



MUNICÍPIO DE ARROIO DOS RATOS
ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL

ESTUDO DE CONCESSÃO PARA EXPANSÃO,
OPERAÇÃO, MANUTENÇÃO E GESTÃO
DOS SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA,
DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO
E DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS

CADERNO B – MODELAGEM TÉCNICA
VERSAO 002



APRESENTAÇÃO

O presente documento consiste no caderno da modelagem técnica (caderno B) do Estudo de Concessão para Expansão, Operação, Manutenção e Gestão dos Sistemas de Abastecimento de Água, de Esgotamento Sanitário e de Gerenciamento de Resíduos do município de Arroio dos Ratos/RS. No mesmo são apresentadas a Caracterização da Área de Estudo, o Diagnóstico da Situação Existente, o Estudo de Demandas, o Estudo de Alternativas para Universalização, os Procedimentos para Gestão e Operação, a Alocação de Riscos e o Caderno de Encargos da Concessionária. Os demais cadernos apresentam o Resumo Executivo (caderno A), a Modelagem Econômica (caderno C), e a Modelagem Jurídica (caderno D).

ELABORAÇÃO

RAZÃO SOCIAL

CNPJ

ENDEREÇO

CONTATO

MUNICIPIO DE ARROIO DOS RATOS

88.363.072/0001-44

LARGO LAGO DO MINEIRO, 135 – CENTRO – ARROIO DOS
RATOS/RS(51) 3656-1342 – prefeitura@arroidosratos.rs.gov.br**RAZÃO SOCIAL**

CNPJ

ENDEREÇO

CONTATO

MATEUS KLEIN - SOCIEDADE INDIVIDUAL DE ADVOCACIA

29.758.532/0001-74

AV. DOLORES ALCARAZ CALDAS, 90 - 8º ANDAR
PRAIA DE BELAS – PORTO ALEGRE/RS(51) 3533-8423 – [contato@mfklein.com](mailto: contato@mfklein.com)

CONTROLE DE VERSÕES

VERSAO	DATA	DESCRIÇÃO
001	FEVEREIRO/2024	EMISSÃO INICIAL
002	MARÇO/2024	REVISÃO

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Evolução da população total, urbana e rural – IBGE	13
Figura 2 – Rodovias municipais e estaduais nas proximidades de Arroio dos Ratos.....	14
Figura 3 – Localização do município de Arroio dos Ratos.....	17
Figura 4 – Área urbana de Arroio dos Ratos.....	18
Figura 5 -Usos do solo na zona urbana de Arroio dos Ratos.....	19
Figura 6 - Relevo do município de Arroio dos Ratos.	22
Figura 7 – Relevo da zona urbana de Arroio dos Ratos.....	23
Figura 8 – Classes litológicas da geologia de Arroio dos Ratos.	24
Figura 9 – Hidrografia no município de Arroio dos Ratos.	25
Figura 10 – Croqui do Sistema de Abastecimento de Água de Arroio dos Ratos.	35
Figura 11 – Localização dos componentes do SAA de Arroio dos Ratos.	36
Figura 12 – Captação junto ao Arroio dos Ratos.	37
Figura 13 - A entrada de água bruta na ETA Arroio dos Ratos é quantificada pela calha Parshal, onde recebe a cal hidratada e sulfato de alumínio.....	38
Figura 14 - O sistema de floculação é tipo chicanas, composto de sete câmaras, com gradientes decrescentes.	38
Figura 15 - O sistema de decantadores é formado por dois tanques de fluxo ascendente.	38
Figura 16 - A filtração é do tipo rápido, formado por carvão e areia distribuídos em 06 (seis) unidades filtrantes.	39
Figura 17 - Durante o tratamento a água recebe aplicação de flúor e cloração, sendo armazenada em cinco reservatórios com capacidade total de 970m ³	39
Figura 18 - Reservatório R1.....	40
Figura 19 - Reservatório R2.....	41
Figura 20 - Reservatório R3.....	41
Figura 21 - Reservatório R4.....	41
Figura 22 – EBA 1.	42
Figura 23 – EBA 2.	43
Figura 24 – Reservatório localizado no Rincão dos Américos.	43
Figura 25 – Evolução da quantidade de economias ativas em Arroio dos Ratos.....	44
Figura 26 – Aterro Sanitário da CRVR em Minas do Leão, RS.	47
Figura 27 – Evolução da população.	51
Figura 28 – Zona urbana de Arroio dos Ratos em (a) 2003 e (b) 2023.	51
Figura 29 – Hidrantes projetados para Arroio dos Ratos com suas respectivas áreas de abrangência.....	65
Figura 30 – Bacias de esgotamento determinadas para a área de projeto.	73
Figura 31 - Esquema Conceitual da Alternativa 1 para o SES.....	76
Figura 32 – Detalhamento da Bacia 1.	77
Figura 33 - Detalhamento da Bacia 2.	78
Figura 34 - Detalhamento da Bacia 3.	79
Figura 35 - Detalhamento da Bacia 4.	80
Figura 36 - Detalhamento da Bacia 5.	81
Figura 37 - Detalhamento da Bacia 6.	82
Figura 38 - Detalhamento da Bacia 7.	83
Figura 39 - Detalhamento da Bacia 8.	84

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – População total e urbana.....	13
Tabela 2 - Número de funcionários por setor e porte no município de Arroio dos Ratos – SEBRAE.....	15
Tabela 3 – Uso e ocupação do solo no município de Arroio dos Ratos.....	19
Tabela 4 – Densidade populacional típica em função do uso do solo.....	21
Tabela 5 – População de saturação para Arroio dos Ratos.	21
Tabela 6 - Estrutura tarifária sintética utilizada no faturamento dos municípios regulados pela AGERGS.	28
Tabela 7 – Informações e indicadores populacionais e de cobertura - SNIS.....	30
Tabela 8 – Informações e indicadores de volumes de água.	30
Tabela 9 – Informações e indicadores de qualidade da água tratada por ano de referência. ...	31
Tabela 10 – Informações e indicadores associados à gestão comercial e perdas – SNIS.	32
Tabela 11 – Outras informações, por ano de referência.....	33
Tabela 12 – Informações e indicadores associados à gestão de resíduos sólidos – SNIS.....	34
Tabela 13 – Reservatórios do SAA de Arroio dos Ratos.	40
Tabela 14 – Receitas e despesas referentes ao SAA para Arroio dos Ratos – SNIS.	45
Tabela 15 – Receitas e despesas referentes ao SAA para Arroio dos Ratos – SNIS.	48
Tabela 16 – Projeção da população urbana para diferentes metodologias.....	50
Tabela 17 – Expansão da área adensada.	52
Tabela 18 – População de saturação.	52
Tabela 19 – Projeção da população urbana.	53
Tabela 20 – Demanda de água projetada.	54
Tabela 21 – Contribuições de esgoto projetadas.	55
Tabela 22 – DBO projetada.....	56
Tabela 23 – Balanço entre vazões ofertadas e demandadas do sistema de captação.	61
Tabela 24 – Capacidade mínima do reservatório em função do coeficiente da hora de maior consumo	62
Tabela 25 – Balanço entre vazões ofertadas e demandadas do sistema de reservação.	62
Tabela 26 – Resumo dos quantitativos para as melhorias propostas para o SAA.	63
Tabela 27 – Cronograma de implantação das melhorias propostas para o SAA.	64
Tabela 28 - Área das bacias de esgotamento, número de economias e porcentagem de ocupação para início e final de plano.	72
Tabela 29 – Estimativa de vazões por bacia para final de plano.....	74
Tabela 30 - Resumo das quantidades totais da Alternativa 1 para o SES em final de plano... .	75
Tabela 31 - Resumo dos quantitativos da Alternativa 1 para o SES.....	76
Tabela 32 - Detalhamento quantitativo da Bacia 1.	76
Tabela 33 - Detalhamento quantitativo da Bacia 2.	77
Tabela 34 - Detalhamento quantitativo da Bacia 3.	78
Tabela 35 - Detalhamento quantitativo da Bacia 4.	79
Tabela 36 - Detalhamento quantitativo da Bacia 5.	80
Tabela 37 - Detalhamento quantitativo da Bacia 6.	81
Tabela 38 - Detalhamento quantitativo da Bacia 7.	82
Tabela 39 - Detalhamento quantitativo da Bacia 8.	83

