilização crescerá na sede.

A partir do crescimento populacional, pode-se estimar o número de novas residências que deveria ser considerado para atender a essa demanda de crescimento populacional em termos de uso e ocupação do solo/impermeabilização. Para isso, utiliza-se o número padrão de indivíduos que compõem uma família (3,2hab/domicílio) (IBGE, 2012), estimando que para cada residência a ser construída, será impermeabilizada uma área de 300m² mais 35% de área necessária para instalação de equipamentos urbanos e comunitários; sistema de circulação; e espaços livres de uso público.

Para tentar simular uma ocupação urbana mais ordenada (cenário normativo), foi feita a projeção da impermeabilização respeitando uma taxa mínima de permeabilidade de 30% (Tabela 20), onde foi observado que a simples adoção desta taxa, traria um ganho de mais de 5ha de área para infiltração na zona urbana.



Tabela 19 - Projeção de crescimento populacional urbano até 2038 no cenário previsível

Pingo D'Água			
Ano	População Urbana - Sede (hab.)	Nº de novas famílias	Incremento de área impermeabilizada Sede (ha)
2011	4.180	-	-
2012	4.246	20,6	0,8353
2013	4.304	18,1	0,7341
2014	4.369	20,3	0,8227
2015	4.431	19,4	0,7847
2016	4.493	19,4	0,7847
2017	4.552	18,4	0,7467
2018	4.606	16,9	0,6834
2019	4.667	19,1	0,7720
2020	4.725	18,1	0,7341
2021	4.776	15,9	0,6455
2022	4.834	18,1	0,7341
2023	4.887	16,6	0,6708
2024	4.942	17,2	0,6961
2025	4.992	15,6	0,6328
2026	5.045	16,6	0,6708
2027	5.093	15,0	0,6075
2028	5.140	14,7	0,5948
2029	5.185	14,1	0,5695
2030	5.243	18,1	0,7341
2031	5.292	15,3	0,6202
2032	5.336	13,8	0,5569
2033	5.379	13,4	0,5442



Pingo D'Água			
Ano	População Urbana - Sede (hab.)	Nº de novas famílias	Incremento de área impermeabilizada Sede (ha)
2034	5.428	15,3	0,6202
2035	5.472	13,8	0,5569
2036	5.514	13,1	0,5316
2037	5.561	14,7	0,5948
2038	5.603	13,1	0,5316
		Total	18,0098

Fonte: SHS, 2017.

Tabela 20 - Projeção da impermeabilização decorrente da ocupação urbana até 2038 a partir do cenário normativo

Pingo D'Água			
Ano	População Urbana - Sede (hab.)	Nº de novas famílias	Incremento de área impermeabilizada Sede (há)
2011	4.180	-	-
2012	4.246	20,6	0,5847
2013	4.304	18,1	0,5138
2014	4.369	20,3	0,5759
2015	4.431	19,4	0,5493
2016	4.493	19,4	0,5493
2017	4.552	18,4	0,5227
2018	4.606	16,9	0,4784
2019	4.667	19,1	0,5404
2020	4.725	18,1	0,5138
2021	4.776	15,9	0,4518
2022	4.834	18,1	0,5138



Pingo D'Água			
Ano	População Urbana - Sede (hab.)	Nº de novas famílias	Incremento de área impermeabilizada Sede (há)
2023	4.887	16,6	0,4695
2024	4.942	17,2	0,4873
2025	4.992	15,6	0,4430
2026	5.045	16,6	0,4695
2027	5.093	15,0	0,4253
2028	5.140	14,7	0,4164
2029	5.185	14,1	0,3987
2030	5.243	18,1	0,5138
2031	5.292	15,3	0,4341
2032	5.336	13,8	0,3898
2033	5.379	13,4	0,3810
2034	5.428	15,3	0,4341
2035	5.472	13,8	0,3898
2036	5.514	13,1	0,3721
2037	5.561	14,7	0,4164
2038	5.603	13,1	0,3721
		Total	12,6069

Fonte: SHS, 2017.

Ao se projetar os valores de impermeabilização das bacias de drenagem, para ambos os cenários no gráfico de estudo de Leopold (1968) (Figura 78), chega-se à conclusão que a urbanização do município tem um baixo fator de influência nos deflúvios, porém é preciso atenção e planejamento para não ocupar áreas que naturalmente ocorrem cheias, já que as bacias hidrográficas onde estão instaladas as zonas urbanas são de tamanho considerável.



Diferente das projeções de água, esgoto e resíduos, as projeções envolvendo o eixo drenagem, a fim de prever eventos que causem distúrbios à população, não estão estritamente relacionadas com o crescimento urbano. Existem muitos fatores que são inerentes à forma de uso e ocupação do solo, associados a infraestruturas inadequadas e a outros fatores geológicos e geográficos, tais como:

Fatores que influenciam eventos críticos inerentes ao uso e ocupação do solo:

- Ocupação de zonas de cheias (leito maior).
- Uso inadequado do solo, com pouca área para infiltração ou infiltração abaixo do adequado, acarretando erosões e impermeabilizações.
- Ordenamento territorial inadequado.

Fatores associados às infraestruturas urbanas inadequadas:

- Construções inadequadas de equipamentos de drenagem que funcionem como gargalo.

Fatores inerentes à geologia e geografia:

- Formato da bacia (influencia o tempo de concentração).
- Tipo de solo.
- Densidade de cursos hídricos na bacia hidrográfica (drenagem da bacia).
- Declividade da bacia.

Como as áreas urbanizadas das bacias de drenagem dos cursos hídricos principais do município são pequenas, é preciso dar atenção a outros usos de ocupação de solo, principalmente quanto ao uso agrícola. Gonçalves, Nogueira Jr. e Ducatti (2008) citam, como exemplo, um solo com 14 anos de cultivo agrícola, que decresceu a infiltração de 148,3 mm/h numa mata nativa para 6,6mm/h numa área agrícola. Esses dados evidenciam a importância do planejamento do uso e ocupação do solo e o restabelecimento de APPs e a criação de APAs no município.

No Diagnóstico Técnico-Participativo dos Serviços de Saneamento Básico, realizou-se o estudo hidrológico das bacias com o objetivo de determinar, para cada um dos pontos estudados, a vazão máxima para precipitações com períodos de retorno de 10, 50 e 100 anos. A partir desse estudo, foi possível constatar alguns locais em que inundações poderão ocorrer, porém sem grande influência dos impactos do



crescimento urbano. Um exemplo é a planície de inundação do ribeirão Sacramento (Figura 79), próximo à zona urbana, que avança de forma desordenada em uma região que deve ser preservada, colocando em risco as ocupações lindeiras ao ribeirão Sacramento.

Figura 79 - Ribeirão Sacramento próximo à área urbana de Pingo D'Água - planície de inundação



Fonte: *Google Earth* – imagem de 02 de setembro de 2016.

Outro fator a ser considerado nos cenários futuros são as ações do PMSB, que preveem esforços conjuntos na recuperação e conservação de APPs, áreas críticas e cursos hídricos, que possivelmente trarão influências positivas na reservação e infiltração, impactando diretamente os picos e frequências de vazões máximas.

Segundo a Constituição Federal, art. 30, compete aos municípios: “*promover, no que couber, adequado ordenamento territorial, mediante planejamento e controle do uso, do parcelamento e da ocupação do solo urbano*”.

O município, então, precisa lançar mão de alguns recursos, visando atender ao que lhe compete. Entre esses recursos estão:



- Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano.
- Lei de Uso e Ocupação do Solo.
- Lei do Parcelamento do Solo.
- Lei Orgânica.
- Plano de Proteção Ambiental.
- Plano de Gestão de Bacias Hidrográficas.
- Código de Obras.
- Código de Postura.
- Lei do Sistema Viário;
- Lei do ICMS ecológico.
- Plano Diretor de Drenagem.

Na prática, os recursos citados acima, trarão impactos positivos nas projeções de crescimento urbano no que se refere à gestão das águas pluviais, em especial o Plano Diretor de Drenagem, que aprofunda as questões e impactos relacionados à drenagem urbana.

5.3.2. Medidas de controle de erosão e assoreamento

São comuns processos erosivos superficiais, por vezes intensos e localizados, devido principalmente às deficiências de microdrenagem, e por vezes não tão intensos e localizados, ou seja, difusos, que resultam em grandes montantes de aporte sólido aos corpos d'água receptores, decorrentes da presença de grandes áreas de exposição direta aos agentes de erosão. Isso acarreta aumento da frequência de enchentes e entupimentos de condutos e canais por sedimentos, assim como a degradação da qualidade da água. Dentro desse contexto, o controle da erosão urbana é fundamental tanto na manutenção da capacidade de escoamento do sistema de drenagem como na qualidade ambiental.

O controle da erosão urbana pode ser efetuado através de medidas não estruturais, como o planejamento adequado do uso e ocupação do solo no município, como também através de técnicas estruturais de controle. O planejamento para prevenção da erosão urbana consiste basicamente de um plano de ordenamento do assentamento urbano, que estabelece as normas básicas para evitar problemas



futuros, e planejar situações que favorecem o desencadeamento do processo erosivo e, no caso de espaços já ocupados, reduzir ou eliminar os possíveis efeitos negativos dessa ocupação.

No diagnóstico do sistema de drenagem urbana de Pingo D'Água, foi constatado que, devido ao relevo local e ao uso e ocupação do solo, processos erosivos de baixa expressão são comuns na zona urbana. A consequência disso é um aporte de sedimentos para a rede de drenagem, podendo causar ou agravar episódios de inundações. Esse processo pode se intensificar com o lançamento inadequado de resíduos sólidos urbanos nos cursos hídricos, o que torna necessária a adoção de medidas de controle de erosão.

Neste contexto, é importante a recuperação das áreas degradadas por erosão e/ou escorregamento através de medidas mecânicas, como o retaludamento; estruturais, como o aterramento com obras hidráulicas; ecológicas, como a revegetação; ou ainda de bioengenharia.

Da mesma maneira, é fundamental a adoção de medidas visando à prevenção da ocorrência de erosão e escorregamentos. Neste sentido, recomenda-se a revegetação de áreas desmatadas, especialmente de APPs (Áreas de Preservação Permanente); a instalação de dissipadores de energia, principalmente nos pontos de lançamento de drenagem; entre outras medidas que visem diminuir a força erosiva das águas pluviais ou ainda reduzir o escoamento superficial, aumentando a infiltração no solo.

Ainda com relação aos escorregamentos, propõe-se a remoção dos moradores das áreas de risco, a criação de políticas que inibam a ocupação dessas regiões, a implementação de programas de conscientização ambiental em relação ao risco de escorregamentos e, por fim, a instalação de pluviômetros com a função de monitoramento e alerta em pontos estratégicos do município.

É importante que todas as medidas citadas sejam tomadas juntamente ao planejamento do uso e da ocupação do solo do município, que será discutido mais detalhadamente adiante.

Existem diversas técnicas para controle de erosão, tanto urbana quanto rural. Segundo Rotta (2012), essas podem ser utilizadas para diferentes objetivos, tanto para prevenção como para controle, mitigação e/ou recuperação de áreas afetadas pela



erosão acelerada. O Quadro 44 agrupa as técnicas mais utilizadas em revisão da literatura especializada feita por Rotta (2012).

Segundo Batista, Nascimento e Barraud (2005), o controle de assoreamento também pode ser feito em bacias de detenções, dotando-as de estruturas de pré-tratamento (caixas de areia e decantadores), aplicando-as na conservação dos cursos hídricos.

Quadro 44 - Medidas para prevenção, controle, mitigação e/ou recuperação que podem ser usadas para áreas degradadas por processos erosivos.

	Medidas	Objetivo das medidas			
		Prevenção	Controle	Mitigação	Recuperação
Ecológicas	Revegetação	x	x	x	x
	Pastagem	x	x	x	x
	Faixa ripariana	x	x	x	x
	Zonas de buffer	x	x	x	x
	Barreira de galhos (brush barrier)	x	x	x	
Agrícolas	Plantas de cobertura	x	x	x	
	Culturas em faixa	x	x	x	
	Cordões de vegetação permanente	x	x	x	
	Faixas de bordadura	x	x	x	
	Alternância de capinas	x	x	x	
	Ceifa do mato	x	x	x	
	Cobertura morta	x	x	x	
	Controle do fogo	x			
	Adubação (verde, química e orgânica)	x	x	x	
	Plantio direto	x	x	x	
	Rotação de culturas	x	x	x	
Calagem				x	



		Medidas	Objetivo das medidas				
			Prevenção	Controle	Mitigação	Recuperação	
		Plantio em contorno	X	X	X	X	
Mecânicas		Terraceamento	X	X	X	X	
		Sulcos e camalhões em contorno	X				
		Canais escoadouros	X	X	X		
		Barragens	X	X	X		
		Adequação e conservação de estradas vicinais e carreadores	X	X	X		
		Caixas de infiltração	X	X	X		
		Aterramento		X	X	X	
		Rip Rap	X	X	X	X	
		Cordões de nível	X	X	X	X	
		Aterramento com resíduo		X	X	X	
		Retaludamento	X	X	X	X	
		Bermas	X	X	X	X	
		Barragem de sedimento	X	X	X		
Estruturais		Muro de contenção	X	X	X		
		Dique de proteção	X	X	X		
	Microdrenagem		Meios-fios/Guias	X	X	X	X
			Sarjetas	X	X	X	X
			Bocas de lobo/Bocas coletoras	X	X	X	X
			Galerias	X	X	X	X
			Poços de visita	X	X	X	X
			Tubos de ligações	X	X	X	X
	Caixas de ligação	X	X	X	X		



		Objetivo das medidas			
		Prevenção	Controle	Mitigação	Recuperação
Macro drenagem	Canais: naturais ou artificiais	X	X	X	X
	Dissipadores de energia	X	X	X	X
	Ressalto hidráulico: canais abertos		X	X	X
	Tipo SAF para nº Froude 1,7 a 17		X	X	X
	Tipo USBR II para nº Froude ≥ 4,5		X	X	X
	Tipo USBR III para nº Froude ≤ 4,5		X	X	X
	Tipo USBR IV para nº Froude 2,5 a 4,5		X	X	X
	Barragens	X	X	X	X
	Vertedores: Queda, Calha e Degrau "Cacimbo"		X	X	X
	Bacia de acumulação			X	X
	Bacias dissipadoras		X	X	X
	Proteção de taludes	X	X	X	X
	Aterramento com obras hidráulicas		X	X	X
	Obras de pavimentação	X	X	X	X
	Drenos		X	X	X
Bioengenharia	Gabião vegetado	X	X	X	X
	Geogrelha vegetada	X	X	X	X
	Mantas de gramíneas	X	X	X	X
	Sistemas de celas de confinamento	X	X	X	X
	Tapete biodegradável	X	X	X	

Fonte: Adaptado de Rotta, 2012.



5.3.3. Medidas para a redução da disposição de resíduos sólidos nos corpos d'água

Segundo Tucci (2005), à medida que a bacia é urbanizada, e a densidade populacional aumenta, a produção de sedimentos pode reduzir, mas outro problema aparece: a produção de resíduos sólidos urbanos. Esses resíduos obstruem ainda mais a drenagem e cria condições ambientais ainda piores. Ainda, segundo o autor, esse problema somente é minimizado com adequada frequência da coleta, educação da população e normatização. O volume de resíduos sólidos que chega à drenagem depende da eficiência dos serviços urbanos e de fatores diversos, como: frequência e cobertura da coleta de lixo, frequência da limpeza das ruas, reciclagem, forma de disposição do lixo pela população e frequência da precipitação.

Tucci e Neves (2009), citando Armitage (2001) apud Marais e Armitage (2004), trazem a informação que a varrição diária pode remover mais de 98% do lixo presente nas ruas. Os autores mostraram que, quando a razão entre o número médio de dias entre varrição e o número médio de dias entre chuvas significativas é 1, a eficiência da varrição é de apenas 50%, carreando o restante para os cursos hídricos. Ainda segundo os autores, a limpeza urbana é o fator de maior relação com a rede de drenagem, por estar mais suscetível a atingi-la.

De acordo com Tucci & Neves (2009), a gestão dos resíduos sólidos na drenagem urbana envolve ações de minimização do total gerado. Essa redução, por sua vez, pode ser feita através de *dois tipos de medidas: estruturais*, com a implantação das armadilhas ou estruturas de retenção; e *não estruturais*, envolvendo mudanças de atitude da comunidade (incluindo o comércio, a indústria e os residentes).

Porto (1995) cita os principais aspectos que as medidas não estruturais devem ter:

- Melhorar a qualidade do corpo receptor.
- Ser economicamente eficiente.
- Ser consistente com os objetivos do controle de qualidade da água do corpo receptor.
- Ser aplicável a toda a área da bacia.
- Ser aceitável pela população.



- Ser consistente com as medidas estruturais propostas ou implantadas.

A autora apresenta também as medidas não estruturais mais utilizadas, que estão descritas a seguir:

- Controle do uso do solo urbano.
- Regulamentação para áreas em construção, incluindo a obrigatoriedade da adoção das medidas de controle da produção de sedimentos, diminuindo a erosão local.
- Implantação de áreas verdes que reduzem as vazões e os volumes escoados superficialmente, assim como as cargas de sedimentos.
- Controle de ligações clandestinas de esgoto na rede de drenagem.
- Varrição de ruas e recolhimento do material grosseiro.
- Controle da coleta e disposição final dos resíduos.
- Educação da população, sensibilizando-a quanto às disposições finais dos resíduos sólidos.
- Instalação de placas de advertência para a não disposição de resíduos sólidos em local indevido, principalmente próximo aos corpos d'água.

Medidas não estruturais e preventivas quanto à geração de resíduos podem ser tomadas no sentido de melhorar os serviços urbanos, estando entre elas:

- Regular os empreendimentos com atuação no controle da implantação de construções urbanas.
- Criar mecanismos para redução das fontes de produção de resíduos.
- Implementar e/ou ampliar os programas de reciclagem visando recuperar o valor econômico agregado dos resíduos.
- Implementar ações de educação, conscientização e de incentivos à separação seletiva, entre outros (Tucci & Neves, 2009).