Tabela 40 - Resumo da produção de esgoto para Limpeza Programada da Alternativa 2 para o SES.....	85
Tabela 41 – Quantitativos para a Alternativa 2 do SES.....	85
Tabela 42 – Definição da frota.....	88
Tabela 43 - Impactos socioambientais negativos relacionados aos serviços de água, esgoto e resíduos.....	90
Tabela 44 - Impactos socioambientais positivos relacionados aos serviços de água, esgoto e resíduos.....	91
Tabela 45 - Etapas constituintes do Plano de Segurança Hídrica.....	94
Tabela 46 - Programas de Educação Ambiental e Sustentabilidade.....	98
Tabela 47 - Matriz de riscos proposta pela NR nº 5/2024.....	105
Tabela 48 – Obrigações técnicas em operação e manutenção para SAA.....	119
Tabela 49 – Obrigações técnicas em operação e manutenção para SES.....	121
Tabela 50 - Obrigações técnicas em operação e manutenção para gerenciamento de resíduos sólidos.....	122

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
1.1	OBJETIVO	10
1.2	ESTRUTURA	10
1.3	DIRETRIZES	11
2	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	12
2.1	MEIO SOCIAL	12
2.1.1	História	12
2.1.2	População	12
2.1.3	Infraestrutura	13
2.1.4	Geopolítica	16
2.2	MEIO NATURAL.....	21
2.2.1	Relevo	22
2.2.2	Geologia.....	23
2.2.3	Climatologia	24
2.2.4	Hidrologia.....	25
2.2.5	Fauna e Flora	26
3	DIAGNÓSTICO DO SISTEMA EXISTENTE	27
3.1	SERVIÇO DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA E DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO	27
3.1.1	Contrato de Programa	27
3.1.2	Tarifação	27
3.1.3	Fiscalização e Regulação.....	28
3.2	SERVIÇO DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS	28
3.2.1	Contrato	28
3.2.2	Tarifação	28
3.2.3	Fiscalização e Regulação.....	29
3.3	DADOS CADASTRAIS	29
3.3.1	Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário.....	29
3.3.2	Resíduos Sólidos	34
3.4	SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DA ÁREA URBANA	35
3.4.1	Diagnóstico técnico	35
3.4.2	Diagnóstico operacional	44

3.4.3	Diagnóstico financeiro.....	44
3.5	SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO	45
3.6	SISTEMA DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS	45
3.6.1	Diagnóstico técnico	45
3.6.2	Diagnóstico operacional	47
3.6.3	Diagnóstico financeiro.....	47
3.7	AÇÕES NECESSÁRIAS	48
4	ESTUDO DE DEMANDAS	49
4.1	PROJEÇÃO POPULACIONAL	49
4.1.1	Cenários.....	49
4.1.2	Expansão Urbana	51
4.1.3	População de Saturação	52
4.1.4	Paradigma	52
4.2	DEMANDAS DE ÁGUA	53
4.3	CONTRIBUIÇÕES DE ESGOTO	55
5	ESTUDO DE ALTERNATIVAS PARA UNIVERSALIZAÇÃO.....	58
5.1	SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA	58
5.1.1	Concepção do sistema	58
5.1.2	Proposição de ações	63
5.2	SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO	66
5.2.1	Concepção do sistema	66
5.2.2	Proposição de alternativas.....	72
5.3	SISTEMA DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS	85
5.3.1	Concepção do sistema	86
5.3.2	Proposição de ação	88
6	PROCEDIMENTOS PARA GESTÃO E OPERAÇÃO	89
6.1	ASPECTOS SOCIOAMBIENTAIS	89
6.2	ESTRUTURA DE GESTÃO	92
6.2.1	Plano de Segurança Hídrica	92
6.2.2	Programa de Educação Ambiental e de Sustentabilidade.....	95
6.3	PARÂMETROS OPERACIONAIS	100
6.3.1	Indicadores de universalização dos serviços	100
6.3.2	Indicadores de continuidade e qualidade dos serviços.....	101
6.3.3	Indicadores de desempenho comercial	103

7	ALOCAÇÃO DE RISCOS	105
8	CADERNO ENCARGOS DA CONCESSIONÁRIA.....	108
8.1	PLANO DE INVESTIMENTOS DA CONCESSÃO.....	108
8.1.1	Plano de Investimentos Inicial.....	108
8.1.2	Revisão do Plano de Investimentos.....	109
8.2	OBRIGAÇÕES LEGAIS	109
8.3	SISTEMAS DE INFORMAÇÕES.....	110
8.4	OBRIGAÇÕES TÉCNICAS EM PROJETO E CONSTRUÇÃO	111
8.4.1	Obrigações gerais	112
8.4.2	Sistema de Abastecimento de Água	116
8.4.3	Sistema de Esgotamento Sanitário.....	117
8.4.4	Gerenciamento de Resíduos Sólidos	118
8.5	OBRIGAÇÕES TÉCNICAS EM OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO	119
8.6	OBRIGAÇÕES DA GESTÃO COMERCIAL E DO ATENDIMENTO AO USUÁRIO	123
8.7	OBRIGAÇÕES DA GESTÃO SOCIOAMBIENTAL	125
8.8	OBRIGAÇÕES DIVERSAS	126
9	REFERÊNCIAS	130

ÍNDICE DE CADERNOS

CADERNO A	RESUMO EXECUTIVO
CADERNO B	MODELAGEM TÉCNICA
CADERNO C	MODELAGEM ECONÔMICA
CADERNO D	MODELAGEM JURÍDICA

1 INTRODUÇÃO

O MUNICÍPIO DE ARROIO DOS RATOS, no Rio Grande do Sul, e o escritório MATEUS KLEIN – SOCIEDADE INDIVIDUAL DE ADVOCACIA, elaboraram o Estudo de Concessão para Expansão, Operação, Manutenção e Gestão dos Sistemas de Abastecimento de Água, de Esgotamento Sanitário e de Gerenciamento de Resíduos do município de Arroio dos Ratos/RS.

O estudo é composto pela modelagem técnica apresentada no presente volume, mais as modelagens econômica e jurídica apresentadas nos volumes correspondentes. Os estudos técnicos abrangem a Caracterização da Área de Estudo, o Diagnóstico da Situação Existente, o Estudo de Demandas, o Estudo de Alternativas para Universalização, os Procedimentos para Gestão e Operação, a Alocação de Riscos e o Caderno de Encargos da Concessionária. Os demais cadernos apresentam o Resumo Executivo (caderno A), a Modelagem Econômica (caderno C), e a Modelagem Jurídica (caderno D).

1.1 OBJETIVO

Desenvolver subsídios técnicos para a expansão, operação, manutenção e gestão dos sistemas de abastecimento de água, de esgotamento sanitário e de manejo de resíduos sólidos urbanos do município.

1.2 ESTRUTURA

O presente volume possui a seguinte estrutura:

- Capítulo 2 – Caracterização da Área de Estudo: apresenta principais características do município com o objetivo de fornecer os subsídios necessários aos capítulos 3, 4 e 5;
- Capítulo 3 – Diagnóstico da Situação Existente: apresenta a situação atual dos sistemas de abastecimento de água, de esgotamento sanitário e de manejo de resíduos sólidos, destacando seus aspectos positivos e negativos;
- Capítulo 4 – Estudo de Demandas: apresenta a prospecção do crescimento populacional ao longo do horizonte de alcance, além da projeção das vazões de água demandadas e de esgoto geradas, bem como os volumes de resíduos a serem gerados;

- Capítulo 5 – Estudo de Alternativas para Universalização: apresenta as soluções técnicas para universalização dos serviços de água, de esgoto e de resíduos;
- Capítulo 6 – Programa de Gestão: apresenta o sistema de gestão comercial dos serviços e gestão socioambiental dos sistemas existentes, com foco nos mananciais de abastecimento de água, corpos receptores de esgotos e a regularidade ambiental dos serviços, o que tange o licenciamento e a outorga de uso das águas;
- Capítulo 7 – Alocação de Riscos: atribui cada risco inerente à concessão dos serviços ao seu responsável, seja concedente ou concessionário;
- Capítulo 8 – Caderno de Encargos da Concessionária: especifica os compromissos e procedimentos a serem assumidos e executados pelo concessionário.

1.3 DIRETRIZES

O presente estudo foi elaborado seguindo as premissas do Marco Legal do Saneamento, instituído pela Lei Federal nº 11.445/2007 e atualizado pela Lei Federal nº 14.026/2020, a Política Estadual de Saneamento, instituída pela Lei Estadual nº 12.037/2003, e a Política Nacional de Recursos Hídricos, instituída pela Lei Federal nº 9.433/1997, e considera as seguintes premissas:

- Atendimento às normas e legislações vigentes;
- Atendimento ao interesse público;
- Desenvolvimento sustentável;
- Garantia da viabilidade técnica, econômica, ambiental e social;
- Universalização do atendimento dos serviços de água, de esgoto e de resíduos;
- Horizonte de alcance de 35 anos;
- Crescimento da população urbana;
- Modicidade tarifária.

2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Neste capítulo é apresentada a caracterização da área de estudo, dividida em meios social e natural.

2.1 MEIO SOCIAL

O meio social abrange os aspectos do processo histórico da formação da cidade, seu desenvolvimento demográfico, suas condições infraestruturais e sua organização geopolítica.

2.1.1 História

A história de Arroio dos Ratos está ligada diretamente à exploração do carvão mineral, descoberto no ano de 1853 pelo engenheiro inglês James Johnson. A cidade iniciou um importante ciclo econômico que contribuiu para o período da industrialização brasileira, permanecendo durante décadas como o principal polo da indústria carbonífera brasileira e como a primeira Usina Termelétrica do país.

Após a desativação das minas, devido à escassez de tecnologia, a exploração mineral migrou para a cidade de Charqueadas. Sendo assim, Arroio dos Ratos buscou outras alternativas de crescimento, como no setor agropecuário, comercial e industrial, além de conquistar a sua emancipação política de São Jerônimo em 28 de dezembro de 1964.

Arroio dos Ratos localiza-se a 55 km da capital do estado, Porto Alegre, fazendo parte da Região Metropolitana de Porto Alegre e do Caminho do Mercosul. O município possui área total de 425,8 km² e população de aproximadamente 14,6 mil habitantes (IBGE, 2023).

A economia da cidade está baseada no comércio, na agricultura familiar e na extração do carvão mineral, atividade que teve seu retorno no ano de 1982.

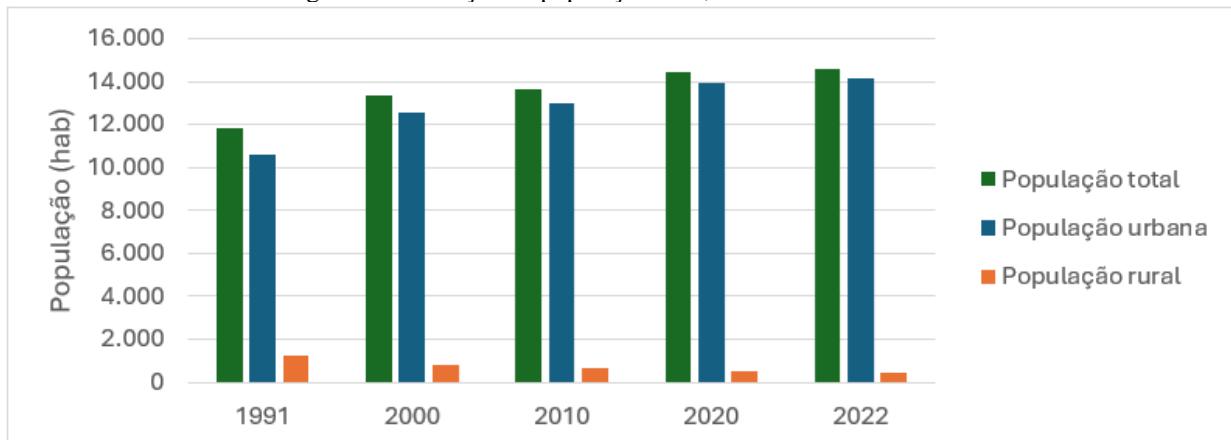
2.1.2 População

Conforme dados do último Censo Demográfico IBGE de 2022, o município de Arroio dos Ratos contava com uma população total de 14.601 habitantes. A Tabela 1 e a Figura 1 apresentam a evolução da população medida nos censos do IBGE, onde é possível observar que no intervalo de 31 anos entre 1991 e 2022 a população total aumentou 23% e a população urbana teve um aumento estimado de 36%.