As medidas estruturais utilizam dispositivos de retenção, com destaque para os autolimpantes e exigem, por vezes, recursos altos que inviabilizam sua utilização (Tucci & Neves, 2009). Dessa maneira, o município com pouco recurso financeiro deve direcionar o seu foco para as medidas não estruturais apresentadas, as quais demandam menores gastos e apresentam, de modo geral, bons resultados para a redução da disposição de resíduos sólidos na drenagem urbana.

Com relação a medidas estruturais, Armitage et al. (1998, apud Tucci e Neves, 2009) fazem uma compilação das medidas autolimpantes, apresentada na Tabela 21.

Tabela 21 - Evolução das estruturas de retenção de resíduos sólidos — autolimpantes

Técnica	Esquema	Observações
Visage (1994): desvio do lixo para um reservatório com hastes inclinadas a 11°, fluxo para o centro e para baixo a jusante		Aderência às hastes em vazões baixas ou em altas com lixo inicial. Em grandes concentrações, acúmulo nas hastes ou entre a extremidade de jusante destas e a parede do canal.
Watson (1996) e Compion (1997): rampa inclinada a jusante e segregador horizontal na direção do fluxo. Largura do canal após a rampa duas vezes a inicial. Continuação do segregador inclinada		Efetiva em vazões altas ou com o nível de jusante alto. Problemas em longos períodos de vazões baixas por causa da deposição a montante. Observou-se aumento da presença de vórtices a jusante, ajudando a acomodação do lixo.
Beecham e Sablatnig (1994): modelaram 23 estruturas. As de melhores resultados são ilustradas ao lado, sendo o arranjo 23 considerado o mais efetivo		Maior potencial com barras horizontais; a inclusão de uma queda vertical dentro do arranjo reduz bastante a probabilidade de refluxo; e o armazenamento <i>off-line</i> do lixo disponibiliza área de armazenamento muito maior, cria menos perturbações no escoamento e possibilita um acesso muito melhor de limpeza e manutenção

Fonte: Armitage et al., 1998 apud Tucci e Neves, 2009.

5.3.4. Diretrizes para o controle do escoamento superficial

As medidas quanto a controle de escoamento superficial, ou também chamadas de técnicas compensatórias, podem também ser tanto não estruturais como estruturais. Segundo Baptista et al. (2005), as medidas não estruturais envolvem devida regulamentação, racionalização do uso do solo urbano, educação ambiental e tratamentos de fundo de vale. Estas procuram disciplinar ou adequar a ocupação



territorial, o comportamento da população frente à questão da drenagem e as questões econômicas.

Quanto às técnicas compensatórias estruturais, as mais difundidas estão apresentadas no Quadro 45.

Quadro 45 - Esquema das diferentes técnicas compensatórias estruturais

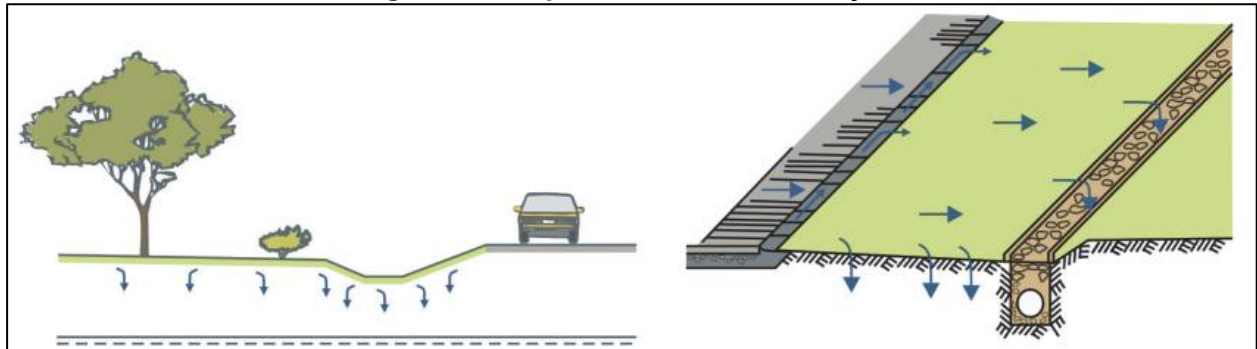
Bacias	Detenção e Retenção Infiltração Detenção/Retenção e Infiltração	
Obras lineares	Trincheiras Valas e Valetas	
	Pavimentos	Revestimentos permeáveis Pavimentos reservatório
Obras pontuais	Poços de infiltração Telhados Técnicas adaptadas à parcela	

Fonte: Adaptado de Baptista et al., 2005.

De acordo com Canholi (2005), essas técnicas podem tanto ser para controle local ou regional, as quais são também classificadas como controle de jusante devido ao posicionamento relativo de suas estruturas na bacia, como também de controle na fonte, que são estruturas distribuídas na bacia que buscam o controle do escoamento superficial o mais próximo possível da fonte geradora como, por exemplo, nos loteamentos, praças e vias urbanas. Como exemplo de medidas de controle local ou regional tem-se as bacias de detenção/retenção. As outras técnicas apresentadas no Quadro 45 (obras lineares e pontuais) são exemplos de medidas de controle na fonte. Todas essas medidas procuram agir diminuindo o pico do hidrograma na respectiva bacia.

FEAM (2006) recomenda para bacias **subparcialmente urbanizadas** adotar a legislação municipal como instrumento eficaz que promova a retenção e a percolação no solo das águas pluviais no perímetro urbano, tais como valas de infiltração - sistemas de drenos implantados paralelos às ruas, estradas e conjuntos habitacionais (Figura 80).

Figura 80 - Esquema de vala de infiltração

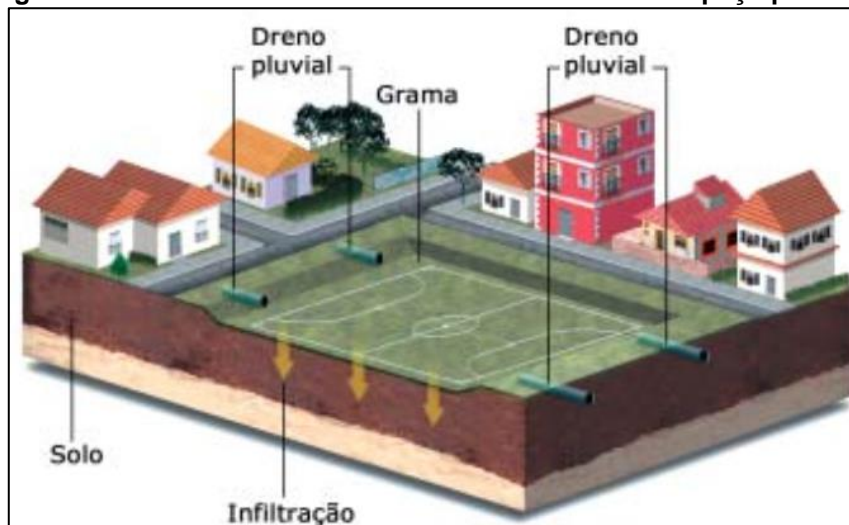


Fonte: SMDU, 2012.

FEAM (2006) também faz recomendações para situação de **bacias urbanizadas**, quando a ocupação das margens - e mesmo da calha do rio - encontra-se consolidada e, nestes casos, a renaturalização e mesmo uma revalorização ecológica são limitadas, restando ao administrador **intervir a montante** do trecho, buscando reduzir os picos de vazão. Algumas soluções para infiltração das águas superficiais para o solo são:

- Pequenos reservatórios em condomínios, parques, escolas.
- Bacia para amortecimento de cheias (Figura 81).
- Pavimentação das ruas com revestimentos semipermeáveis ou permeáveis, como bloquetes e blocos de concretos vazados.
- Parques e áreas gramadas.
- Medidas de apoio à população, sistema de alerta, de evacuação e de atendimento à comunidade atingida.
- Programa de educação ambiental.
- Implantação de interceptores de esgotos, viabilizando futuro tratamento.

Figura 81 - Bacia de amortecimento transformada em espaço pra lazer



Fonte: FEAM, 2012.

O diagnóstico do sistema de drenagem do município constatou que a sede já sofreu problemas com inundações. Desta forma, é imprescindível a adoção de medidas que atuem no controle do escoamento superficial.

Primeiramente, propõe-se a elaboração de um cadastro da rede de drenagem, visto que o município não possui esse tipo de informação sistematizada. O cadastro da rede de drenagem é um instrumento fundamental para o gerenciamento do sistema de micro e macrodrenagem, permitindo uma avaliação mais precisa das deficiências do sistema, subsidiando o planejamento da manutenção preventiva e facilitando a manutenção corretiva.

A partir da elaboração desse cadastro, propõe-se a expansão e melhoria da rede de microdrenagem, que é insuficiente no município em alguns pontos. Além disso, é necessário realizar um planejamento da manutenção da rede de micro e macrodrenagem, que ainda são realizadas apenas em situações emergenciais.

Para o controle das inundações, a Prefeitura Municipal pode considerar a instalação de estruturas de bacias de retenção/detenção e/ou infiltração para diminuir os picos de vazão que as provocam. Da mesma maneira, tanto na sede quanto na zona rural, é interessante a adoção de instrumentos eficazes que promovam retenção e percolação no solo das águas pluviais, tais como valas de infiltração, que consistem em sistemas de drenos implantados paralelos às ruas, estradas e conjuntos habitacionais.



Assim como no caso das medidas de controle de erosão e assoreamento, é importante a combinação de medidas estruturais, como as propostas, e não estruturais, como o planejamento do uso e da ocupação do solo do município, o que será discutido mais detalhadamente adiante.

5.3.5. Diretrizes para o tratamento dos fundos de vale

O lançamento de esgotos sem tratamento, a retirada da vegetação, a movimentação de terra e a ocupação intensiva do solo nos fundos de vale urbanos aceleram o escoamento superficial e a erosão do solo, assoreando os cursos d'água e provocando enchentes. Desta forma, os fundos de vale tornam-se áreas de risco para a população. Torna-se necessária a realização de planejamento detalhado desse uso do solo, que contemple os aspectos sociais, ambientais, econômicos e culturais da cidade, além das necessidades e aspirações da comunidade.

Como forma de planejamento, o Estatuto das Cidades (Lei Federal nº 10.257/2001) define o Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano como instrumento básico para orientar a política de desenvolvimento e de ordenamento da expansão urbana do município. Um dos instrumentos do Plano Diretor é a Lei de Uso e Ocupação do Solo, a qual, segundo Mota (1999), é considerada um instrumento essencial e obrigatório do controle do uso da terra, densidade populacional, localização, volume e finalidade das construções a serem edificadas, o que contribui para a adequada ocupação das áreas urbanas, evitando danos, não só para a população, como também para todo o meio físico e ambiental existente em seu entorno. Através dessa lei é definida a distribuição espacial das atividades socioeconômicas e da população, na cidade, através do zoneamento.

Em complementação à Lei de Uso e Ocupação do Solo, existem as Leis de Zoneamento, que especificam as exatas localizações, em uma região, onde determinados usos do solo são aceitáveis ou não, definindo parâmetros como taxa de ocupação e densidades populacionais, bem como os tipos de atividades (comercial, industrial, residencial, institucional, etc.). O zoneamento pode ser usado para restringir a intensidade e o tipo de desenvolvimento em áreas de risco, como as várzeas inundáveis e encostas.



Segundo a Lei de Parcelamento do Solo Urbano (Lei nº 6.766/1979), para o uso do solo em novos empreendimentos próximos às águas correntes, deve-se preservar uma faixa de 15 metros de cada lado do curso hídrico:

“Art. 4º. Os loteamentos deverão atender, pelo menos, aos seguintes requisitos

(...):

III - ao longo das águas correntes e dormentes e das faixas de domínio público das rodovias e ferrovias, será obrigatória a reserva de uma faixa não edificável de 15 (quinze) metros de cada lado, salvo maiores exigências da legislação específica”.

Em 2012, o Código Florestal (Lei nº 12.651/12) tornou-se mais restritivo à ocupação de APPs, vinculando o tamanho da faixa não edificável à largura do curso hídrico:

“Art. 4º Considera-se Área de Preservação Permanente, em zonas rurais ou urbanas, para os efeitos desta Lei:

I - as faixas marginais de qualquer curso d’água natural perene e intermitente, excluídos os efêmeros, desde a borda da calha do leito regular, em largura mínima de:

a) 30 (trinta) metros, para os cursos d’água de menos de 10 (dez) metros de largura;

b) 50 (cinquenta) metros, para os cursos d’água que tenham de 10 (dez) a 50 (cinquenta) metros de largura;

c) 100 (cem) metros, para os cursos d’água que tenham de 50 (cinquenta) a 200 (duzentos) metros de largura;

d) 200 (duzentos) metros, para os cursos d’água que tenham de 200 (duzentos) a 600 (seiscentos) metros de largura;

e) 500 (quinhentos) metros, para os cursos d’água que tenham largura superior a 600 (seiscentos) metros;

II - as áreas no entorno dos lagos e lagoas naturais, em faixa com largura mínima de:



- a) 100 (cem) metros, em zonas rurais, exceto para o corpo d'água com até 20 (vinte) hectares de superfície, cuja faixa marginal será de 50 (cinquenta) metros;
- b) 30 (trinta) metros, em zonas urbanas;
- III - as áreas no entorno dos reservatórios d'água artificiais, decorrentes de barramento ou represamento de cursos d'água naturais, na faixa definida na licença ambiental do empreendimento;
- IV - as áreas no entorno das nascentes e dos olhos d'água perenes, qualquer que seja sua situação topográfica, no raio mínimo de 50 (cinquenta) metros;
- V - as encostas ou partes destas com declividade superior a 45°, equivalente a 100% (cem por cento) na linha de maior declive”.

O Código Florestal traz, ainda, normatizações específicas para APPs em zonas urbanas consolidadas e, neste caso, a faixa a ser conservada se assemelha aos valores da Lei do Parcelamento dos Solos:

“Art. 65. Na regularização fundiária de interesse específico dos núcleos urbanos informais inseridos em área urbana consolidada e que ocupem Áreas de Preservação Permanente não identificadas como áreas de risco, a regularização ambiental será admitida por meio da aprovação do projeto de regularização fundiária, na forma da lei específica de regularização fundiária urbana

(...)

§ 2º Para fins da regularização ambiental prevista no caput, ao longo dos rios ou de qualquer curso d'água, será mantida faixa não edificável com largura mínima de 15 (quinze) metros de cada lado”.

Um programa com diretrizes para fundos de vale deve ser desenvolvido considerando:

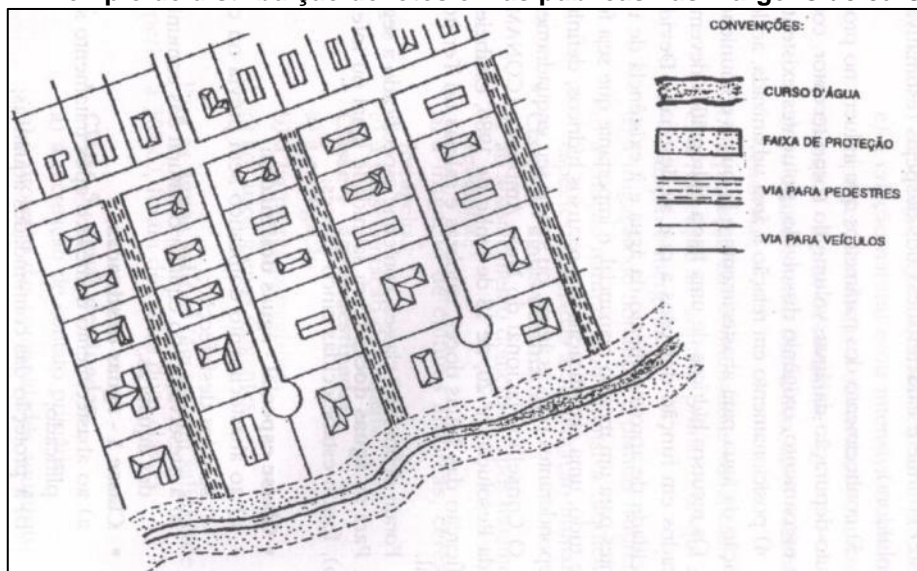
- Estudos hidrológicos considerando cheias com o tempo de retorno de 100 anos.
- Preservação dos recursos hídricos (quantitativos e qualitativos).



- Legislações específicas, sobretudo as que normatizam as faixas não edificáveis.
- Estudos geológicos e geotécnicos em áreas de riscos.
- Processos erosivos inerentes aos tipos de solo.
- Proteção do sistema natural de drenagem, preservando os caminhos do escoamento natural.

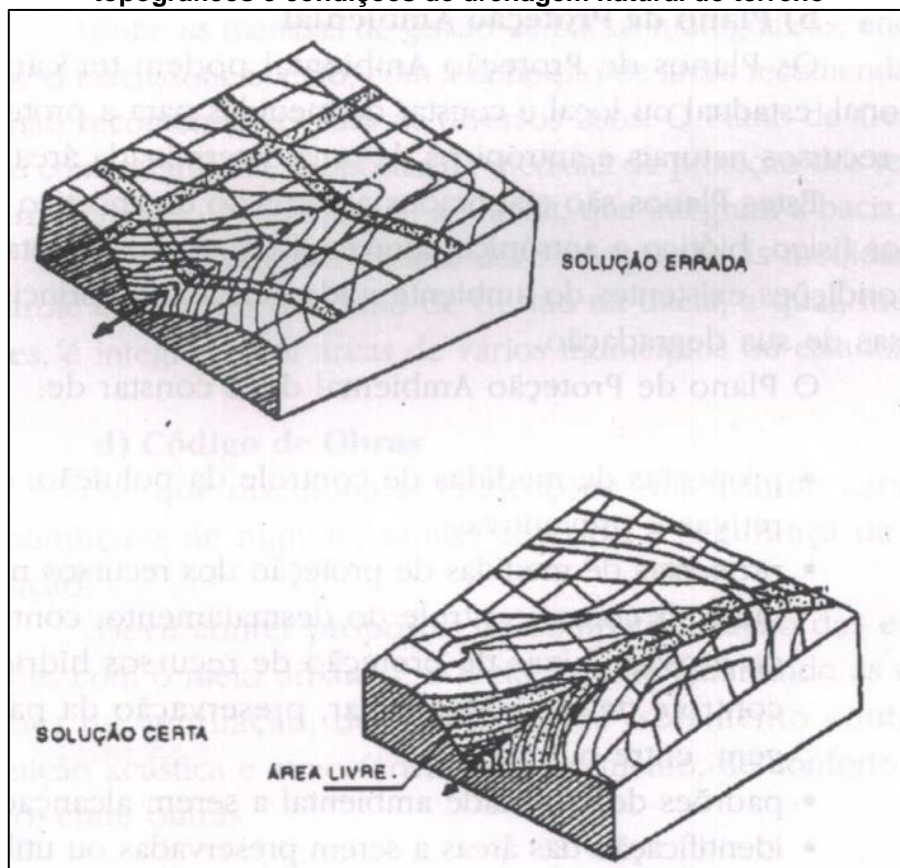
Mota (2003) apresenta, de forma didática, como orientar as ocupações urbanas ao longo das margens de cursos hídricos (Figura 82). Pode-se observar que as vias para veículos não acessam o fundo do vale (o que pode trazer resultados positivos a favor do não lançamento de resíduos), porém os pedestres têm acesso às áreas verdes e APPs instaladas nas faixas de proteção. Mota exemplifica como fazer um loteamento respeitando os aspectos topográficos do terreno (Figura 83).