Tabela 1 – População total e urbana.

Ano	População total (hab.)	População urbana (hab.)	População urbana em relação à população total (%)
1991	11.824	10.610	89.73
2000	13.335	12.528	93.95
2010	13.606	12.956	95.22
2022	14.601	14.125	96,74

Figura 1 – Evolução da população total, urbana e rural – IBGE.



No que tange às características demográficas, observa-se que Arroio dos Ratos apresenta uma população fixa. Ou seja, a população do município não é flutuante – não varia significativamente em períodos sazonais como verão/inverno. Por fim, destaca-se que a projeção populacional é apresentada no subitem 4.1.

2.1.3 Infraestrutura

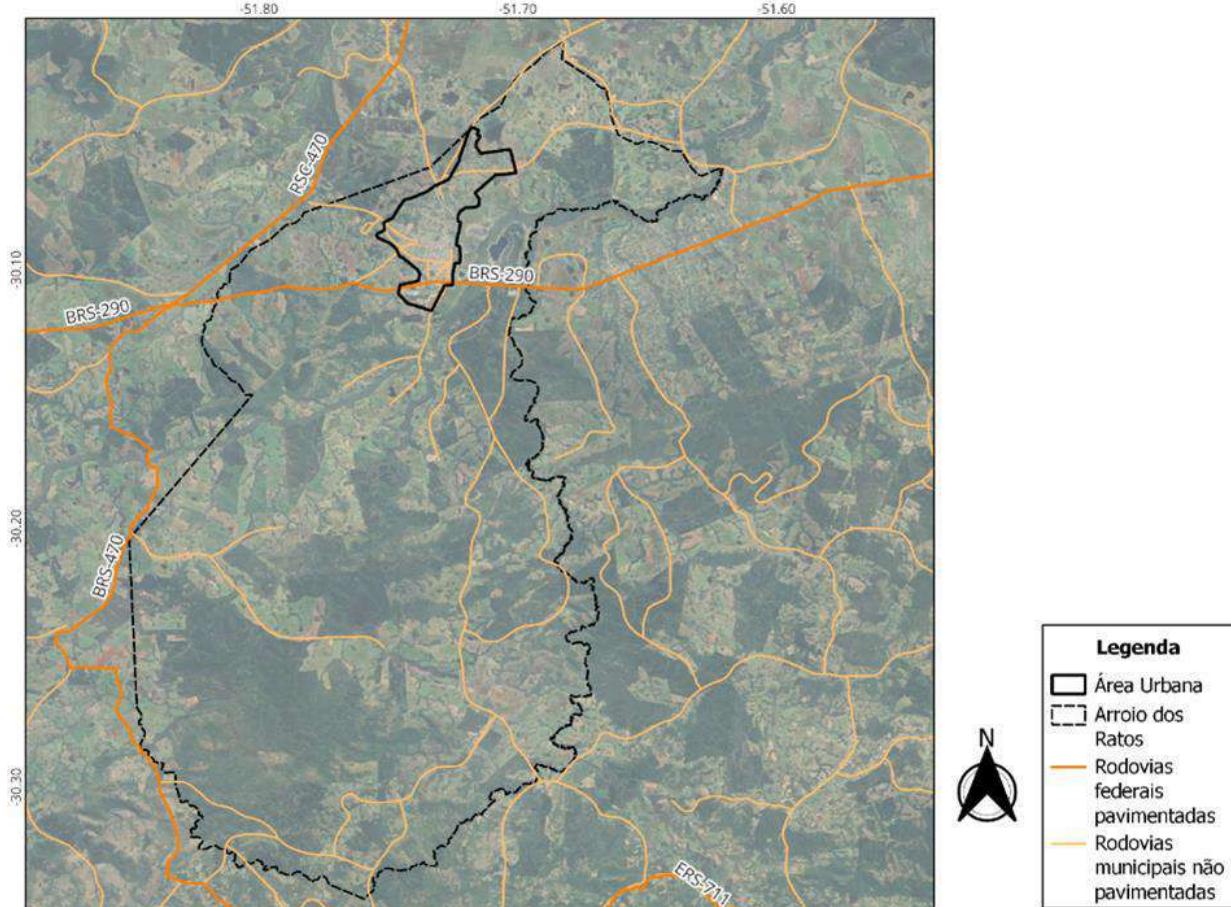
Neste subitem é apresentada a infraestrutura de transporte, energia, telecomunicações, indústria, saneamento e socioeconomia existente no município de Arroio dos Ratos.

2.1.3.1 Transporte

O trajeto da capital Porto Alegre para o município de Arroio dos Ratos consiste em seguir 14 km pela BR116 e, em seguida, 40 km pela BR290.

A cidade está situada à margem direita da BR 290, sentido capital interior, com acesso pelo pórtico central, na Avenida João Pereira da Silva. Pelo interior do município, tem acesso a Charqueadas (23 km) e São Jerônimo (15 km), bem como General Câmara e Triunfo e a rodovia BR 386. Na Figura 2 constam os principais acessos rodoviários ao município de Arroio dos Ratos.

Figura 2 – Rodovias municipais e estaduais nas proximidades de Arroio dos Ratos.



2.1.3.2 Energia

O Município de Arroio dos Ratos é atendido em energia elétrica pela CEEE – Companhia Estadual de Energia Elétrica. Segundo dados do IBGE (censo 2000) 98,23% do total de domicílios no município tem iluminação elétrica, sendo 92,03% na zona urbana e 6,20% na zona rural.

A tarifa média efetiva, reajustada em junho de 2023, em Arroio dos Ratos é de 417,74 R\$/MWh, com reajuste médio anual, entre 2013 e 2023, de 10,55% a.a.

Para grupo tarifário de alta tensão na modalidade tarifária de horário verde (HV) para carga instalada A4 (25 kV), a Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição (TUSD) para energia elétrica demandada é de 31,52 R\$/kW e a Tarifa Efetiva (TE) para energia consumida é, respectivamente, 0,41774 R\$/kWh em ponta (18 – 21h) e 0,26474 R\$/kWh em fora de ponta (demais horários).

2.1.3.3 Telecomunicações

A cobertura de internet e de telefonia para aparelhos móveis é restrita à zona urbana de Arroio dos Ratos, com melhor qualidade ao norte da BR-290.

2.1.3.4 Indústria

Na Tabela 2 é apresentada a composição do mercado por setor e porte, segundo o número de funcionários no município de Arroio dos Ratos (SEBRAE, 2023). O setor de serviços é o que possui maior número de empresas no município.

Tabela 2 - Número de funcionários por setor e porte no município de Arroio dos Ratos – SEBRAE.

Setor	Microempresa	Pequena empresa	Média e grande empresa	Total
Indústria de transformação	139	6	12	157
Construção Civil	108	2	3	113
Comércio	434	13	25	472
Serviços	527	12	20	559
Agropecuária, extração vegetal, caça e pesca	21	2	4	27
Total	1.229	35	64	1.328

2.1.3.5 Saneamento

De acordo com o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS, 2021), 14.201 habitantes de Arroio dos Ratos possuem abastecimento de água, equivalendo a 100% da população do município. Quanto ao esgotamento, o município não possui um Sistema de Esgotamento Sanitário (SES).

Quanto aos resíduos sólidos domiciliares, o volume total coletado por agentes públicos e privados em 2021 foi de 4.016 kg/hab.dia. O destino final dos resíduos ocorre no aterro sanitário de Minas do Leão-RS. Os resíduos industriais são de responsabilidade dos seus respectivos geradores, os quais fazem a contratação de empresa especializada na destinação final dos mesmos.

A prefeitura de Arroio dos Ratos não possui oficialmente coleta seletiva municipal. Os resíduos recicláveis são coletados por carrinheiros e catadores avulsos autônomos. Esta produção é comercializada com sucateiros e unidades de triagem de resíduos secos instalados na cidade.

A drenagem das águas pluviais urbanas apresenta alguns problemas comuns como alagamento de ruas e cheias. Não existe canalização específica para drenagem das águas pluviais, sendo adotado o sistema misto de recolhimento e de escoamento.

2.1.3.6 Socioeconomia

De acordo com os dados do Sebrae, para o ano de 2022 o número de empresas e outras organizações atuantes no município era de 1.328 unidades, com 1,02 mil empregados. No mesmo ano, o PIB per capita do município foi de cerca de R\$ 42.184,26, valor superior ao do estado de R\$ 41.227,61, porém 2,74 mil famílias são classificadas como de baixa renda, sendo 88 delas beneficiárias do Bolsa Família.

O Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) do município, em 2010, era de 0,698. Em 2022, o IDH do RS foi de 0,652. O Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) é uma medida resumida do progresso a longo prazo em três dimensões básicas do desenvolvimento humano: renda, educação e saúde. O valor varia entre 0 e 1, em que, quanto mais próximo de zero, menor é o indicador para os quesitos de saúde, educação e renda.

2.1.4 Geopolítica

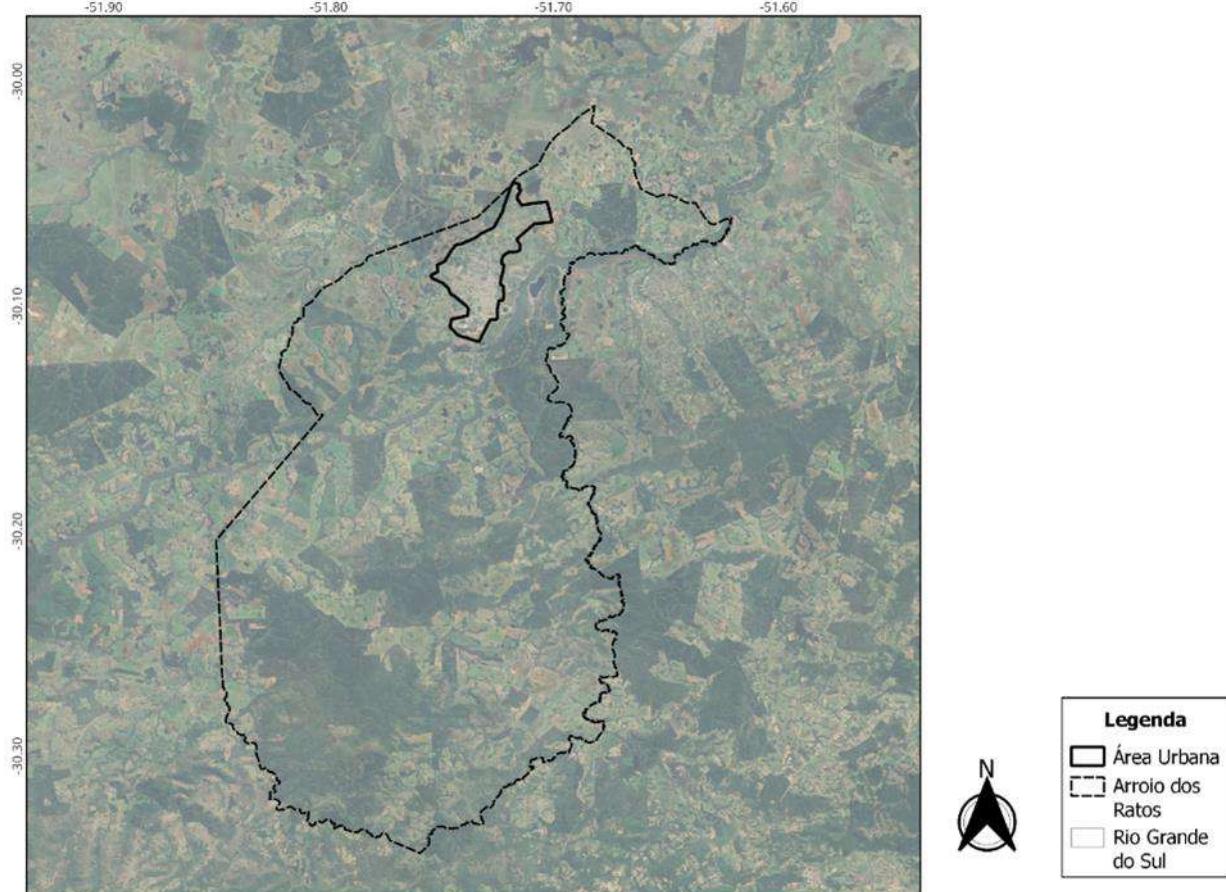
A estrutura e as características geopolíticas de Arroio dos Ratos, englobando localização, uso e ocupação do solo, Plano Diretor, densidade urbana e expansão rural, são apresentadas neste subitem.

2.1.4.1 Localização

O município de Arroio dos Ratos, como mostra a Figura 3, localiza-se ao leste do estado do Rio Grande do Sul, integrando a região Metropolitana de Porto Alegre e a microrregião de São Jerônimo. As coordenadas na Prefeitura Municipal, ponto referência para localização do município, são:

- Latitude: -30.08890 | Longitude: -51.72685;
- DMS: 30° 05' 20.03" S | 51° 43' 36.67" W;
- UTM: 429958.626E 6931090.597N 22J;
- Altitude: 34 metros.