Figura 82 - Exemplo de distribuição de lotes e vias públicas nas margens de cursos d'água



Fonte: Mota, 2003.

Figura 83 - Exemplo de parcelamento do solo considerando aspectos topográficos e condições de drenagem natural do terreno



Fonte: Mota, 2003.

5.4. Sistema de Limpeza Urbana e Manejo de Resíduos Sólidos

5.4.1. Projeções e estimativa de demanda do Sistema de Limpeza Urbana e Manejo de Resíduos Sólidos

5.4.1.1. Resíduos sólidos domiciliares

Utilizando a metodologia apresentada pelo Ministério do Meio Ambiente (2013), é possível prever o crescimento da demanda pelos serviços de manejo de resíduos sólidos e limpeza urbana a partir da projeção populacional, considerando a produção de resíduos urbanos *per capita* até o ano de 2038. A média da massa de RSU, *per capita* em relação à população urbana, por faixa populacional utilizada nesta projeção é de 0,81kg/hab.dia para municípios com até 30 mil habitantes de acordo com MMA (2012). O Quadro 46 apresenta a projeção da geração de resíduos ano a ano para o horizonte de planejamento.



Quadro 46 - Projeção da geração de resíduos.

Ano	População urbana (hab)	População rural (hab)	População total (hab)	Quantidade de resíduos gerados (ton/dia)	Quantidade de resíduos gerados (ton/ano)
2017	4.552	450	5.002	4,1	1.478,8
2018	4.606	457	5.063	4,1	1.496,9
2019	4.667	462	5.129	4,2	1.516,4
2020	4.725	463	5.188	4,2	1.533,8
2021	4.776	469	5.245	4,2	1.550,7
2022	4.834	476	5.310	4,3	1.569,9
2023	4.887	481	5.368	4,3	1.587,0
2024	4.942	482	5.424	4,4	1.603,6
2025	4.992	488	5.480	4,4	1.620,2
2026	5.045	492	5.537	4,5	1.637,0
2027	5.093	490	5.583	4,5	1.650,6
2028	5.140	496	5.636	4,6	1.666,3
2029	5.185	502	5.687	4,6	1.681,4
2030	5.243	506	5.749	4,7	1.699,7
2031	5.292	510	5.802	4,7	1.715,4
2032	5.336	518	5.854	4,7	1.730,7
2033	5.379	521	5.900	4,8	1.744,3
2034	5.428	527	5.955	4,8	1.760,6
2035	5.472	533	6.005	4,9	1.775,4
2036	5.514	535	6.049	4,9	1.788,4
2037	5.561	540	6.101	4,9	1.803,8
2038	5.603	545	6.148	5,0	1.817,7

Fonte: SHS, 2017.



5.4.1.2. Resíduos recicláveis

Para a realização dos estudos de projeção de demanda dos serviços de manejo de resíduos sólidos para resíduos passíveis de reciclagem, foram utilizados valores médios da composição gravimétrica dos resíduos sólidos gerados no Brasil, conforme apresentado em 2012 na versão preliminar do Plano Nacional de Resíduos Sólidos (versão para consulta pública). O Quadro 21 apresenta a composição gravimétrica típica dos resíduos urbanos gerados no Brasil.

Quadro 47 - Estimativa da composição gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos coletados no Brasil em 2008.

Resíduos	Participação (%)	Quantidade (t/dia)
Material reciclável	31,9	58.527,40
Metais	2,9	5.293,50
Aço	2,3	4.213,70
Alumínio	0,6	1.079,90
Papel, papelão e tetrapak	13,1	23.997,40
Plástico total	13,5	24.847,90
Plástico filme	8,9	16.399,60
Plástico rígido	4,6	8.448,30
Vidro	2,4	4.388,60
Matéria orgânica	51,4	94.335,10
Outros	16,7	30.618,90
Total	100,0	183.481,50

Fonte: IBGE, 2010 apud Ministério do Meio Ambiente, 2012.

Considerou-se a média nacional de resíduos recicláveis na massa de resíduos gerados de 31,9% para projetar uma redução de 100% desse tipo de resíduo a ser enviado à disposição final em aterro sanitário até o ano de 2038, conforme mostrado no Quadro 48. Assim, o quadro apresenta o cenário projetado para a redução (incidente sobre os parâmetros atuais de disposição) dos resíduos a serem dispostos no aterro, considerando somente o reaproveitamento dos resíduos secos passíveis de reciclagem.



Quadro 48 - Metas para redução de resíduos secos recicláveis enviados à disposição final

Ano	Quantidade de resíduos gerados (ton/ano)	Quantidade de resíduos recicláveis secos gerados (ton/ano)	Percentual de aproveitamento dos resíduos recicláveis secos (%)	Quantidade de resíduos recicláveis secos aproveitados (ton/ano)	Quantidade de resíduos enviados ao aterro (ton/ano)
2017	1.479	472	0	0	1.479
2018	1.497	478	0	0	1.497
2019	1.516	484	5	24	1.492
2020	1.534	489	10	49	1.485
2021	1.551	495	15	74	1.476
2022	1.570	501	20	100	1.470
2023	1.587	506	25	127	1.460
2024	1.604	512	30	153	1.450
2025	1.620	517	35	181	1.439
2026	1.637	522	40	209	1.428
2027	1.651	527	45	237	1.414
2028	1.666	532	50	266	1.401
2029	1.681	536	55	295	1.386
2030	1.700	542	60	325	1.374
2031	1.715	547	65	356	1.360
2032	1.731	552	70	386	1.344
2033	1.744	556	75	417	1.327
2034	1.761	562	80	449	1.311
2035	1.775	566	85	481	1.294
2036	1.788	570	90	513	1.275
2037	1.804	575	95	547	1.257
2038	1.818	580	100	580	1.238

Fonte: SHS, 2017.



5.4.1.3. Resíduos orgânicos

A matéria orgânica presente nos resíduos domiciliares é passível de ser destinada a processos de tratamento, podendo ser considerada como resíduo úmido reciclável. Considerando a composição gravimétrica média dos resíduos urbanos, apresentada no Quadro 21, a matéria orgânica possui uma contribuição expressiva de 51,4% em peso na composição dos resíduos sólidos urbanos. Sendo assim, sua destinação para processos de reaproveitamento, como a compostagem e a adubação (resíduos de poda e capina), poderia contribuir de forma significativa para reduzir a quantidade de resíduos dispostos em aterros.

Para a estimativa de redução de resíduos enviados à disposição final em aterro sanitário devido ao reaproveitamento de resíduos úmidos recicláveis, foi considerada a média nacional de 51,4% e uma meta de reciclagem destes de 100%, a ser alcançada em 2038. Assim, o Quadro 49 apresenta o cenário projetado para a redução (incidente sobre os parâmetros atuais de disposição) dos resíduos a serem dispostos no aterro considerando somente o reaproveitamento dos resíduos úmidos passíveis de reciclagem.

Quadro 49 - Metas para redução de resíduos orgânicos enviados à disposição final

Ano	Quantidade de resíduos gerados (ton/ano)	Quantidade de resíduos orgânicos gerados (ton/ano)	Percentual de aproveitamento dos resíduos orgânicos recicláveis (%)	Quantidade de resíduos orgânicos aproveitados (ton/ano)	Quantidade de resíduos enviados ao aterro (ton/ano)
2017	1.479	760	0	0	1.479
2018	1.497	769	0	0	1.497
2019	1.516	779	5	39	1.477
2020	1.534	788	10	79	1.455
2021	1.551	797	15	120	1.431
2022	1.570	807	20	161	1.409
2023	1.587	816	25	204	1.383
2024	1.604	824	30	247	1.356



Ano	Quantidade de resíduos gerados (ton/ano)	Quantidade de resíduos orgânicos gerados (ton/ano)	Percentual de aproveitamento dos resíduos orgânicos recicláveis (%)	Quantidade de resíduos orgânicos aproveitados (ton/ano)	Quantidade de resíduos enviados ao aterro (ton/ano)
2025	1.620	833	35	291	1.329
2026	1.637	841	40	337	1.300
2027	1.651	848	45	382	1.269
2028	1.666	856	50	428	1.238
2029	1.681	864	55	475	1.206
2030	1.700	874	60	524	1.176
2031	1.715	882	65	573	1.142
2032	1.731	890	70	623	1.108
2033	1.744	897	75	672	1.072
2034	1.761	905	80	724	1.037
2035	1.775	913	85	776	1.000
2036	1.788	919	90	827	961
2037	1.804	927	95	881	923
2038	1.818	934	100	934	883

Fonte: SHS, 2017.

5.4.1.4. Rejeitos

Os rejeitos podem ser definidos como resíduos sólidos que não podem ser aproveitados, cuja disposição final ambientalmente adequada é feita em um aterro sanitário. A destinação de resíduos recicláveis secos e úmidos para processos de reciclagem e compostagem reduz, de forma significativa, a quantidade de material disposta em aterros.

O Quadro 50 apresenta o cenário projetado para Pingo D'Água em relação aos rejeitos, considerando o cumprimento das metas estabelecidas para reaproveitamento dos resíduos recicláveis secos e orgânicos.



Quadro 50 - Cenário projetado para os rejeitos enviados à disposição final

Ano	Quantidade de resíduos gerados (ton/ano)	Quantidade de resíduos recicláveis secos aproveitados (ton/ano)	Quantidade de resíduos orgânicos aproveitados (ton/ano)	Quantidade de resíduos enviados ao aterro (ton/ano)	Porcentagem de resíduos aproveitados não enviados à disposição final (%)
2017	1.479	0	0	1.479	0
2018	1.497	0	0	1.497	0
2019	1.516	24	39	1.453	4
2020	1.534	49	79	1.406	8
2021	1.551	74	120	1.357	12
2022	1.570	100	161	1.308	17
2023	1.587	127	204	1.257	21
2024	1.604	153	247	1.203	25
2025	1.620	181	291	1.148	29
2026	1.637	209	337	1.092	33
2027	1.651	237	382	1.032	37
2028	1.666	266	428	972	42
2029	1.681	295	475	911	46
2030	1.700	325	524	850	50
2031	1.715	356	573	787	54
2032	1.731	386	623	722	58
2033	1.744	417	672	655	62
2034	1.761	449	724	587	67
2035	1.775	481	776	518	71
2036	1.788	513	827	448	75
2037	1.804	547	881	376	79
2038	1.818	580	934	304	83

Fonte: SHS, 2017.



Como apontado pelos dados apresentados no Quadro 50, a quantidade de resíduos dispostos em aterros sanitários é significativamente reduzida quando se procede com a reciclagem de ao menos parte dos resíduos recicláveis secos e orgânicos. Isso aumenta a vida útil do aterro sanitário, bem como diminui os custos de disposição final dos rejeitos.

A projeção aponta que, sem considerar as metas de redução e reaproveitamento de resíduos recicláveis e orgânicos, a quantidade de resíduos aterrados teria uma pequena diminuição ao longo dos anos, sendo, para o ano de 2038, 1.818 ton/ano. Entretanto, caso atingidas as metas de reciclagem dos resíduos recicláveis secos e dos resíduos orgânicos, haveria uma redução mais expressiva da quantidade de resíduos aterrados, de até 100% para 2038, sendo enviado para disposição final 304 ton/ano.

Neste sentido, ficam evidentes as vantagens do estabelecimento de programas e ações para que se aproveite ao máximo os resíduos recicláveis secos e orgânicos presentes nos resíduos sólidos urbanos. A recuperação desses materiais permitiria, além de substancial redução nos custos de disposição final e aumento da vida útil de aterros, o incentivo a projetos de iniciativa socioambiental, como a formação ou o fortalecimento de associações ou cooperativas de catadores, gerando alternativas de emprego e renda. Outro aspecto interessante é o uso dos insumos orgânicos gerados pelo reaproveitamento ou compostagem dos resíduos orgânicos em hortas comunitárias e espaços públicos, bem como a comercialização dos mesmos.

5.4.2. Cálculo dos custos da prestação dos serviços

Os objetivos deste item são: analisar as receitas e despesas do município oriundas da prestação dos serviços públicos de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos; e propor métodos de cálculo e formas de cobrança para as taxas aplicadas aos mesmos.

5.4.2.1. Panorama do setor

O Quadro 16 apresenta a evolução de despesas e receitas associadas à prestação de serviços de manejo de resíduos sólidos do município de Pingo D'Água, conforme dados do SNIS.



Quadro 51 - Informações sobre o manejo de resíduos sólidos

Descrição	Unidade	Ano de Referência		
		2013	2014	2015
Custo unitário médio do serviço de coleta (RDO + RPU)	R\$/tonelada	S/I	S/I	440
Receita orçada com serviços de manejo de RSU	R\$/ano	S/I	S/I	S/I
Receita arrecadada com serviços de manejo de RSU	R\$/ano	S/I	S/I	30.389,08
Despesa total com o serviço de coleta de RDO e RPU	R\$/ano	S/I	S/I	193.072,00
Despesa total com a coleta de RSS	R\$/ano	S/I	6.296,50	0
Despesa total com o serviço de varrição	R\$/ano	S/I	S/I	4.783,00
Despesa total com todos os agentes executores dos demais serviços quando não especificados em campos próprios	R\$/ano	S/I	S/I	200.636,00
Despesa total com serviços de manejo de RSU	R\$/ano	S/I	S/I	398.491,00
Resultado	R\$/ano	S/I	-6.296,50	-368.101,92
RSU: Resíduos sólidos urbanos; RDO: Resíduos sólidos domiciliares e resíduos comerciais com características similares; RPU: Resíduos sólidos públicos; RCC: Resíduos de construção e demolição; RSS: Resíduos sólidos dos serviços de saúde S/I: Sem informação.				

Fonte: SNIS, 2017.

É possível perceber que o município passou a arrecadar receita com o serviço de manejo dos resíduos sólidos somente a partir de 2015. Mesmo assim, as receitas arrecadadas são muito inferiores às despesas, resultando em *déficit* econômico, inviabilizando a sustentabilidade financeira do sistema.

Neste contexto, há alguns desafios a serem vencidos e que devem ser considerados nas metodologias propostas para o cálculo da taxa, tais como:

- Ampliar a autossuficiência econômica do setor, conforme determina a Lei n.º 11.445/07, isto é, diminuir o *déficit* operacional.



- Observar o princípio do poluidor-pagador, que busca atribuir o ônus das despesas proporcionalmente à capacidade do agente de gerar resíduos.
- Observar o **princípio da isonomia** (CF, art. 150, II).
- Observar o **princípio da capacidade contributiva** (CF, art. 145, § 1º).

5.4.2.2. Princípio da isonomia

Pela Constituição Federal, a lei, em princípio, não deve dar tratamento desigual a contribuintes que se encontrem em situação equivalente (CF, art. 150, II).

O tributo progressivo, com alíquotas crescentes por faixas de renda, por exemplo, não fere o princípio da isonomia. A igualdade aparece aqui de forma bastante elaborada na proporcionalidade da incidência em função da utilidade marginal da riqueza. Em outras palavras, quanto maior a disponibilidade econômica, maior será a parcela desta com utilizações distantes das essenciais e próximas do consumo supérfluo, logo, maior a produção de resíduos sólidos e conseqüentemente do custo dos serviços de coleta e remoção de lixo, contemplando, aqui, inclusive o inciso IV, § 1º do art. 29 da Lei n.º 11.445/07, que dispõe que a instituição da taxa de coleta e remoção do lixo deve, entre outros objetivos, inibir o consumo supérfluo e o desperdício de recursos.

5.4.2.3. Princípio da capacidade contributiva

Também faz parte da isonomia tratar os desiguais de modo desigual, devendo, assim, o tributo ser cobrado de acordo com as possibilidades econômicas de cada um (CF, art. 145, § 1º).

Não existe unanimidade quanto ao entendimento acerca da capacidade contributiva ou capacidade econômica do contribuinte. Geralmente, critérios como área construída e extensão da testada do imóvel são utilizados nos métodos de cálculo como uma forma de respeitar a capacidade de pagamento do contribuinte, nos termos estabelecidos do inciso VI do art. 30 da Lei n.º 11.445/07.

5.4.2.4. Metodologias de cálculo da taxa de coleta de lixo

Os modelos apresentados seguem as diretrizes estabelecidas pela Lei Federal n.º 11.445, de 05/01/2007, que trata das diretrizes nacionais para o saneamento



básico. Cabe destacar também que o conteúdo dessa proposta se amolda ao disposto na Súmula Vinculante n.º 19 do Supremo Tribunal Federal – STF, que diz:

“A taxa cobrada exclusivamente em razão dos serviços públicos de coleta, remoção e tratamento ou destinação de lixo ou resíduos provenientes de imóveis não viola o artigo 145, ii, da Constituição Federal.”

Ainda observando a referida súmula, essa proposta trata como específicos e divisíveis os serviços públicos de coleta, remoção e tratamento ou destinação de lixo ou resíduos provenientes de imóveis,

“desde que essas atividades sejam completamente dissociadas de outros serviços públicos de limpeza realizados em benefício da população em geral (utiuniversi) e de forma indivisível, tais como os de conservação e limpeza de logradouros e bens públicos (praças, calçadas, vias, ruas, bueiros).