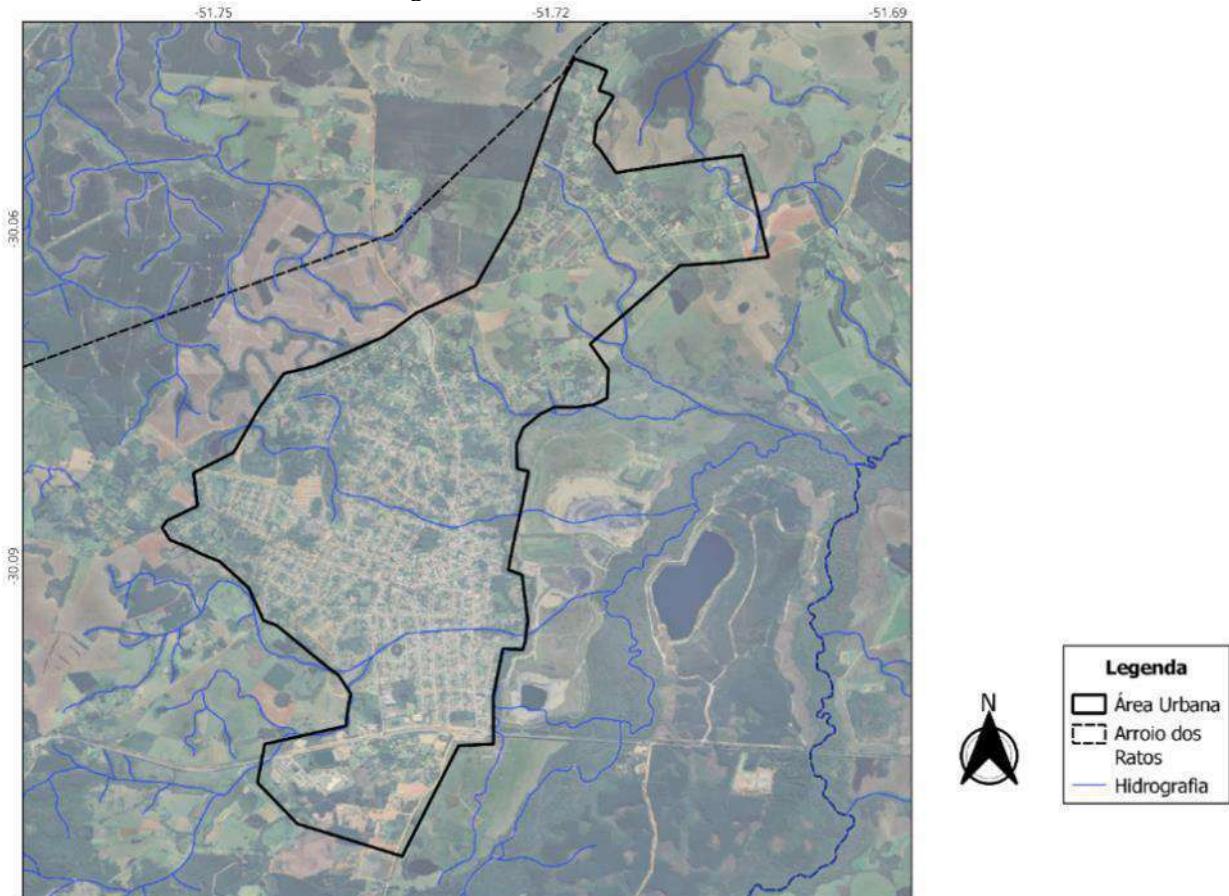
Figura 3 – Localização do município de Arroio dos Ratos.



O Município limita-se ao norte pelo município de Charqueadas, ao sul por Barão do Triunfo, a leste por Mariana Pimentel e Eldorado do Sul, e a oeste pelo município de São Jerônimo.

Segundo o Censo de 2022 (IBGE, 2023), o município possui uma área de 425,791 km². Na Figura 4 é apresentada a vista aérea da zona urbana do município.

Figura 4 – Área urbana de Arroio dos Ratos.



2.1.4.2 Uso e ocupação do solo

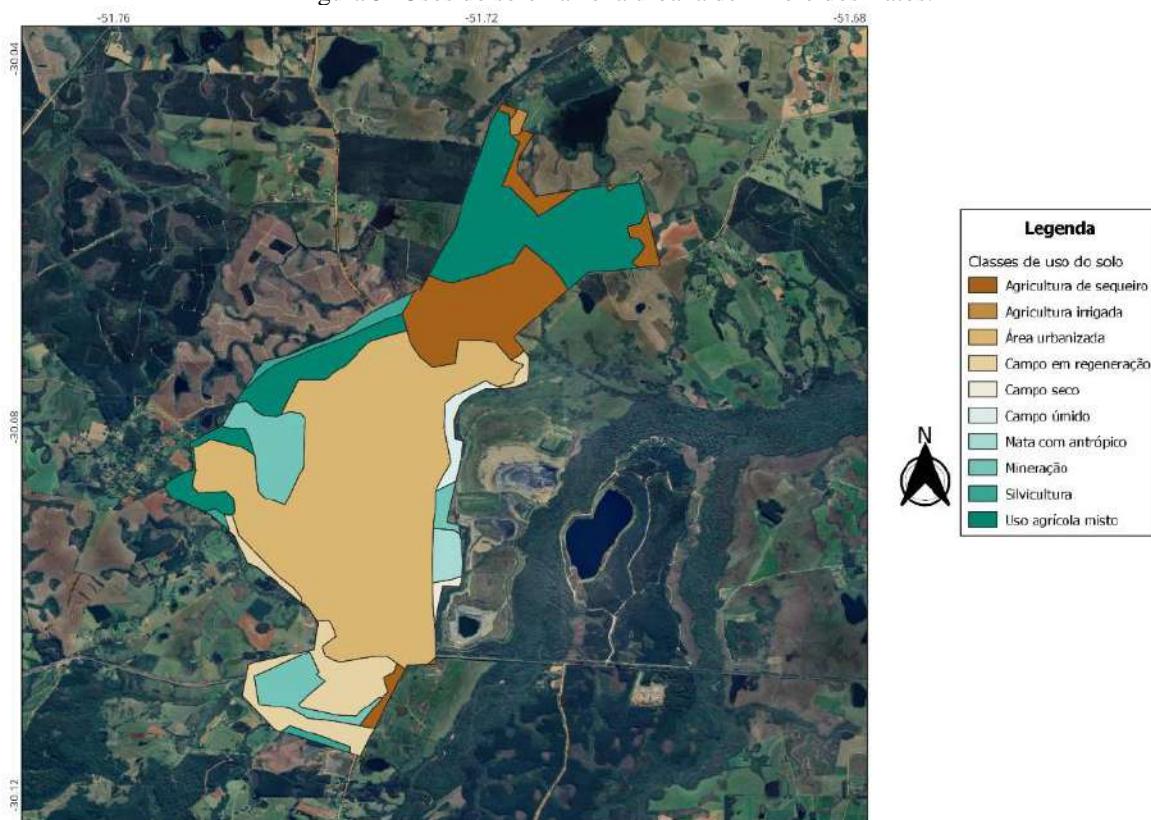
No que tange ao uso e ocupação do solo no município de Arroio dos Ratos, no ano de 2021 o maior uso era representado por áreas de formação campestre, com cerca de 13,24 mil km² contabilizados. Tais áreas estão concentradas ao sul da área urbana do município. Nas localidades mais baixas e nas próximas aos cursos d’água que cruzam o município, concentram-se as áreas de formação vegetal. As áreas urbanizadas somam 552 km², correspondendo a cerca de 1% do município. A Tabela 3 apresenta as áreas ocupadas com cada tipo de uso do solo e a Figura 7 ilustra os usos na área urbana do município.

As principais limitações do solo quanto à agricultura dizem respeito à fertilidade natural, a qual é baixa, necessitando de calagens maciças para que possam ser produzidas colheitas com bons rendimentos, pois são solos muito ácidos. Além disso, o solo requer adubação mineral, principalmente a fosfatada. Em cultivos racionais, são requeridas práticas de controle à erosão, sendo o terraceamento bastante recomendável para as condições destes solos. Nestas condições, podem ser cultivadas satisfatoriamente culturas regionais como melancia, trigo, milho, soja, e outras de menor expressão econômica.

Tabela 3 – Uso e ocupação do solo no município de Arroio dos Ratos.

Tipo de Uso	Área ocupada (km ²)	Parcela
Formação Campestre	13.244	31%
Formação Florestal	13.014	31%
Silvicultura (monocultura)	8.030	19%
Mosaico de Agricultura e Pastagem	3.977	9%
Soja	2.134	5%
Outras Lavouras Temporárias	886	2%
Área Urbanizada	552	1%
Rio, Lago e Oceano	222	1%
Campo Alagado e Área Pantanosa	118	0%
Área não vegetada	115	0%
Arroz (beta)	114	0%
Afloramento Rochoso	112	0%
Mineração	64	0%

Figura 5 -Usos do solo na zona urbana de Arroio dos Ratos.



2.1.4.3 Plano Diretor

O Plano Diretor de Arroio dos Ratos foi instituído a partir da Lei nº 2701/06 (ARROIO DOS RATOS, 2006) e tem como princípios fundamentais a função social da cidade, da propriedade urbana, da sustentabilidade e a gestão participativa. No artigo 6º do Plano Diretor, está definido que é direito de todos o saneamento ambiental, sendo que o uso e a ocupação do solo devem ser compatíveis com esse.

No artigo 9 determina-se que a Zona Urbana consiste na área circunscrita pelo perímetro urbano legal, sendo regulamentada pela Lei Municipal nº 1768/99, a qual define o perímetro dos bairros do município de Arroio dos Ratos. No artigo 89 é determinado que a rede de abastecimento de água deve ser ampliada para toda a Zona Urbana.

O artigo 136 trata dos conceitos para a classificação de vias de circulação em pista de rolamento e passeios ou calçadas, sendo estes:

- a calçada é arte da via, normalmente segregada e em nível diferente, não destinada à circulação de veículos, reservada ao trânsito de pedestres e, quando possível, à implantação de mobiliário urbano, sinalização, vegetação e outros fins;
- passeio é parte da calçada ou da pista de rolamento neste último caso, separada por pintura ou elemento físico separador, livre de interferências, destinada à circulação exclusiva de pedestres e, excepcionalmente, de ciclistas.

2.1.4.4 Densidade urbana

A densidade urbana é a relação da área urbana consolidada do distrito sede pela população que ocupa esta área, logo, para área consolidada atualmente de 9,83 km² e população de 14.601 habitantes para 2023, têm-se que a densidade urbana é de 1.485 hab/km².

Para verificar se a densidade calculada corresponde às características de uso e ocupação do solo do município, verifica-se que tal densidade atende aos valores típicos apresentados na Tabela 4, onde é possível que, considerando a característica majoritária de Arroio dos Ratos, de área residencial horizontal, valida-se para início de plano (2023). No entanto, para final de plano, considera-se cenário de adensamento, com migração da característica de área residencial horizontal para área mista predominantemente horizontal, adotando-se 3.600 hab/km² ao final do horizonte de alcance.

Tabela 4 – Densidade populacional típica em função do uso do solo.

Uso do solo	Densidade (hab/km ²)
Área residencial horizontal	1.200 - 3.600
Área mista predominante horizontal	3.600 - 9.000
Área mista predominante vertical	9.000 - 25.000
Área mista vertical	25.000 - 250.000

2.1.4.5 Expansão rural

O limite de crescimento populacional de um determinado município está relacionado à capacidade de adensamento e de expansão da sua área urbana. Para tanto, estima-se a capacidade máxima de adensamento da área urbana, denominada densidade de saturação. A partir da densidade de saturação, obtém-se a população de saturação.

Considerando o aumento da densidade de 2.300 hab/km² para 3.600 hab/km² do início ao final do horizonte de alcance e a hipótese de que a densidade de habitantes por área manterá a mesma tendência durante a expansão da área adensada ao longo da área urbana sede, é possível estimar a população máxima comportada para o município de Arroio dos Ratos, conforme apresentado na Tabela 5.

Tabela 5 – População de saturação para Arroio dos Ratos.

Parâmetro	Valor
População urbana atual (hab)	4.741
Área urbana ocupada (km ²)	6,22
Área urbana oficial (km ²)	3,15
Densidade populacional da área urbana ocupada (hab/km ²)	762,27
Densidade populacional urbana atual (hab/km ²)	1.505,18
População de saturação da área urbana ocupada – sem verticalização (hab)	22.392
População de saturação da área urbana atual – sem verticalização (hab)	11.340
População de saturação da área urbana ocupada – com verticalização primária (hab)	55.980
População de saturação da área urbana atual – com verticalização primária (hab)	28.350
Densidade populacional de saturação para áreas urbanas não verticalizadas	3.600
Densidade populacional de saturação para áreas urbanas com verticalização primária	9.000

A partir desta análise, é possível inferir que a população de saturação da área urbana do distrito sede, com 6,22 km², seria de 22.392 habitantes.

2.2 MEIO NATURAL

Nos itens seguintes será descrita a situação atual do meio natural que caracteriza o município de Arroio dos Ratos, com ênfase no relevo, geologia, climatologia, hidrologia, fauna e flora.

2.2.1 Relevo

O município de Arroio dos Ratos está inserido no compartimento geomorfológico da Região Metropolitana de Porto Alegre.

As elevações do município variam entre 12 e 478 m, sendo bastante elevado na região sul do município. A grande diferença de altitudes faz com que diversas sub-bacias existam. A Figura 6 apresenta o relevo do município, evidenciando as diferentes elevações. Na área urbana, o relevo varia de 21 a 93 m, gerando sub-bacias, como mostra a Figura 7.

Figura 6 - Relevo do município de Arroio dos Ratos.