Decorre daí que as taxas cobradas em razão exclusivamente dos serviços públicos de coleta, remoção e tratamento ou destinação de lixo ou resíduos provenientes de imóveis são constitucionais, ao passo que é inconstitucional a cobrança de valores tidos como taxa em razão de serviços de conservação e limpeza de logradouros e bens públicos. (...) Além disso, no que diz respeito ao argumento da utilização de base de cálculo própria de impostos, o Tribunal reconhece a constitucionalidade de taxas que na apuração do montante devido, adote um ou mais dos elementos que compõem a base de cálculo própria de determinado imposto, desde que não se verifique identidade integral entre uma base e a outra”. RE 576.321 RG-QO - STF (DJe 13.2.2009) - Relator Ministro Ricardo Lewandowski - Tribunal Pleno.

As metodologias de cálculo e as formas de cobrança propostas visam à instituição ou alteração da taxa de coleta de lixo do município, segundo sua definição na própria Constituição Federal, no bojo do inciso II do art. 145: “é o tributo cobrado pelo exercício do poder de polícia ou pela utilização, efetiva ou potencial, de serviços públicos específicos e divisíveis, prestados ao contribuinte ou postos a sua disposição”.

Portanto, taxa, além de espécie de tributo, é espécie de tributo vinculado quanto à hipótese de incidência. Ela é oriunda de uma atividade estatal especificamente referida e disponibilizada ao contribuinte. Essa característica é que constitui a hipótese



de incidência. A taxa provém de um exercício regular de poder de polícia ou uma prestação, efetiva ou potencial de serviço público específico e divisível.

No caso em apreço, trata-se de uma taxa de serviços que, aos moldes da Súmula Vinculante n.º 19, é uma atuação estatal única e determinada fruída em separado por cada contribuinte. Assim, nada impede que haja uma taxa de coleta de lixo, pois nesse caso o serviço é fruído em separado.

5.4.2.4.1. Rateio dos custos pelo número de economias

Este modelo é baseado na proposta apresentada no Manual de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos, elaborado pelo IBAM (2001) em parceria com o Governo Federal.

De acordo com esta metodologia, o valor unitário da Taxa de Coleta de Lixo (TCL) pode ser calculado simplesmente dividindo-se o custo total anual ou mensal da coleta de lixo domiciliar pelo número de domicílios existentes na cidade.

Desta maneira, é possível simular quanto teria sido essa taxa no município de Pingo D'Água. Segundo a projeção populacional, a população do município em 2017 era de 5.002 habitantes. Considerando uma média de 3,3 habitantes por domicílio, estima-se que havia 1.516 domicílios no município. Se os serviços fossem de fato oferecidos a todos esses domicílios, poder-se-ia contabilizá-los em sua íntegra nos cálculos. Dividindo-se o custo total dos serviços de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos (R\$368.101,92), calculado com base nos dados do SNIS, pelo número estimado de domicílios atendidos, a taxa anual de coleta de lixo seria de R\$242,85, ou seja, aproximadamente de R\$20,00 por mês por domicílio.

Este modelo, embora vantajoso por sua simplicidade, não considera a capacidade de pagamento do contribuinte e não diferencia o grande gerador de resíduos sólidos dos geradores de porte “normal” ou “doméstico”, os quais geram volumes significativamente menores de resíduos. Desta maneira, o IBAM (2001) recomenda que sejam considerados outros fatores, como o fator social, que é função do poder aquisitivo médio dos moradores de determinadas regiões e que torna a cobrança socialmente mais justa. Também é citado o fator operacional, que considera as peculiaridades de cada imóvel por conta de sua tipologia (comercial, residencial,



industrial, etc.) ou pode ser adotado um fator que considere os locais em função do esforço, em pessoal ou em equipamentos, empregados no sistema de coleta.

5.4.2.4.2. Cálculo baseado na tipologia do gerador

Esta metodologia leva em consideração o porte do gerador em função do volume de resíduos gerado por determinado período (dia, semana ou mês), a saber, pequenos, médios e grandes geradores. Para que seja possível aplicá-la, um cadastro dos geradores comerciais e industriais deve ser elaborado e atualizado anualmente. Esse cadastro deve conter informações sobre quantidades geradas, características dos resíduos, entre outras informações que possam ser consideradas relevantes para a coleta e destinação dos resíduos.

A seguir, são apresentadas as formas de cálculo da taxa de coleta de lixo para cada categoria.

Pequeno gerador

Enquadram-se nesta categoria os domicílios, estabelecimentos comerciais, prestadores de serviço e indústrias que geram pequenas quantidades de resíduos, isto é, menos de 100L/dia.

Para esse tipo de gerador, o cálculo da taxa é feito de forma análoga à descrita no item 5.4.2.4.1, de acordo com a seguinte fórmula:

$$Taxa_{Lixo (P)}(R\$) = \frac{\text{custos com a coleta convencional (R\$)}}{n^{\circ} \text{ de usuários (residências, comércios e serviços)}}$$

Para os geradores que não ultrapassam 100L/dia, a Prefeitura Municipal deve se responsabilizar pela retirada de:

- Resíduos domiciliares.
- Materiais de varredura domiciliar.
- Resíduos originários de restaurantes, bares, hotéis, quartéis, mercados, matadouros, abatedouros, cemitérios, recinto de exposições, edifícios públicos em geral, resíduos de estabelecimentos comerciais e resíduos inócuos de estabelecimentos industriais.



- Restos de limpeza e de poda de jardim, desde que caibam em recipientes de 100L.
- Restos de móveis, de colchões, de utensílios, de mudanças e outros similares, em pedaços, que fiquem contidos em recipiente de até 100L.
- Animais mortos, de pequeno porte.

Médio gerador

Enquadram-se nesta categoria os estabelecimentos comerciais e industriais que geram entre 100 e 200L/dia de resíduos sólidos.

Para geradores desse porte, a taxa é calculada com base em alíquotas fixas incidentes sobre o valor locativo anual dos imóveis, na porcentagem de 1,5%. Destaca-se que o valor locativo anual dos prédios representa 10% do valor venal.

$$Valor_{locativo}(R\$) = 10\% \times Valor_{venal}(R\$)$$

$$Taxa_{Lixo (P)}(R\$) = 1,5\% \times Valor_{locativo}(R\$)$$

Grande gerador

Enquadram-se nessa categoria os estabelecimentos comerciais e industriais que geram mais de 200L/dia de resíduos sólidos.

Para os geradores deste porte, a taxa é calculada com base em alíquotas fixas incidentes sobre o valor locativo anual dos imóveis, na porcentagem de 3%. Destaca-se que o valor locativo anual dos prédios representa 10% do valor venal.

$$Valor_{locativo}(R\$) = 10\% \times Valor_{venal}(R\$)$$

$$Taxa_{Lixo (P)}(R\$) = 3\% \times Valor_{locativo}(R\$)$$

Os médios e grandes geradores que tiverem interesse em que a Prefeitura Municipal colete seus resíduos deverão proceder à comunicação formal e se cadastrar junto à administração pública do município. Nesses casos, a Prefeitura poderá realizar a retirada dos seguintes materiais, mediante pagamento:



- Animais mortos de grande porte.
- Móveis, colchões, utensílios, sobras de mudanças e outros similares, cujos volumes excedam o limite de 100L/dia.
- Restos de limpeza e de poda que excedam o volume de 100L.
- Resíduos industriais ou comerciais, não perigosos, de volume superior a 100L.
- Entulho, terra e sobras de materiais de construção de volume superior a 50L.

5.4.2.4.3. Cálculo baseado na área construída do imóvel

Este método leva em consideração a área construída do imóvel ou ainda sua testada, partindo do pressuposto de que a geração de lixo é diretamente proporcional ao tamanho do imóvel. Neste caso, em geral, a taxa de coleta de lixo é calculada pelo produto de um fator de referência tabelado, que pode ser relacionado à localização e/ou tipo (domiciliar, comercial ou industrial) do imóvel; à área construída e da Unidade Fiscal do Município (UFM). Ao acrescentar a variável referente à dimensão do imóvel essa metodologia busca tornar a taxa mais justa, cobrando mais dos usuários que gerem maior pressão sobre o sistema de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos.

$$Taxa_{lixo} = \text{fator de referência} \times \text{área construída ou testada do imóvel} \times UFM$$

A fim de ilustrar a metodologia, foi realizada uma simulação considerando UFM = R\$20,00 e os fatores de referência da Tabela 22, que consideram o tipo do imóvel (residencial ou comercial) e sua localização, supondo uma divisão hipotética do município em três zonas residenciais e duas comerciais, conforme ilustrado na tabela apresentada a seguir.



Tabela 22 - Fatores de referência hipotéticos para o cálculo da taxa de coleta de lixo baseado na área construída do imóvel

Zonas		Fator de referência
A	Residencial 1	0,10
B	Residencial 2	0,15
C	Residencial 3	0,20
D	Comercial 1	0,25
E	Comercial 2	0,50

Fonte: SHS, 2017.

Assim, foram simuladas as taxas de coleta de lixo baseadas neste método para imóveis hipotéticos de áreas construídas de 50 e 100m² de cada zona determinada (Tabela 23).

Tabela 23 - Simulação das taxas de coleta de lixo baseadas na área construída do imóvel

Zona	Fator de referência	Área construída (m ²)	Taxa anual de coleta de lixo (R\$)	Taxa mensal de coleta de lixo (R\$)
Residencial 1	0,10	50	R\$ 150,00	R\$ 12,50
Residencial 1	0,10	100	R\$ 300,00	R\$ 25,00
Residencial 2	0,15	50	R\$ 200,00	R\$ 16,67
Residencial 2	0,15	100	R\$ 400,00	R\$ 33,33
Residencial 3	0,20	50	R\$ 250,00	R\$ 20,83
Residencial 3	0,20	100	R\$ 500,00	R\$ 41,67
Comercial 1	0,25	50	R\$ 300,00	R\$ 25,00
Comercial 1	0,25	100	R\$ 600,00	R\$ 50,00
Comercial 2	0,40	50	R\$ 500,00	R\$ 41,67
Comercial 2	0,40	100	R\$ 1.000,00	R\$ 83,33

Fonte: SHS, 2017.



5.4.2.4.4. Cálculo baseado no consumo de água

De forma geral, as metodologias utilizadas até o momento têm se mostrado pouco eficazes em atender ao princípio que permite cobrar do gerador de resíduos sólidos de acordo com a sua capacidade de produzir tais resíduos. A área construída e a localização do imóvel são critérios bastante razoáveis para atender ao princípio da capacidade pagamento, mas pouco eficazes quanto à capacidade geradora.

Sabe-se que a geração de resíduos sólidos está associada a fatores como renda, idade e nível educacional, difíceis de serem mensurados. Entretanto, recentemente, alguns estudos têm mostrado que há significativa correlação entre o consumo de água por economias (ou domicílios) e geração de resíduos.

Assim, a metodologia proposta por D'ella (2000 *apud* Onofre, 2011) consiste em incluir o volume de água consumido pelas economias no cálculo da taxa de coleta de lixo, como na equação a seguir.

$$Taxa_{Lixo} = \left(\frac{\text{consumo de água da economia (m}^3\text{)}}{\text{consumo de água total no município (m}^3\text{)}} \right) \times \text{custo dos serviços (R\$)}$$

É possível simular quanto teria sido essa taxa no município de Pingo D'Água para domicílios com diferentes padrões de consumo de água. Foram utilizados os mesmos dados considerados no cálculo da taxa pelo método do rateio dos custos pelo número de economias, isto é, população urbana de 5.002 habitantes, total de 1.516 domicílios e custo total dos serviços de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos de R\$ 368.101,92. Foi estimado ainda o consumo de água total na área urbana do município a partir do valor do consumo *per capita* de água indicado pela COPASA (168,41 L/hab.dia), resultando em um total de 307.471m³ de água consumidos.

A partir desses valores, foram simuladas as taxas de coleta de lixo urbano que seriam aplicadas para domicílios com consumo anual de água de 50, 100, 150 e 200m³ (Tabela 24). Como é possível observar, essa metodologia permite que o pagamento da taxa seja proporcional à geração de lixo pela economia, observando o princípio do poluidor-pagador.



Tabela 24 - Simulação das taxas de coleta de resíduos sólidos baseadas no consumo de água

Consumo anual de água da economia (m ³)	Taxa anual de coleta de lixo urbano	Taxa mensal de coleta de lixo urbano
50	R\$ 59,86	R\$ 4,99
100	R\$ 119,72	R\$ 9,98
150	R\$ 179,58	R\$ 14,96
200	R\$ 239,44	R\$ 19,95

Fonte: SHS, 2017.

5.4.2.4.5. Cálculo alternativo baseado no consumo de água

A fim de se aperfeiçoar o método proposto por D'ella (2000 *apud* Onofre, 2011), levando em conta o princípio da capacidade de pagamento, são propostos alguns ajustes, a saber:

- Classificar as economias em zonas de acordo com sua localização e tipologia.
- Criar um fator de referência relacionado a cada zona, a ser considerado junto à área construída, a fim de apurar o cálculo e impedir, por exemplo, que residências de alto padrão em bairros populares sejam subtaxadas.

A nova taxa seria calculada da seguinte forma:

$$Taxa_{Lixo} = (fator\ de\ referência \times \text{área construída em } m^2) + fator\ \acute{a}gua.$$

Na qual o fator água se dá pela seguinte equação:

$$fator\ \acute{a}gua = 0,3 \times \left(\frac{\text{consumo de água da economia (m}^3\text{)}}{\text{consumo de água total no município (m}^3\text{)}} \right) \times \text{custo dos serviços (R\$)}$$

A fim de ilustrar a metodologia, foi realizada uma simulação considerando os fatores de referência da Tabela 25.



Tabela 25 - Fatores de referência hipotéticos para o cálculo da taxa de coleta de lixo baseado no consumo de água

Zonas		Fator de referência
A	Residencial 1	0,30
B	Residencial 2	0,60
C	Residencial 3	0,90
D	Comercial 1	1,00
E	Comercial 2	1,50

Fonte: SHS, 2017.

Assim, foram simuladas as taxas calculadas por este método para economias hipotéticas de 100m² de área construída de cada zona determinada. Para os imóveis residenciais, os cálculos foram realizados considerando-se dois valores diferentes de consumo anual de água: 100 e 200m³. Já para os imóveis comerciais, foram considerados 150 e 300m³. Os resultados da simulação estão apresentados na Tabela 26.

Tabela 26 - Fatores de referência hipotéticos para o cálculo da taxa de coleta de lixo baseado no consumo de água

Zona	FR	Área (m ²)	Consumo de água (m ³)	Taxa anual	Taxa mensal
Residencial 1	0,30	100	100	R\$ 65,92	R\$ 5,49
Residencial 1	0,30	100	200	R\$ 101,83	R\$ 8,49
Residencial 2	0,60	100	100	R\$ 95,92	R\$ 7,99
Residencial 2	0,60	100	200	R\$ 131,83	R\$ 10,99
Residencial 3	0,90	100	100	R\$ 125,92	R\$ 10,49
Residencial 3	0,90	100	200	R\$ 161,83	R\$ 13,49
Comercial 1	1,00	100	150	R\$ 153,87	R\$ 12,82
Comercial 1	1,00	100	300	R\$ 207,75	R\$ 17,31
Comercial 2	1,50	100	150	R\$ 203,87	R\$ 16,99
Comercial 2	1,50	100	300	R\$ 257,75	R\$ 21,48

Fonte: SHS, 2017.



Embora ausente dessa metodologia de cálculo, um fator interessante no sentido de se fazer justiça tributária aliada às práticas de políticas públicas ambientalmente sustentáveis é a criação de um redutor de preço da taxa ao se premiar o uso de tecnologias modernas e eficientes no manejo com os resíduos sólidos, observando o disposto no art. 29, § 1º, VII da Lei n.º 11.445/07.

Essa metodologia de cálculo traz alguns benefícios:

- Considera um maior número de variáveis, tornando a cobrança mais justa e observando os princípios do poluidor-pagador, da isonomia e da capacidade contributiva.
- Permite que a cobrança seja proporcional ao uso que cada economia faz do serviço, ao gerar mais ou menos volume de resíduos.
- Permite atenuar as distorções causadas quando, por exemplo, uma residência de padrão elevado está situada em uma zona residencial popular, ao considerar, além da localização, o porte dos imóveis.
- Estimula o uso racional da água, uma vez que o volume de água consumido é parte da base de cálculo do tributo.

5.4.2.5. Formas de cobrança da taxa de coleta de lixo

A forma de cobrança pelos serviços de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos a ser adotada pelo município deverá ser escolhida com base no que melhor se adequar às especificidades locais e deverá ser estabelecida por legislação municipal.

Usualmente, cobra-se a taxa de coleta de lixo anualmente junto ao Imposto Predial Territorial Urbano (IPTU). Entretanto, foram observados alguns problemas relacionados a essa forma de cobrança. Verifica-se que há um alto nível de inadimplência no pagamento desse tributo, o que afeta diretamente o recebimento das receitas referentes aos serviços de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos. Além disso, o fato de se tratar de uma entrada de recursos anual, em contrapartida ao repasse mensal às empresas executoras dos serviços, gera um cenário de *déficit* acumulado.

Visando evitar esses problemas, uma forma alternativa de cobrança da taxa de coleta de lixo seria a cobrança mensal, junto à taxa/tarifa de água. É possível realizar uma parceria entre a Prefeitura Municipal e a empresa que tem a concessão dos



serviços de água e esgoto (tarifa) ou o SAAE (taxa), na qual a Prefeitura faria uso do sistema já consolidado da empresa e esta receberia um determinado valor por economia cobrada, reduzindo seu custo de faturamento/cobrança.

5.4.3. Identificação de áreas favoráveis à disposição final ambientalmente adequada de rejeitos

A gestão e a disposição inadequada dos resíduos sólidos causam impactos socioambientais, tais como degradação do solo, comprometimento dos corpos d'água e mananciais, intensificação de enchentes, contribuição para a poluição do ar e proliferação de vetores de importância sanitária nos centros urbanos e de condições insalubres nas ruas e nas áreas de disposição final (BESEN *et al.*, 2010).

O crescimento populacional e as transformações no desenvolvimento da cidade acarretam diretamente mudanças qualitativas e quantitativas na geração *per capita* dos resíduos. Tal situação implica necessariamente em atualizações do gerenciamento dos resíduos sólidos, podendo apresentar variações nos custos, nas estratégias de gestão e nas possibilidades de áreas propícias e adequadas para a disposição final.

Para o disciplinamento da indicação de áreas passíveis de receberem um aterro sanitário em Pingo D'Água foram consultadas as seguintes fontes:

- Manual de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos da Secretaria Especial de Desenvolvimento Urbano da Presidência da República (SEDU).
- Normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas:
 - o NBR 10157/87 - Aterros de resíduos perigosos - critérios para projeto, construção e operação – procedimento.
 - o NBR 13896/97 - Aterros de resíduos não perigosos - Critérios para projeto, implantação e operação – procedimento.
 - o NBR 15849/10 - Resíduos sólidos urbanos – Aterros sanitários de pequeno porte – Diretrizes para localização, projeto, implantação, operação e encerramento.
- Lei Federal nº 12.305/10 e Decreto nº 7.404/10.
- Estudo de alternativas locais para Aterros Sanitários, (JARDIM, 1995).



- Manual de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos (IBAM-SEDU).
- Documento de orientação de Limpeza Pública – MINTER/CNDU/CETESB.
- Lei Federal nº 9.985/2.000, que institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza.
- Resolução nº 428, de 17 de dezembro de 2010, que dispõe, no âmbito do licenciamento ambiental, sobre a autorização do órgão responsável pela administração da Unidade de Conservação (UC), de que trata o § 3º do artigo 36 da Lei nº 9.985 de 18 de julho de 2000, bem como sobre a ciência do órgão responsável pela administração da UC no caso de licenciamento ambiental de empreendimentos não sujeitos a EIA-RIMA e dá outras providências.

Foram considerados alguns critérios técnicos, econômico-financeiros e político-sociais das fontes consultadas, para a consideração de áreas a serem usadas como aterro de rejeitos. Tais critérios são:

- Os aterros devem respeitar distâncias da ordem de 500 metros de núcleos habitacionais e 200 metros de qualquer coleção hídrica (NBR 13896/97 e NBR 15849/10).
- Deverá ser considerada uma área que propicie uma vida útil mínima de 20 anos ao aterro (IBAM - SEDU, 2001).
- Os aterros sanitários devem ser idealmente localizados em áreas isoladas, de baixo valor comercial e de baixo potencial de contaminação do aquífero.
- A área deve estar localizada em terreno com solo de baixa permeabilidade e com declividade média inferior a 30% e deverão ser evitadas várzeas sujeitas à inundação (NBR 13896/97 e NBR 15849/10).
- A localização da área não poderá ocorrer, em nenhuma hipótese, em áreas erodidas, em especial em voçorocas, em áreas cársticas ou em Áreas de Preservação Permanente – APP (CONAMA Nº404, NBR15849/97).



- É desejável que o percurso de ida (ou de volta) que os veículos de coleta fazem até o aterro, através das ruas e estradas existentes, seja o menor possível, com vistas a reduzir o seu desgaste e o custo de transporte do lixo (IBAM - SEDU, 2001).
- Os aterros devem ser localizados em áreas e regiões de fácil acesso e abundante disponibilidade de material de cobertura.
- Sempre que possível, as áreas devem estar situadas em terrenos de alto conteúdo de argila, em face da baixa permeabilidade e da elevada capacidade de adsorção de tais solos.
- E ainda, os aterros deverão ser construídos fora de áreas de interesse ambiental.
- Não devem ser escolhidas áreas que tenham recorrência de inundação, em períodos de recorrência de 100 anos (NBR 13896/97 e NBR 15849/10).

A Figura 84 resume a aplicação dos critérios estabelecidos por legislações, regulamentações e normas técnicas específicas para escolha da localização da área para instalação do aterro sanitário.

Figura 84 - Critérios a serem adotados para escolha da localização da área



Fonte: Adaptado de FEAM, 2008.



O município não possui Área de Proteção Ambiental (APA). Considerando a necessidade de regulamentar os procedimentos de licenciamento ambiental de empreendimentos de significativo impacto ambiental que afetem as Unidades de Conservação específicas ou suas zonas de amortecimento, o CONAMA, através da Resolução nº 428/2010, estabelece em seu artigo 1º que “o licenciamento de empreendimentos de significativo impacto ambiental que possam afetar Unidade de Conservação (UC) específica ou sua Zona de Amortecimento (ZA), assim considerados pelo órgão ambiental licenciador, com fundamento em Estudo de Impacto Ambiental e respectivo Relatório de Impacto Ambiental (EIA/RIMA), só poderá ser concedido após autorização do órgão responsável pela administração da UC”.

Sendo assim, para a instalação de um empreendimento do porte de um aterro, dentro da UC ou na ZA, é necessária autorização dos órgãos executores do Sistema Nacional de Unidade de Conservação (SNUC). Ainda segundo o SNUC, uma Área de Proteção Ambiental (APA) não é obrigada a apresentar a Zona de Amortecimento.

5.4.3.1. Dimensionamento da área necessária para instalação de um aterro sanitário em Pingo D'Água

Para a quantificação da área necessária ao empreendimento, utilizou-se a metodologia proposta no Manual do IBAM, além de dados projetionais utilizados para estimar a área. Os parâmetros utilizados foram:

- número de habitantes do município estimado para 2038: 6.148 habitantes;
- produção de resíduos estimada para todo o município, incluindo zona rural em 2038: cerca de 5 toneladas/dia, conforme a projeção do item 5.4.1, para o cenário com 0% de reciclagem;
- produção de resíduos estimada para todo o município, incluindo zona rural em 2038: cerca de 1 tonelada/dia, conforme a projeção do item 5.4.1, para o cenário com metas de reciclagem.



Quadro 52 - Área necessária em m²

Para se estimar a área total necessária a um aterro, em metros quadrados, basta multiplicar a quantidade de lixo coletada diariamente, em toneladas, pelo fator 560 (este fator se baseia nos seguintes parâmetros, usualmente utilizados em projetos de aterros: vida útil = 20 anos; altura do aterro = 20m; taludes de 1:3 e ocupação de 80% do terreno com a área operacional).			
Cenários	Quantidade média de lixo toneladas/dia		Área necessária m ²
Com 0% de reciclagem	5	x 560	2.800
Com metas de reciclagem	1		560

Fonte: IBAM, 2001

Conforme apresentado no Quadro 52, para o montante de resíduos gerados em Pingo D'Água será necessária uma área de aproximadamente 2.800m² para a construção de um aterro sanitário, incluindo a área para a disposição de resíduos e para a alocação de infraestrutura de apoio (cerca, portaria, escritório, oficina, almoxarifado, vestiário, refeitório, galpões, acessos, poços de monitoramento, etc.).

Considerando os critérios mencionados neste capítulo, após análise do território espacial do município feita através de cartas, mapas e por meio da sobreposição de imagens de satélite, é perceptível a grande quantidade de coleções hídricas presente no município, o que restringe em grande parte a escolha de áreas adequadas. Outro fator limitante é o acesso aos possíveis locais para instalação do aterro. Seguindo os critérios adotados, deu-se preferência, durante a escolha, para locais próximos à malha viária. O terceiro fator limitante é a localização em Unidade de Conservação.

Feitas tais considerações, a presente análise, que deve ser considerada apenas preliminarmente¹, resultou na sugestão de três áreas, segundo suas coordenadas 23K UTM, cujas localizações são mostradas a seguir na **Figura 85** e **Figura 86**. Além disso, ressalta-se que pode ser estudada a utilização da área do atual aterro controlado, próxima a UTC, como área de um possível aterro sanitário.

¹ É preciso considerar uma série de estudos necessários para escolha final do local adequado, como análises geotécnicas definidas por normas técnicas específicas.



Área 1: 773262E 7816694S

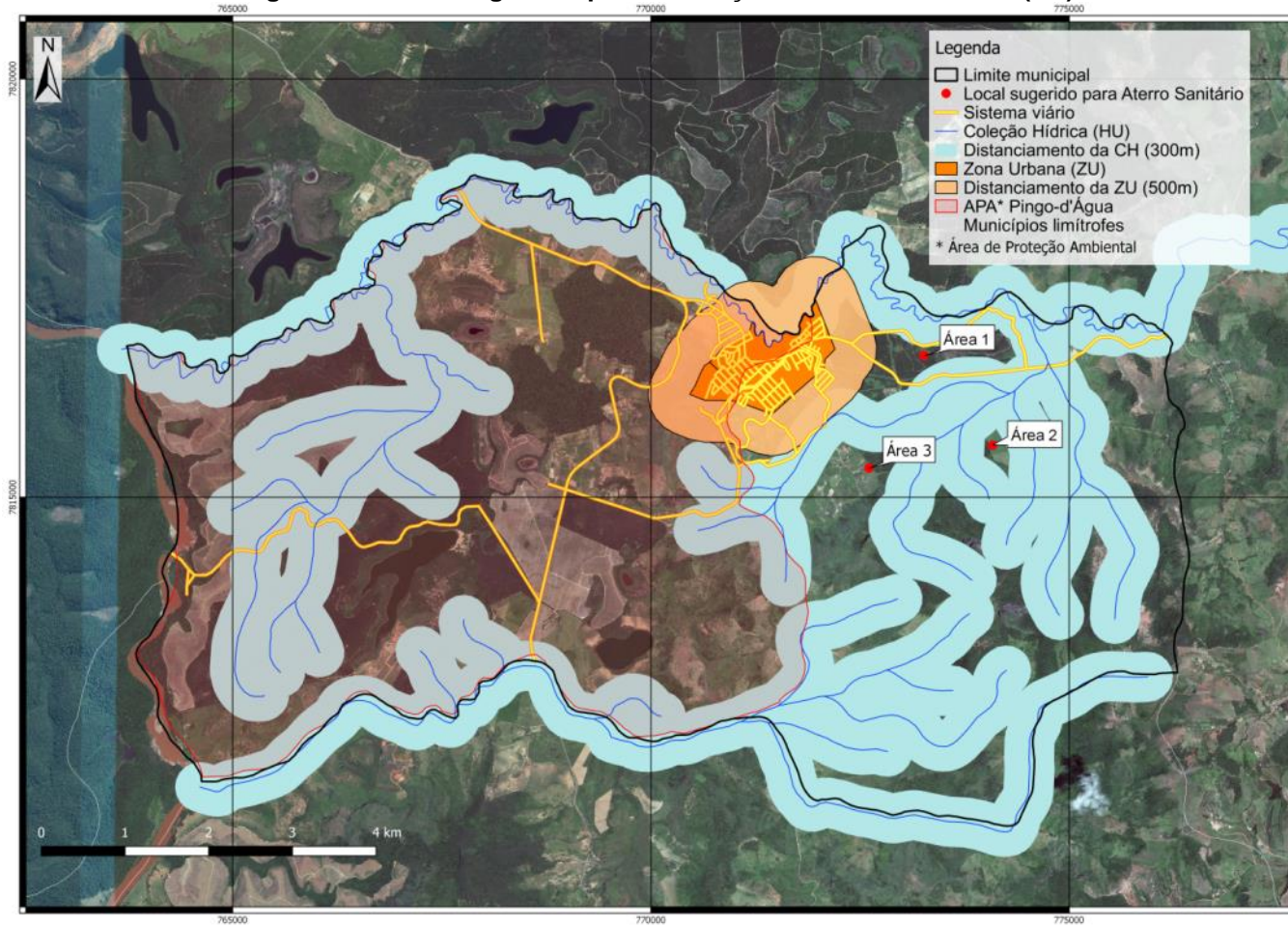
Área 2: 774085E 7815624S

Área 3: 772606E 7815350S

A **Figura 85** evidencia que a sugestão das áreas foi feita respeitando-se as normas citadas anteriormente, onde se pode perceber a intensa malha hídrica existente no município, bem como a Área de Proteção Ambiental e seus respectivos distanciamentos necessários. A **Figura 86** facilita a visualização dos locais das áreas sugeridas, uma vez que é apresentada com menos elementos interferindo visualmente.



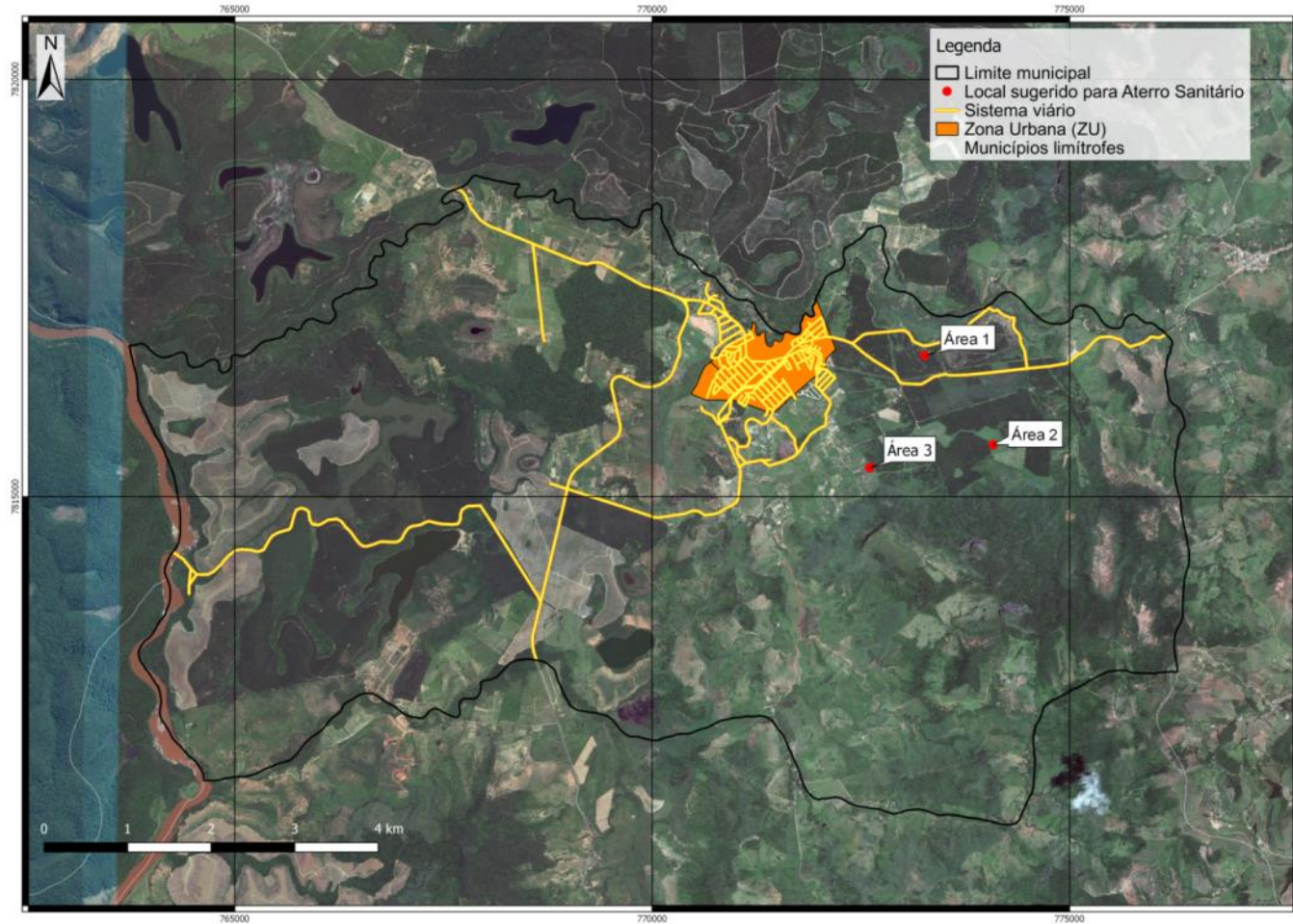
Figura 85 - Áreas sugeridas para instalação do Aterro Sanitário (AS)



Fonte: Google Earth©, SHS, 2017.



Figura 86 - Áreas sugeridas para instalação do Aterro Sanitário (AS)



Fonte: Google Earth, SHS, 2017.



5.4.4. Critérios para escolha da área para projeto e implantação de aterro de resíduos da construção civil e de resíduos inertes.

Os critérios para projeto e implantação de um aterro para resíduos inertes, (classe II segundo NBR 10.004/2004), são orientados pela Resolução CONAMA nº 307/02, de 5 de julho de 2002, que estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Complementada pela Resolução CONAMA nº 488, a Resolução nº307/02, em seu art. 3º, classifica os resíduos da construção civil (RCC) da seguinte forma:

Classe A - são os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como: a) de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem; b) de construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc.), argamassa e concreto; c) de processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meios-fios etc.) produzidas nos canteiros de obras;

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

Classe C - são os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem ou recuperação;

Classe D: são resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como tintas, solventes, óleos e outros ou aqueles contaminados ou prejudiciais à saúde oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros, bem como telhas e demais objetos e materiais que contenham amianto ou outros produtos nocivos à saúde.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas, por meio da NBR 10.004/2004, classifica os resíduos quanto aos riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde pública, indicando quais devem ter manuseio e destinação mais rigorosamente controlados. De forma sucinta tem-se:

- Resíduos Classe I: perigosos;
- Resíduos Classe II: não perigosos:
 - Resíduos Classe II A: não inertes;
 - *Resíduos Classe II B: inertes.*



Maia et al (2009) citam que os resíduos da construção civil pertencem à Classe II B– inertes (classificação segundo NBR). Porém, devido ao caráter específico de cada obra e à composição dos materiais, podem ser gerados nos canteiros de obras resíduos que se enquadrem igualmente nas Classes I e II A, perigosos e não inertes, respectivamente. Este fato, juntamente com as especificações da Resolução CONAMA nº 307/02, demanda, anteriormente a um aterro de resíduos inertes, a instalação de uma área de transbordo e triagem de resíduos da construção civil e resíduos volumosos (ATT), o que obriga os gestores a definir a localidade da ATT, podendo ser próxima, em conjunto ou distante do aterro.

Após definida a área necessária para o aterro, será então preciso seguir alguns critérios para o projeto e implantação do mesmo, previstos nas leis e normas técnicas listadas a seguir:

- Resolução CONAMA nº 307, alterada pelas Resoluções nº 448/12, 431/11 e 348/04: estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil.
- Lei Estadual nº 18.031, de 12 de janeiro de 2009: dispõe sobre a Política Estadual de Resíduos Sólidos.
- NBR 10.004/2004 – Resíduos Sólidos – Classificação.
- NBR 8.419/1992 – Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos.
- NBR 15.113/2004 – Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes – Aterros – Diretrizes para projeto, implantação e operação.
- NBR 13896/97 Aterros de resíduos não perigosos - Critérios para projeto, implantação e operação.
- NBR 15113/2004 - Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes – Aterros – Diretrizes para projeto, implantação e operação.

A Resolução CONAMA nº 307/02, alterada pelas Resoluções nº 448/12, 431/11 e 348/04 define como critérios para a área a ser utilizada para aterros de inertes:

“... área tecnicamente adequada onde serão empregadas técnicas de destinação de resíduos da construção civil classe A no solo, visando a reservação de materiais segregados de forma a possibilitar seu uso futuro ou futura utilização da área, utilizando princípios de engenharia para confiná-los ao menor volume possível, sem causar danos à



saúde pública e ao meio ambiente e devidamente licenciado pelo órgão ambiental competente”.

A NBR 15113/2004 - Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes – Aterros – Diretrizes para projeto, implantação e operação, a qual dispõe que para a avaliação da adequabilidade de um local os seguintes aspectos devem ser observados: a) geologia e tipos de solos existentes; b) hidrologia; c) passivo ambiental; d) vegetação; e) vias de acesso; f) área e volume disponíveis e vida útil; g) distância de núcleos populacionais.

A NBR 13896/97 – Aterros de resíduos não perigosos - Critérios para Projeto, Implantação e Operação - procedimento propõe algumas considerações indispensáveis, entre as quais se destacam:

- Critérios para localização:
 - O local utilizado para a implantação de aterros de resíduos da construção civil classe A e resíduos inertes deve ser tal que:
 - a) O impacto ambiental a ser causado pela instalação do aterro seja minimizado.
 - b) A aceitação da instalação pela população seja maximizada.
 - c) Esteja de acordo com o zoneamento da região.
 - d) Possa ser utilizado por um longo espaço de tempo, necessitando apenas de um mínimo de obras para início da operação.

- Parâmetros técnicos a serem avaliados:
 - a) Topografia- característica de fator determinante na escolha do método construtivo e nas obras de terraplanagem para construção e instalação. Recomenda-se que sejam adotados locais com declividade superior a 1% e inferior a 30%;
 - b) Geologia e tipos de solos existentes- tais indicações são importantes na determinação da capacidade de depuração do solo e da velocidade de infiltração. Considera-se desejável a existência, no local, de um depósito natural extenso e homogêneos de materiais com coeficiente de permeabilidade inferior a 10^{-5} cm/s e uma zona não saturada com espessura superior a 3,0m;
 - c) Recursos hídricos - deve ser avaliada a possível influência do aterro na qualidade e no uso das águas superficiais e subterrâneas próximas. O aterro deve ser localizado a uma distância mínima de 200m de qualquer coleção hídrica ou curso de água;



- d) Vegetação - o estudo macroscópico da vegetação é importante, uma vez que ela pode atuar favoravelmente na escolha de uma área quanto aos aspectos de redução do fenômeno de erosão, da formação de poeira e transporte de odores;
- e) acessos - fator de evidente importância em um aterro, uma vez que são utilizados durante a sua operação;
- f) Tamanho disponível e vida útil - em um projeto estes fatores encontram-se inter-relacionados e recomenda-se a construção de aterros com vida útil mínima de 10 anos;
- g) Distância mínima a núcleos populacionais - deve ser avaliada a distância do limite da área útil do aterro a núcleos populacionais. Recomenda-se que esta distância seja superior a 500 m.

Em qualquer caso, obrigatoriamente os seguintes critérios devem ser observados:

- a) o aterro não deve ser executado em áreas sujeitas a inundações em períodos de recorrência de 100 anos;
- b) entre a superfície inferior do aterro e o mais alto nível do lençol freático deve haver uma camada natural de espessura mínima de 1,5m de solo insaturado. O nível do lençol freático deve ser medido durante a época de maior precipitação pluviométrica da região.
- c) o aterro deve ser executado em áreas onde haja a predominância no subsolo de material com coeficiente de permeabilidade inferior a 5×10^{-5} cm/s;
- d) os aterros só podem ser construídos em conformidade com a legislação local de uso e ocupação do solo.

Já a escolha para instalação de uma área de triagem e transbordo (ATT), definida pela NBR 15112/04, é meramente econômica e estratégica, já que se trata de uma atividade de simples triagem e movimentação de massas.

5.4.5. Análise preliminar de viabilidade de implantação de usina de reciclagem de resíduo de demolição da construção civil

Os Resíduos de Construção Civil e Demolição (RCDs) representam uma grande parcela dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSUs). Como é possível notar nos estudos de diversos autores, os RCDs chegam a representar de 40 a 60% em massa do total de resíduos gerados em diversos municípios brasileiros (PINTO, 1999). Desta maneira, faz-se muito importante o gerenciamento adequado desse tipo de resíduo, de forma a evitar os impactos ambientais e socioeconômicos causados pela disposição inadequada em vias públicas, terrenos baldios e até mesmo em aterros sanitários.



Neste contexto, a reciclagem dos RCDs apresenta-se não apenas como uma forma de reduzir os impactos ambientais causados pela disposição incorreta, mas também como uma maneira de reduzir a quantidade de resíduos enviados para os aterros de inertes e de reaproveitar materiais que ainda possam ser utilizados na construção civil, reduzindo a demanda por matéria-prima vinda de fontes tradicionais.

Ressalva-se, entretanto que a reciclagem dos RCDs no Brasil é uma prática recente e ainda pouco comum, tendo sido impulsionada em 2002 pela publicação da Resolução CONAMA nº 307/02, que torna os grandes geradores de RCD responsáveis pela gestão desses resíduos, passando por uma classificação, segundo seu potencial de reuso e reciclagem, até a destinação adequada para cada classe (MIRANDA et al, 2009).

Segundo a Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos de Construção Civil e Demolição (ABRECON, 2015), há cerca de 310 usinas de reciclagem de RCDs instaladas no país, sendo a maior parte delas concentrada no estado de São Paulo e em municípios de médio a grande porte. Das 105 usinas que participaram da pesquisa setorial da ABRECON, apenas 3% localizam-se no estado de Minas Gerais – ainda que este seja o estado com maior número de municípios no país – e somente 6% estão em municípios com população inferior a 50 mil habitantes – ainda que estes sejam maioria no Brasil.

Segundo Jadovski (2006), a capacidade de produção mínima de uma usina de reciclagem de RCD a fim de se obter viabilidade econômica é de 30 ton/h. Considerando que a usina funcionaria durante 8 h/dia por uma média de 250 dias úteis no ano e que possuiria uma eficiência de 80% em relação à capacidade nominal, essa usina produziria 60.000 ton/ano de agregados reciclados de RCD. Considerando que cerca de 90% em massa do RCD produzido em um município são Classe A (ANGULO et al, 2011), isto é, passível de reciclagem, a geração de RCD mínima no município para tornar a implantação de uma usina de reciclagem de RCD viável economicamente seria de cerca de 66.000 ton/ano. Considerando a massa específica do RCD como 1.200 kg/m³ (ABRECON, 2015), isto representaria um volume de resíduos de 55.000 m³/ano ou ainda 4.583 m³/mês.

A fim de se fazer uma análise preliminar da viabilidade econômica de implantação de uma usina de reciclagem de RCD no município de Pingo D'Água, foram



estimadas as quantidades desse tipo de resíduos potencialmente gerados nos próximos anos a partir das projeções populacionais realizadas para os anos de 2017 a 2038. Para tal, usualmente considera-se uma média de 500 kg/hab.ano baseada na pesquisa de Pinto (1999). Porém, como esse valor foi estimado considerando municípios de médio a grande porte, nesta análise foi considerada a média de 367 kg/hab.ano, estimada, por *método semelhante*, por Angulo *et al* (2011) para um município de 36.300 hab. do noroeste do estado de São Paulo, realidade esta que pode ser considerada semelhante à de Pingo D'Água. No Quadro 53, estão apresentados os resultados desta projeção.

Quadro 53 - Projeção de geração de RCD de Pingo D'Água

Ano	Quantidade de RCD gerados (ton/ano)	Quantidade de RCD gerados (m³/ano)	Quantidade de RCD gerados (m³/mês)
2017	1.835,7	1.529,8	127,5
2018	1.858,1	1.548,4	129,0
2019	1.882,3	1.568,6	130,7
2020	1.904,0	1.586,7	132,2
2021	1.924,9	1.604,1	133,7
2022	1.948,8	1.624,0	135,3
2023	1.970,1	1.641,7	136,8
2024	1.990,6	1.658,8	138,2
2025	2.011,2	1.676,0	139,7
2026	2.032,1	1.693,4	141,1
2027	2.049,0	1.707,5	142,3
2028	2.068,4	1.723,7	143,6
2029	2.087,1	1.739,3	144,9
2030	2.109,9	1.758,2	146,5
2031	2.129,3	1.774,4	147,9
2032	2.148,4	1.790,3	149,2



Ano	Quantidade de RCD gerados (ton/ano)	Quantidade de RCD gerados (m ³ /ano)	Quantidade de RCD gerados (m ³ /mês)
2033	2.165,3	1.804,4	150,4
2034	2.185,5	1.821,2	151,8
2035	2.203,8	1.836,5	153,0
2036	2.220,0	1.850,0	154,2
2037	2.239,1	1.865,9	155,5
2038	2.256,3	1.880,3	156,7

Fonte: SHS, 2017.

Como é possível notar no Quadro 53, a geração de RCD estimada para o município em 2038 de 2.256,3 ton/ano é significativamente reduzida quando comparada à massa de 66.000 ton/ano processada por usina com a capacidade mínima para se obter viabilidade econômica. De fato, apenas 6% das usinas que responderam à pesquisa setorial da ABRECON (2015) estão em municípios com menos de 50 mil habitantes, o que indica esta tendência de inviabilidade de implantação de usinas de RCD para municípios de pequeno porte.

Ainda segundo a ABRECON (2015), o baixo valor cobrado e a dificuldade de venda do agregado reciclado de RCD são os principais problemas que comprometem a viabilidade econômica das usinas de reciclagem desse tipo de resíduo. Por outro lado, há algumas formas de se tornar a reciclagem de RCD mais viável economicamente, tais como:

- Investir em usinas móveis, que, diferentemente das usinas fixas, podem ser transportadas até os locais das obras e exigem menos mão de obra (ABRECON, 2015).
- Realizar outras atividades econômicas complementares à reciclagem dos RCD, de maneira a reduzir custos com a implantação e a operação da usina ou ainda de forma que outras atividades mais lucrativas subsidiem a reciclagem de RCD.
- Investir em soluções consorciadas com outros municípios.



Vale salientar que, considerando apenas o número de habitantes dos municípios da região de Pingo D'Água, mesmo soluções consorciadas dificilmente seriam viáveis economicamente. Considerando a geração mínima de 66.000 ton/ano de RCD e a média de 367 kg/hab.ano, esta usina teria que atender ao menos 179.837 habitantes para atingir a viabilidade econômica.

6. Hierarquização das áreas e/ou programas de intervenção prioritários

Para decidir sobre a hierarquização quanto aos setores do saneamento e áreas do município de Pingo D'Água a serem priorizados com as intervenções do PMSB, no prazo de quatro anos, foram considerados os resultados de pesquisa de satisfação aplicada à população, as indicações dos gestores públicos e membros dos comitês, em questionamentos feitos em Oficina durante o processo de elaboração do Plano, e indicadores técnico-operacionais relacionados aos quatro setores de saneamento básico. O Quadro 54 resume os aspectos considerados na análise da hierarquização das áreas e/ou programas de intervenção prioritários.



Quadro 54 - Aspectos considerados no processo de hierarquização das áreas e/ou programas de intervenção prioritários

Setores do Saneamento Básico	Aspectos analisados				
	Setor mais problemático do município (Pesquisa de satisfação)	Área mais problemática por setor (Pesquisa de satisfação)	Indicadores		Intervenção prioritária por setor (sugerida por gestores)
SAA		Zona rural	Índice de abastecimento total de água: 83,04%.	Locais com tratamento: sede.	Instaurar o sistema de abastecimento de água nas comunidades rurais.
SES	X	Sede	Índice de atendimento urbano de esgotos (coleta e afastamento): 100%.	Índice de tratamento de esgotos: 0%.	Implantação de interceptores e ETE na sede e de sistemas adequados na área rural.
SDU		Zona rural	Número de pontos alagados na área urbana por ano: 2.		-
RSU*		Zona rural	Locais atendidos com coleta convencional: sede e alguns pontos da área rural.	Principal forma de disposição final: Usina de Triagem e Compostagem. O rejeito é aterrado em valas licenciadas.	Implantação de coleta seletiva.

* Definidos conforme art. 13 da PNRS.



7. Considerações Finais

Com base no quadro atual do saneamento básico no município de Pingo D'Água e nas projeções e estimativas de demandas, apresentados neste Volume 1 do PMSB, foi feito um planejamento estratégico para a regularização dos sistemas (SAA, SES, SDU e SLU), segundo preconizam a Lei do Saneamento e a Política Nacional de Resíduos Sólidos.

O Volume 2 apresenta esse planejamento estratégico, considerando a prestação, a fiscalização e a regulação dos serviços através do estabelecimento de objetivos e metas e do detalhamento de programas, projetos e ações para cada setor do saneamento. São apresentados também o Plano de Investimentos e o Plano de Monitoramento da eficácia e eficiência dos componentes do saneamento básico, considerando os próximos 20 anos, além de ações para emergência e contingência, propondo alternativas de intervenção, caso necessário.

De posse de todo esse material, será possível aos gestores, com o apoio da sociedade, promover a universalização de acesso ao saneamento básico, através da gestão integrada dos serviços.



8. Bibliografia

- ABIKO, Alex. Serviços Públicos Urbanos. Texto Técnico – Escola Politécnica da USP – Departamento de Engenharia de Construção Civil, São Paulo, 2011.
- AGEITEC – Agência Embrapa de Informação Tecnológica, 2014. Árvore do conhecimento. Disponível em: <<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/eucalipto/Abertura.html>>. Acesso em: fevereiro de 2017.
- ALBUQUERQUE, P. E. P.; DURÃES, F. O. M. Uso e manejo de irrigação. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. 508p.
- ANA - Agência Nacional de Águas, 2013. Disponível em: <http://metadados.ana.gov.br/geonetwork/srv/pt/metadata.show?id=180&currTab=distribution>. Acesso em: fevereiro de 2017.
- ANA – Agência Nacional de Águas. Atlas de Abastecimento Urbano de Água: panorama nacional. Elaboração Engecorps/Cobrape. Brasília: ANA, 2010.
- ANA – Agência Nacional de Águas. PRODES – Programa de Despoluição de Bacias Hidrográficas. Disponível em: <<http://www2.ana.gov.br/Paginas/projetos/Prodes.aspx>>. Acesso em: dezembro de 2017.
- ANA – Agência Nacional de Águas. Programa de Gestão de Recursos Hídricos. Disponível em: <http://www2.ana.gov.br/Paginas/institucional/SobreaAna/gestaoderecursososhidricos.aspx> . Acesso em: dezembro de 2017.
- ANGULO et al. Resíduos de construção e demolição: avaliação de métodos de quantificação. Revista Engenharia Sanitária e Ambiental. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental: Rio de Janeiro. v. 16, n. 3, p. 299-306, jul/set 2011.
- ARRETCHE, Marta T. S. Saneamento – Infraestrutura – Perspectivas de reorganização. Ministério do Planejamento e Orçamento. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), 1999.
- ASCE (American Society of Civil Engineers); WEF (Water Environment Federation). Design and Construction of Urban Stormwater Management Systems. New York, 1992.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10.004: Resíduos sólidos: Classificação, Rio de Janeiro, 2004.



ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13896: Aterros de resíduos não perigosos - Critérios para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro, 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15.112: Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes - Aterros - Diretrizes para projeto, implantação e operação, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15.113: Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes - Aterros - Diretrizes para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8.419: Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos. Rio de Janeiro, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8418. Apresentação de projetos de aterros de resíduos industriais perigosos - procedimento. Rio de Janeiro, 1983.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15.849: Resíduos sólidos urbanos - Aterros sanitários de pequeno porte - Diretrizes para localização, projeto, implantação, operação e encerramento. Rio de Janeiro, 2010.

AS/NZS. Risk Management 4.360:2004. Sydney: Standards Australia, Wellington: Standards New Zealand, 30p, 2004.

ATLAS BRASIL – Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil, 2013. Disponível em: <<http://atlasbrasil.org.br/2013/>>. Acesso em: janeiro de 2017.

ATLAS DIGITAL DAS ÁGUAS DE MINAS, s.d. Disponível em: <<http://www.atlasdasaguas.ufv.br/>>. Acesso em: julho 2017.

ATLAS DIGITAL DE MINAS GERAIS, 2006. Projeto FAPEMIG (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais). Disponível em: <http://www.iga.mg.gov.br/MAPSERV_IGA/ATLAS/>. Acesso em: fevereiro de 2017.

BANCO CENTRAL DO BRASIL – BCB, Relação de Agências, Postos e Filiais de Administradoras de Consórcio, março de 2017, disponível em: <<https://www.bcb.gov.br/fis/info/agencias.asp>>. Acesso em: abril de 2017.

BAPTISTA M., BARRAUD S.; ALFAKIH E., NASCIMENTO N., FERNANDES W., MOURA P., CASTRO L. Performance-costs evaluation for urban storm drainage. Water Science & Technology 51(2) - 2005, 99-107.



BAPTISTA, M. Nascimento, N. Barraud, S. Técnicas Compensatórias em Drenagem Urbana, Porto Alegre, ABRH, 2005.

BARROS, R. T. V. et al. Saneamento. Manual de saneamento e proteção ambiental para os municípios – volume 2. Belo Horizonte: Escola de Engenharia da UFMG, 1995.

BASTOS R.K.X; HELLER, L.; PRINCE. A.A; BRANDÃO, C.C.S.; COSTA, S.S.; BEVILACQUA, P.D.; ALVES, R.M.S. Boas práticas no abastecimento de água: procedimentos para a minimização de riscos à saúde – Manual para os responsáveis pela vigilância e controle. Brasília: Ministério da Saúde, 260 p. (Série A. Normas e Manuais Técnicos), 2006.

BATISTA, M.; NASCIMENTO, N. BARRAUD, S. Bacias de Detenção, In: Técnicas Compensatórias em Drenagem Urbana, Porto Alegre: ABRH, 2005.

BESEN, G. R. et al. Resíduos sólidos: vulnerabilidades e perspectivas. In: SALDIVA P. et al. Meio ambiente e saúde: o desafio das metrópoles. São Paulo: Ex Libris, 2010.

BID – BANCO INTERAMERICANO DE DESENVOLVIMENTO. PROCIDADES. Disponível em: <<http://www.bidprocidades.org.br/sit/index.do>>. Acesso em: dezembro de 2017.

BNDES – BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL. Saneamento Ambiental e Recursos Hídricos. Disponível em: http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/bndes/bndes_pt/Institucional/Apoio_Financeiro/Produtos/FINEM/saneamento.html. Acesso em: dezembro de 2017.

BRAGA, R.; CARVALHO, P. F. de (Org.). Recursos Hídricos e Planejamento Urbano e Regional. Rio Claro: Laboratório de Planejamento Municipal – Deplan – UNESP – IGCE, 2003.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. Diretrizes de educação em saúde visando à promoção da saúde: documento base - documento I/Fundação Nacional de Saúde - Brasília: Funasa, 70 p., 2007. Disponível em:< http://www.funasa.gov.br/site/wp-content/files_mf/dir_ed_sau.pdf>. Acesso em: julho de 2017.

BRASIL. Decreto nº 7.217 de 21 de junho de 2010. Regulamenta a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007 que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico e dá outras providências.

BRASIL. Decreto nº 7.404 de 23 de dezembro de 2010. Regulamenta a Política Nacional de Resíduos Sólidos.



BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Diário Oficial da União, de 3 de agosto de 2010, Brasília, DF.

BRASIL. Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nºs 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF.

BRASIL. Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001. Institui o Estatuto das Cidades. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF.

BRASIL. Lei nº 12.340, de 1º de dezembro de 2010. Dispõe sobre as transferências de recursos da União aos órgãos e entidades dos Estados, Distrito Federal e Municípios para a execução de ações de prevenção em áreas de risco de desastres e de resposta e de recuperação em áreas atingidas por desastres e sobre o Fundo Nacional para Calamidades Públicas, Proteção e Defesa Civil; e dá outras providências.

BRASIL. Lei nº 12.608, de 10 de abril de 2012. Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil - PNPDEC; dispõe sobre o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil - SINPDEC e o Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil - CONPDEC; autoriza a criação de sistema de informações e monitoramento de desastres; altera as Leis nºs 12.340, de 1º de dezembro de 2010, 10.257, de 10 de julho de 2001, 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.239, de 4 de outubro de 1991, e 9.394, de 20 de dezembro de 1996; e dá outras providências.

BRASIL. Decreto de 25 de janeiro de 2002. Institui o Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Doce, localizada nos Estados de Minas Gerais e Espírito Santo, e dá outras providências.

BRASIL. Decreto de 1º de setembro de 2010. Dá nova redação ao parágrafo único do art. 1º do Decreto de 25 de janeiro de 2002, que institui o Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Doce, localizada nos Estados de Minas Gerais e Espírito Santo.

BRASIL. Lei nº 6.766 de 19 de dezembro de 1979. Dispõe sobre o Parcelamento do Solo Urbano e dá outras providências.



BRASIL. Lei Federal nº 9.985 de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências.

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.

BRASIL. Constituição (1988). Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF: Senado Federal: Centro Gráfico, 1988. 292 p.

BRASIL. Decreto nº 6.017, de 17 de janeiro de 2007. Regulamenta a Lei nº 11.107, de 6 de abril de 2005, que dispõe sobre normas gerais de contratação de consórcios públicos. DOU, Brasília, 2007.

BRASIL. Lei nº 11.107, de 6 de abril de 2005. Dispõe sobre normas gerais de contratação de consórcios públicos e dá outras providências. DOU, Brasília, 2005.

BRASIL. Lei nº 8.987, de 13 de fevereiro de 1995. Dispõe sobre o regime de concessão e permissão da prestação de serviços públicos, previsto no art. 175 da Constituição Federal, e dá outras providências. DOU, Brasília, 1995.

BRASIL. Lei nº 8.666, de 21 de junho de 1993. Regulamenta o art. 37, inciso XXI, da Constituição Federal, institui normas para licitações e contratos da Administração Pública e dá outras providências. DOU, Brasília, 1993.

BRASIL. Lei nº 9.074, de 7 de julho de 1995. Estabelece normas para outorga e prorrogações das concessões e permissões de serviços públicos e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9074cons.htm>. Acesso em: julho de 2017.

BRASIL. Lei nº 11.079, de 30 de dezembro de 2004. Institui normas gerais para licitação e contratação de parceria público-privada no âmbito da administração pública. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/lei/l11079.htm>. Acesso em: julho de 2017.

BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental, Programa de Educação Ambiental e Mobilização Social em Saneamento. Caderno Metodológico para ações de educação ambiental e mobilização social em saneamento. Brasília, DF: Ministério das Cidades, 2009.

BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental – SNSA Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde – FUNASA. Guia para Elaboração de Planos Municipais de Saneamento do Governo Federal, 2006.



BRASIL. Ministério das Cidades; Ministério da Saúde. Guia para Elaboração de Planos Municipais de Saneamento. 152 p. Brasília (DF), 2011.

BRASIL. Ministério das Cidades; Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Plano Nacional de Saneamento Básico. 172 p. Brasília (DF), 2013.

BRASIL. Ministério das Cidades. Notícias, Saneamento. Publicado: Sexta, 08 de dezembro de 2017, 10h26. Disponível em: <<http://www.cidades.gov.br/ultimas-noticias/5430-ministerio-das-cidades-divulga-lista-de-propostas-do-avancar-cidades-saneamento>>. Acesso em: janeiro de 2018.

BRASIL. Ministério das Cidades / Ministério do Meio Ambiente. Elementos para a organização da coleta seletiva e projetos de galpões de triagem, 2008.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente / Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano / Gerência de Resíduos Sólidos – GRS do Departamento de Ambiente Urbano – DAU - Orientações para elaboração de Plano Simplificado de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos – PSGIRS para municípios com população inferior a 20 mil habitantes Material de Apoio ao Curso a Distância Brasília, DF. Dezembro / 2013.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Planos de gestão de resíduos sólidos: manual de orientação. Brasília, 2012.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Orientações para elaboração de Plano Simplificado de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos – PSGIRS para municípios com população inferior a 20 mil habitantes. Brasília, 2013.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Plano Nacional de Resíduos Sólidos – Versão pós Audiências e Consulta Pública para Conselhos Nacionais. Brasília – DF, 2012.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Coleta seletiva com a inclusão dos catadores de materiais recicláveis. Comitê Interministerial para Inclusão Social e Econômica dos Catadores de Materiais Reutilizáveis e Recicláveis – CIISC. Brasília - DF, 2013.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil. Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres. Anuário brasileiro de desastres naturais: 2013. Brasília: CENAD; 2014.



BRASIL. Ministério da Integração Nacional. Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil. Departamento de Prevenção e Preparação. Módulo de formação: noções básicas em proteção e defesa civil e em gestão de riscos: livro base / Ministério da Integração Nacional, Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil, Departamento de Minimização de Desastres. - Brasília: Ministério da Integração Nacional, 2017. Disponível em: <<http://www.mi.gov.br/defesacivil/publicacoes>>. Acesso em: outubro de 2017.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional – Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil – SEDEC Departamento de Prevenção e Preparação – DPP - Módulo de Formação: Apostila do aluno: Noções Básicas em Proteção e Defesa Civil e em Gestão de Riscos, 1ª edição, Brasília, 2017.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil. Departamento de Minimização de Desastres. Módulo de formação: elaboração de plano de contingência: livro base/Ministério da Integração Nacional, Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil, Departamento de Minimização de Desastres. - Brasília: Ministério da Integração Nacional, 2017. Disponível em: <<http://www.mi.gov.br/defesacivil/publicacoes>>. Acesso em: outubro de 2017.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. Instrução Normativa nº 2, de 20 de dezembro de 2016. Estabelece procedimentos e critérios para a decretação de situação de emergência ou estado de calamidade pública pelos Municípios, Estados e pelo Distrito Federal, e para o reconhecimento federal das situações de anormalidade decretadas pelos entes federativos e dá outras providências.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. Sistema Integrado de Informações sobre Desastres. Disponível em: <<https://s2id.mi.gov.br/>>. Acesso em: novembro de 2017.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. Impactos na Saúde e no Sistema Único de Saúde decorrente de Agravos Relacionados ao Saneamento Ambiental Inadequado — Relatório Final. Brasília: Ministério da Saúde, 2010. 246 p.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

BRASIL. Ministério da Saúde. Conselho Nacional de Saúde. Plano de Segurança da Água: Garantindo a qualidade e promovendo a saúde - Um olhar do SUS / Ministério da Saúde, Conselho Nacional de Saúde. – Brasília: Editora do Ministério da Saúde, 2012.



BRASIL. Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde – FUNASA. Saneamento Rural. Disponível em: <http://www.funasa.gov.br/site/engenharia-de-saude-publica-2/saneamento-rural/>. Acesso em: dezembro de 2017.

BUARQUE, S. C.; Metodologia e técnicas de construção de cenários globais e regionais. Texto para discussão nº 939. Brasília, IPEA. Fevereiro de 2003. ISSN 1415-4765.

CADASTRO INDUSTRIAL DE MINAS GERAIS -
<http://www.cadastroindustrialmg.com.br/>

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. Programa Saneamento para Todos. Disponível em: http://www1.caixa.gov.br/gov/gov_social/municipal/assistencia_tecnica/produtos/financiamento/saneamento_para_todos/index.asp. Acesso em: dezembro de 2017.

CANHOLI, A. P. Drenagem urbana e controle de enchentes. São Paulo: Oficina de Textos, 2005.

CARVALHO, N.O. Hidrossedimentologia Prática. CPRM e ELETROBRÁS. Rio de Janeiro, RJ. 384p. 1994.

CBH DOCE - COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DOCE. Plano de Ação de Recursos Hídricos da Unidade de Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos Piranga - PARH Piranga in Integrado de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Doce e Planos de Ações para as Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos no Âmbito da Bacia do Rio Doce. Elaborado pelo Consórcio ECOPLAN-LUME. 127 p., 2010.

CBH DOCE – COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DOCE. Plano Integrado de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Doce e Planos de Ações para as Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos no Âmbito da Bacia do Rio Doce. Volume I, Relatório Final. Elaborado pelo Consórcio ECOPLAN-LUME. 472 p., 2010.

CBH PIRANGA, 2017. Disponível em: < <http://www.cbhpiranga.org.br/> >. Acesso em: fevereiro de 2017.

CBHSF – Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco. Disponível em: <<https://sosgisbr.com/2011/07/11/shapes-disponibilizados-pelo-comite-da-bh-do-rio-sao-francisco/>>. Acesso em: fevereiro de 2017.

CENTRO DE REFERÊNCIA EM EDUCAÇÃO INTEGRAL. Conceito de Oficina. Disponível em: <<http://educacaointegral.org.br/glossario/oficinas/>>. Acesso em: março de 2017.



CI FLORESTAS – Centro de Inteligência em Florestas, 2015. Disponível em: <<http://www.ciflorestas.com.br/texto.php?p=eucalipto>>. Acesso em: março de 2017.

CIDADES-BRASIL, 2017. Disponível em: <<http://www.cidade-brasil.com.br/municipio-pingo-d-agua.html>>. Acesso em janeiro de 2017.

CISAB - Consórcio Intermunicipal de Saneamento Básico da Zona da Mata de Minas Gerais. Disponível em: <<http://www.cisab.com.br/>> Acesso em: fevereiro de 2017.

CLIMATE-DATA, 2017. Disponível em: <<https://pt.climate-data.org/location/312900/>>. Acesso em janeiro de 2017.

CNES – Cadastro Nacional de Estabelecimentos de Saúde, 2017. Disponível em: <<http://cnes.datasus.gov.br/pages/consultas.jsp>>. Acesso em: janeiro de 2017.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução CONAMA nº 375/2006. Define critérios e procedimentos, para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados, e dá outras providências.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução CONAMA nº 307/2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução CONAMA nº 005 de 1993 – Dispõe sobre o gerenciamento de resíduos sólidos gerados nos portos, aeroportos, terminais ferroviários e rodoviários.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução CONAMA nº 358 de 2005 – Dispõe sobre o tratamento e a disposição final dos resíduos dos serviços de saúde e dá outras providências.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução CONAMA nº 283 de 2001 – Dispõe sobre o tratamento e a destinação final dos resíduos dos serviços de saúde.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução CONAMA nº 334 de 2003 – Dispõe sobre os procedimentos de licenciamento ambiental de estabelecimentos destinados ao recebimento de embalagens vazias de agrotóxicos.



CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução CONAMA nº 313 de 2002 – Dispõe sobre o Inventário Nacional de Resíduos Sólidos Industriais.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução CONAMA nº 348, de 16 de agosto de 2004. Altera a Resolução CONAMA nº 307, incluindo o amianto na classe de resíduos perigosos.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução CONAMA nº 430, de 13 de maio de 2010. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005.

CONSONI et al. Origem e Composição do Lixo. In: JARDIM. N.S., Coord. Lixo Municipal: Manual de Gerenciamento Integrado. São Paulo: IPT/CEMPRE, 1995.

COPASA. Companhia de Saneamento de Minas Gerais, 2015. Dados recolhidos em campo.

CORRÊA, R. S.; CORRÊA, A. S. Valoração de bio-sólidos como fertilizantes e condicionadores de solos. *Sanare*, v. 16, p. 49-56, 2001.

CPRM – Serviço Geológico do Brasil, 2010. Geodiversidades do Estado de Minas Gerais. Marceley Ferreira Machado; Sandra Fernandes da Silva - Belo Horizonte.

CPRM – Serviço Geológico do Brasil, 2014. CPRM - GEOBANK - Download de arquivos vetoriais. Disponível em: < <http://geosgb.cprm.gov.br/>>. Acesso em: fevereiro de 2017.

CPRM – Serviço Geológico do Brasil, 2014. Manual de cartografia hidrogeológica. João Alberto Oliveira Diniz; Adson Brito Monteiro, Robson de Carlo da Silva; Thiago Luiz Feijó de Paula. Superintendência Regional de Recife, 119p.

CRETELLA JÚNIOR, José. Administração indireta brasileira. Rio de Janeiro: Forense, 1980.

DAL PONT, C. B.; VALVASSORI, M. L.; GUADAGNIN, M. R.; MILIOLI, B. V.; GALATTO, S. L. Metodologia para Elaboração de Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos. In 4º. Fórum Internacional de Resíduos Sólidos. Porto Alegre/RS – Brasil, 2013.

DATASUS – Departamento de Informática do SUS, 2010. Cadernos de informações de Saúde de Minas Gerais. Disponível em: <http://tabnet.datasus.gov.br/tabdata/cadernos/mg.htm>. Acesso em: janeiro de 2017.



DATASUS – Departamento de Informática do SUS, 2014. Morbidades hospitalares. Disponível em: <http://cidades.ibge.gov.br/xtras/temas.php?lang=&codmun=315053&idtema=146&search=minas-gerais|pingo-d' %C3%81gua|morbidades-hospitalares-2014>>. Acesso em janeiro de 2017.

DATASUS – Departamento de Informática do SUS, 2015. SARGSUS - Sistema de Apoio ao Relatório de Gestão. Disponível em: <http://aplicacao.saude.gov.br/sargsus/login!carregarMunicipios.action>>. Acesso em: fevereiro de 2017.

DEGANI, Clarice Menezes. Sistemas de gestão ambiental em empresas construtoras de edifícios. 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Construção Civil e Urbana) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-28082003-161920/>>. Acesso em: maio de 2017.

D'ELLA, D. M. C. Relação entre utilização de água e geração de resíduos sólidos domiciliares. Revista de saneamento ambiental, São Paulo, no. 65, p.38-41, maio de 2000.

DER-MG – Departamento de Estradas e Rodagem de Minas Gerais, 2017. Disponível em: <http://der.mg.gov.br/mapa-rodoviario>>. Acesso em fevereiro de 2017.

DNIT Norma 022/2006 - Drenagem – Dissipadores de energia – Especificação de serviço. Rio de Janeiro, 2006.

DUARTE, Vânia Maria do Nascimento. O Seminário - O que é e como realizá-lo?, Brasil Escola. Disponível em: <http://brasilecola.uol.com.br/redacao/o-seminarioque-e-como-realizalo.htm>>. Acesso em: março de 2017.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Tecnologias de Saneamento Básico Rural desenvolvidas pela Embrapa. IV Seminário Internacional de Engenharia de Saúde Pública. Belo Horizonte, MG. 2013.

FEAM - Fundação Estadual do Meio Ambiente - Orientações básicas para a operação de aterro sanitário. Belo Horizonte: FEAM, 2006. 36p.

FEAM - Orientações técnicas para atendimento à deliberação Normativa 118/2008 do Conselho Estadual de Política Ambiental. 3ª ed. - Belo Horizonte. 2008.

FEAM - Orientações básicas para drenagem urbana- Belo Horizonte: FEAM, 2006.

FEAM – FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE. Áreas Contaminadas e Áreas Reabilitadas no Estado de Minas Gerais. Fundação Estadual do Meio Ambiente – Belo Horizonte: FEAM, 2016.



FEAM – FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE. Minas Trata Esgoto. Fundação Estadual do Meio Ambiente – Belo Horizonte: FEAM, 2015. 141 p.

FEAM – Fundação Estadual do Meio Ambiente. Panorama da Destinação dos Resíduos Sólidos Urbanos no Estado de Minas Gerais em 2015. Fundação Estadual do Meio Ambiente – Belo Horizonte: FEAM, 2016. 73 p.

FEAM - Fundação Estadual do Meio Ambiente. Reabilitação de áreas degradadas por resíduos sólidos urbanos / Fundação Estadual do Meio Ambiente; Fundação Israel Pinheiro. Belo Horizonte: FEAM, 2010. 36p.

FIORIO, P. R; DUARTE, S. N; RODRIGUES, G. O; MIRANDA, J. H; COOKE, R. A. Comparação de Equações de Chuvas Intensas para Localidades do Estado de São Paulo. Jaboticabal, v.32, n.6, p.1080-1088, nov./dez. 2012.

FJP – Fundação João Pinheiro. Sistema Estadual de Informações Sobre o Saneamento. 2011. Disponível em: <<http://datagerais.fjp.mg.gov.br/home/index>>. Acesso em: março de 2017.

GEOFABRIK. Disponível em: download.geofabrik.de/south-america/brazil.html. Acesso em março de 2017.

GONÇALVES, J. L. de M.; NOGUEIRA JR., L. R.; DUCATTI, F. Recuperação de Solos Degradados, In: Kageyama, P. Y. et al. (org). Restauração ecológica de ecossistemas naturais. Botucatu: FEPAF, 1ª ed. Revisada: 2008.

GOOGLE EARTH (2017). Imagem de satélite capturada em fevereiro de 2017.

GOVERNO DO BRASIL. Economia e Emprego. Publicado: 29/06/2017, 10h47. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/economia-e-emprego/2017/06/conselho-monetario-reduz-meta-de-inflacao-para-2019-e-2020>>. Acesso em: janeiro de 2018.

HELLER, Coutinho e Mingoti – Artigo Técnico - Diferentes modelos de gestão de serviços de saneamento produzem os mesmos resultados? Um estudo comparativo em Minas Gerais com base em indicadores, Revista Eng. sanit. ambient. Vol.11 - Nº 4 - out/dez 2006. Disponível em: https://www.abes-dn.org.br/publicacoes/engenharia/resaonline/v11n04/v11n04a03_060_%2006.pdf. Acesso em: abril 2017.

HELLER, Pedro Gasparini Barbosa. Universidade Federal de Minas Gerais - Programa de Pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos - Avaliação dos serviços de saneamento de quatro municípios da bacia hidrográfica do rio das Velhas - MG. Uma abordagem da dimensão tecnológica. Belo Horizonte, 2007.



IBAM. Manual de Gerenciamento Integrado de resíduos sólidos / José Henrique Penido Monteiro [et al.]; coordenação técnica Victor Zular Zveibil. Rio de Janeiro: IBAM, 2001.

IBAM. Instituto brasileiro de administração municipal. Limpeza Urbana, 2010.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010. IBGE Cidades - Censo demográfico.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010. IBGE Cidades. Fundações Privadas e Associações sem Fins Lucrativos no Brasil.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2012. Manual Técnico da Vegetação Brasileira. Disponível em: <[ftp://geoftp.ibge.gov.br/documentos/recursos_naturais/manuais_tecnicos/manual_tecnico_vegetacao_brasileira.pdf](http://geoftp.ibge.gov.br/documentos/recursos_naturais/manuais_tecnicos/manual_tecnico_vegetacao_brasileira.pdf)>. Acesso em: março de 2017.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2014. IBGE Cidades. Estatísticas do Cadastro Central de Empresas.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2015. IBGE Cidades - Frota.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2014. IBGE Cidades. Produto Interno Bruto dos Municípios.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2015. IBGE Cidades. Produção Agrícola Municipal - Lavoura Permanente.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2015. IBGE Cidades. Ensino - Matrículas, Docentes e Rede Escolar.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Banco de Dados: IBGE Países, 2012. Disponível em: <<http://paises.ibge.gov.br/#/pt/pais/brasil/info/populacao>>. Acesso em: abril de 2017.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística: redução da desigualdade no Brasil estaciona nos níveis de 2011, Júlia Dias Carneiro da BBC Brasil no Rio de Janeiro, 18 setembro 2014. Disponível em:<http://www.bbc.com/portuguese/noticias/2014/09/140918_desigualdade_ibge_brasil_pnad_rb>. Acesso em: junho de 2017.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010. Portal de mapas do IBGE. Disponível em: <http://portaldemapas.ibge.gov.br/portal.php#mapa201739>. Acesso em: março de 2017.



IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2013. Geomorfologia. Disponível em: <http://mapas.ibge.gov.br/interativos/arquivos/downloads>. Acesso em: março de 2017.

IBIO AGB Doce. Termo de Referência para elaboração de Plano Municipal de Saneamento Básico – Bacia Hidrográfica do Rio Doce / UGRH 1 Piranga, UGRH 2 Piracicaba, UGRH 3 Santo Antônio e UGRH 5 Caratinga. Ato Convocatório 08/2016. IBIO AGB Doce.

IGAM – Instituto Mineiro de Gestão das Águas. Dados de Outorga. 2016a. Disponível em: <http://www.semad.mg.gov.br/outorga/relacao-deferidos-indeferidos-cancelados-e-outros>. Acesso em: fevereiro de 2017.

IMRS – Índice Mineiro de Responsabilidade Social. Série histórica. Disponível em: <http://imrs.fjp.mg.gov.br/Consultas>. Acesso em: fevereiro de 2017.

INOUE, K. P. Drenagem – terminologia e aspectos relevantes ao entendimento de seu custo em empreendimentos habitacionais horizontais– São Paulo. EPUSP, 2009.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS. Qualidade das águas superficiais de Minas Gerais em 2014: resumo executivo. Belo Horizonte: Instituto Mineiro de Gestão das Águas, 2015. 175p.

INVENTÁRIO FLORESTAL DE MINAS GERAIS, 2009. Disponível em: <http://geosisemanet.meioambiente.mg.gov.br/inventarioFlorestal/>. Acesso em: fevereiro de 2017.

JADOVSKI, I. Diretrizes Técnicas e Econômicas para Usinas de Reciclagem de Resíduos de Construção e Demolição. 2005. 182 f. Trabalho de Conclusão (Mestrado em Engenharia) – Curso de Mestrado Profissionalizante em Engenharia, Escola de Engenharia, UFRGS, Porto Alegre, 2006.

JARDIM, Niza Silva et al. Lixo Municipal: Manual de Gerenciamento Integrado. São Paulo. IPT: CEMPRE, 1995.

JORDÃO, E. P.; PESSÔA, C. A.; Tratamento de Esgotos Domésticos. 4ª edição. Rio de Janeiro. 2005.

LEAL, Jane Terezinha da Costa Pereira. Água para consumo na propriedade rural. Belo Horizonte: EMATER-MG, 2012. 18p.

LEOPOLD, L.B.,1968. Hydrology for Urban Planning - A Guide Book on the Hydrologic Effects on Urban Land Use. USGS circ. 554, 18p.



- MAGALHÃES, R. C. Erosão: definições, tipos e formas de controle. VII Simpósio Nacional de Controle de Erosão. Goiânia, 2001.
- MARTINS, J. R. S. Gestão da drenagem urbana: só tecnologia será suficiente? São Paulo, 2012.
- MATOS, Tássio F. L.; SCHALCH, Valdir. Composição dos Resíduos Poliméricos, Pós-consumo, Gerados no Município de São Carlos, SP. EESC, USP, 2007.
- MINAS GERAIS. Resolução conjunta SEMAD-IGAM nº 1548, de 29 de março 2012. Dispõe sobre a vazão de referência para o cálculo da disponibilidade hídrica superficial nas bacias hidrográficas do Estado. Belo Horizonte: Diário do Executivo, 2012.
- MINAS GERAIS. Lei nº 13.199, de 29 de janeiro de 1999 – Política Estadual de Recursos Hídricos. Belo Horizonte, 1999.
- MINAS GERAIS. Lei Delegada nº 180, de 20 de janeiro de 2011. Dispõe sobre a estrutura orgânica da Administração Pública do Poder Executivo do Estado de Minas Gerais e dá outras providências.
- MIRANDA, L.F.R.; ANGULO, S.C.; CARELI, E.D. A reciclagem de resíduos de construção e demolição no Brasil: 1986-2008. Revista Ambiente Construído. Porto Alegre. v. 9, n. 1, p. 57-71, jan/mar 2009.
- MOTA, Suetônio. Urbanização e meio ambiente. Rio de Janeiro [RJ]: ABES, 1999.
- MOTA, Suetônio. Urbanização e meio ambiente 3ª ed. Rio de Janeiro [RJ]: ABES, 2003.
- ONOFRE, F.L. Estimativa da geração de resíduos domiciliares. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental). UFPA, 2011.
- PAULINO, P. F. Estudo sobre a Sensibilidade dos Parâmetros do Método SCS na Determinação de Hidrogramas de Cheia em Bacias Urbanas. Dissertação [Mestrado em Engenharia Civil (Hidráulica e Saneamento)] – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2014.
- PEIXOTO, João Batista. O barulho da água: os municípios e a gestão dos serviços de saneamento. São Paulo; Água e Vida; 1994. 94 p. Livrotab.
- PEREIRA, Luiz Carlos Bresser - Uma reforma gerencial da Administração Pública no Brasil. Revista do Serviço Público Ano 49 Número 1 Jan-Mar, 1998.



PINTO, T.P. Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana. 1999. 189 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

PINTO, T.P.; GONZALEZ, J.L.R. Manejo e gestão de resíduos da construção civil. Volume 1 - Manual de orientação: como implantar um sistema de manejo e gestão nos municípios. Brasil, 2005.

PLANO de Gerenciamento Integrado de Resíduos da Construção Civil – PGIRCC / Ana Lúcia Maia... [et al.]. -- Belo Horizonte: Fundação Estadual do Meio Ambiente: Fundação Israel Pinheiro, 2009. 44 p. ; il.

PNUD – Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento, 2010. Desenvolvimento Humano e IDH. Disponível em: <<http://www.br.undp.org/content/brazil/pt/home/idh0.html>>. Acesso em fevereiro de 2017.

PNUD, IPEA E FJP, 2013. Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil. Disponível em: <<http://atlasbrasil.org.br/2013/>>. Acesso em: janeiro de 2017.

PORTO, M.F.A. Aspectos Qualitativos do Escoamento Superficial em Áreas Urbanas. In: TUCCI, C.E.M.; PORTO, R.L.L.; BARROS, M.T. Drenagem Urbana. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS/ABRH, 1995, V.5, p.387-414.

PORTO, R. M. Hidráulica básica. São Carlos: EESC/USP, 1998.

PREFEITURA MUNICIPAL DE BELO HORIZONTE, 1995. Plano Diretor de Belo Horizonte: Lei de uso e ocupação do solo: estudos básicos.

PREFEITURA MUNICIPAL DE PINGO D'ÁGUA-MG. Disponível em: <<http://www.pingodagua.mg.gov.br/>>. Acesso em: fevereiro de 2017.

PROGRAMA CIDADES SUSTENTÁVEIS – PCS, 2012 – Plataforma criada pela Rede Nossa São Paulo, Rede Social Brasileira por Cidades Justas e Sustentáveis e Instituto Ethos, 2012. Disponível em:<<http://www.cidadessustentaveis.org.br/noticias/premio-cidades-sustentaveis-e-entregue-municipios-que-promovem-politicas-publicas-exitosas>>. Acesso em março de 2017.

PROGRAMA CIDADES SUSTENTÁVEIS. Rede Nossa São Paulo Rede Social Brasileira por Cidades Justas e Sustentáveis. Abril de 2013.



- RAVANELLI, Paula. Consórcios públicos: os desafios do fortalecimento de mecanismos de cooperação e colaboração entre os entes federados. In: CONGRESSO CONSAD DE GESTÃO PÚBLICA, III, Brasília, 2010. Disponível em: <www.consad.org.br/sites/1500/1504/00002002.pdf>. Acesso em: março de 2017.
- ReCESA - Rede Nacional de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental - Planos municipais de saneamento básico/ org. Juliano Rodrigues Gimenez, Vania Elisabete Schneider e Sérgio Faoro Tieppo – Brasília, 2013.
- REPENTE, Audiências Públicas. PÓLIS - Instituto de Estudos, Formação e Assessoria em Políticas Sociais, nº 24, Dez/2005. Disponível em: <<http://www.polis.org.br/uploads/1042/1042.pdf>>. Acesso em: fevereiro de 2017.
- REZENDE, Sonaly et al. - Integrando oferta e demanda de serviços de saneamento: Análise hierárquica do panorama urbano brasileiro no ano 2000. Revista Eng. sanit. ambient., Vol.12 - Nº 1 - jan/mar 2007.
- RIBEIRO, W. Gestão Associada de Serviços Públicos de Saneamento Básico. Brasília: SNSA/MCIDADES, 2007. Apresentação em PowerPoint.
- RIGHETTO, A. M. (coordenador). Manejo de Águas Pluviais Urbanas. Projeto PROSAB – Programa de Pesquisas em Saneamento Básico. Rio de Janeiro, ABES: 2009.
- RIGHETTO, A. M., PORTO, R. M., VILLELA, S. M. - Adequação de Metodologia para Estudos Hidrológicos de Macrodrenagem Urbana: aplicação para a Cidade de São Carlos In: X Simpósio Brasileiro.
- ROSA, M. O. Gerenciamento de projetos de governo – PMI-DF – PMInforma, n.V, 10 mai. 2007.
- ROTTA, C. M. S. Estudo da recuperação de áreas degradadas por processos erosivos: procedimentos e eficiência dos métodos, 2012. 166p. Dissertação (Mestrado em Geotecnia), Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2012.
- SÃO PAULO (cidade). SMDU - Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano. Manual de drenagem e manejo de águas pluviais: aspectos tecnológicos; diretrizes para projetos. São Paulo: 2012, 128p.
- SÃO PAULO (cidade). SMDU - Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano. Gerenciamento de operação In: Manual de drenagem e manejo de águas pluviais: gerenciamento do sistema de drenagem urbana. São Paulo: SMDU, 2012.



SCHALCH, V., LEITE, W. C. A., FERNANDES JR., J. L., CASTRO, M. C. A. A. Gestão e gerenciamento de resíduos sólidos. 91 p., 2002. Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo.

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE – Coordenadoria de Educação Ambiental – Coleta Seletiva para Prefeituras – Guia de Implantação, 7ª ed., 2014.

SEMAD - Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável - Fundação Estadual do Meio Ambiente. Classificação e panorama da destinação dos resíduos sólidos urbanos em Minas Gerais ANO BASE 2014.

SEMAD - Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável, 2008. Zoneamento Ecológico Econômico do Estado de Minas Gerais - ZEE-MG. Disponível em: <<http://www.zee.mg.gov.br/>>. Acesso em março de 2017.

SHS CONSULTORIA E PROJETOS DE ENGENHARIA LTDA. EPP. Fotografias, estudos e dados levantados em campo ou por meio de questionários, 2017.

SILVA, Maiara Macedo. A participação da sociedade civil em diferentes modelos de prestação dos serviços públicos de abastecimento de água e esgotamento sanitário: estudo em quatro municípios no Brasil, Universidade Federal da Bahia - Escola Politécnica - Mestrado em Engenharia Ambiental Urbana. Salvador, 2010.

SIM - Sistema de Informações de Mortalidade, 2009. Disponível em: <http://www2.datasus.gov.br/DATASUS/index.php?area=060701>. Acesso em: fevereiro de 2017.

SISEMA – Sistema Estadual do Meio Ambiente e Recursos Hídricos; SEMAD – Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável; FEAM – Fundação Estadual do Meio Ambiente; IEF – Instituto Estadual de Florestas; IGAM - Instituto Mineiro de Gestão das Águas e outros. Disponível em: <<http://geosisemanet.meioambiente.mg.gov.br/zee/>>.

SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos - 2015. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/diagnostico-agua-e-esgotos>. Acesso em: fevereiro de 2017.

SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. Diagnóstico do manejo de Resíduos Sólidos Urbanos - 2015. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/diagnostico-residuos-solidos> Diagnóstico do manejo de Resíduos Sólidos Urbanos - 2015. Acesso em: fevereiro de 2017.

SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. Glossários de informações e indicadores de água e esgotos e resíduos sólidos. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/glossarios>. Acesso em: fevereiro de 2017.



- TOMAZ, P., Cap. 5 - Microdrenagem. Curso de Manejo de águas pluviais, 2012.
- TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. Desastres Naturais, conhecer para prevenir. Instituto Geológico. São Paulo, 2009.
- TUCCI, C. E. M. Hidrologia: ciência e aplicação. Organizado por: Carlos E. M. Tucci, André L. L. da Silveira... [et al.] – 3ª ed., primeira reimpressão. Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH, 2004. 1ª ed. 1993.
- TUCCI, C. E. M. Inundações Urbanas. Porto Alegre: ABRH/RHAMA, 2007. 393p.
- TUCCI, C. E. M.; NEVES, M. G. F. P. Resíduos sólidos na drenagem urbana: Aspectos Conceituais. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 13, p. 125-136, 2009.
- TUCCI, C. E. M. Gestão de Águas Pluviais Urbanas/ Carlos E. M. Tucci – Ministério das Cidades – Global Water Partnership - World Bank – Unesco, 2005.
- TUCCI, C. E. M. Águas urbanas. Estudos Avançados, São Paulo, v. 22, n. 63, p. 97-112, jan. 2008. ISSN 1806-9592. Disponível em: <<http://www.revistas.usp.br/eav/article/view/10295>>. Acesso em: março de 2017.
- USBR U. S. Bureau of Reclamation – United States Department of the interior – Design of Small Dams. Companhia Editorial Continental S.A México, D. F. 1977. 639 p.
- VON SPERLING, M.; Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais. 4ªed., 2014.
- WHO. World Health Organization. Guidelines for drinking-water quality. Geneva: WHO. Fourth edition. 2011.
- WHO. World Health Organization. Guidelines for Drinking-Water Quality. Geneva: WHO. Second Edition. 1998.
- WILKEN, P.S. Engenharia de Drenagem Superficial. São Paulo, Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB), 1978. 478p. IN: PAIVA, J. B. D. de; PAIVA, E. M. C. D. de (organizadores). Hidrologia aplicada à gestão de pequenas bacias hidrográficas. Porto Alegre: ABRH, 2001.
- WU, I-PAI. Design hydrographs for small watersheds in Indiana. ASCE, 1963. IN: PAIVA, J. B. D. de; PAIVA, E. M. C. D. de (organizadores). Hidrologia aplicada à gestão de pequenas bacias hidrográficas. Porto Alegre: ABRH, 2001.



9. Anexos



Anexo 1 - Mapa das Áreas de Preservação Permanente (APPs) dos cursos d'água do município de Pingo D'Água



Anexo 2 - Termo Aditivo ao Contrato de Concessão à COPASA



Anexo 3 - Relatório de Qualidade de Água 2016 de Pingo D'Água