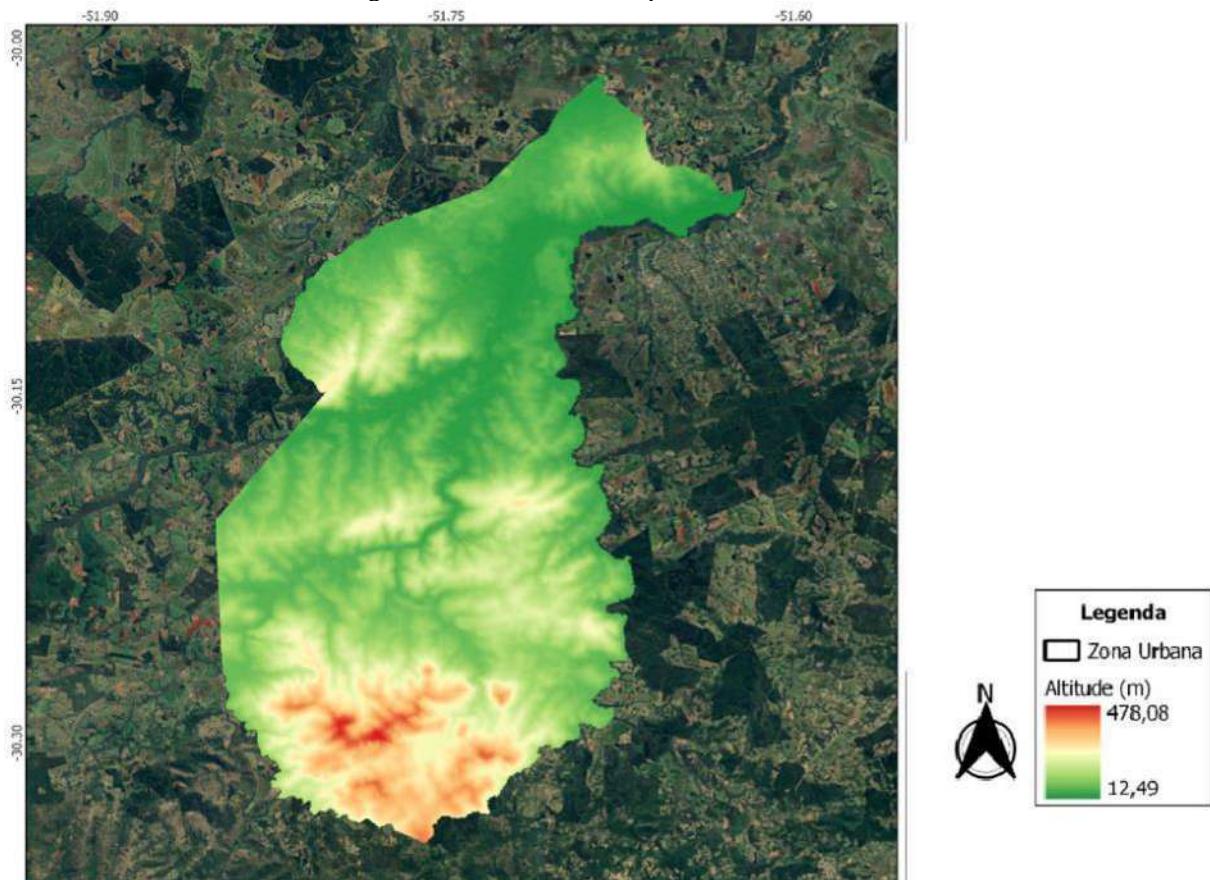
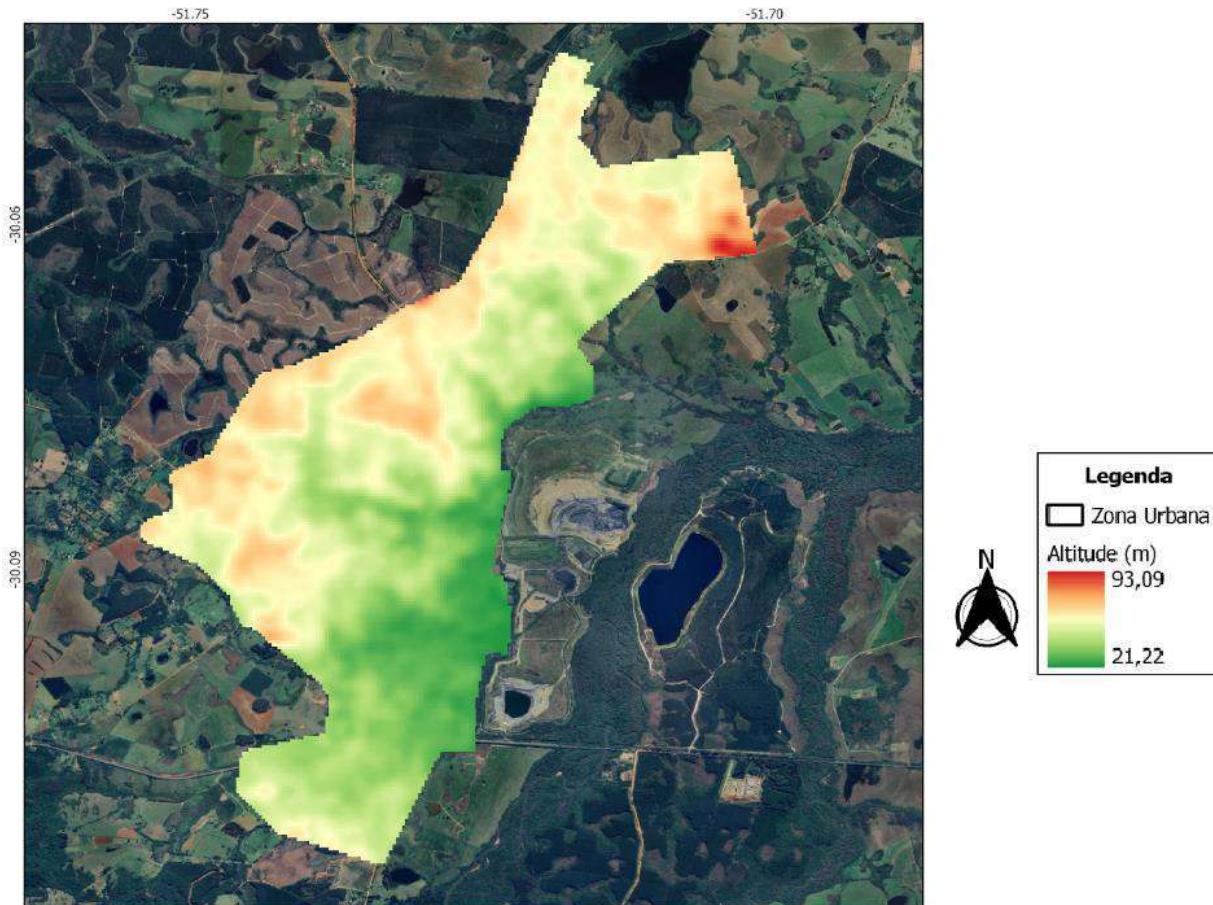


Figura 7 – Relevo da zona urbana de Arroio dos Ratos.

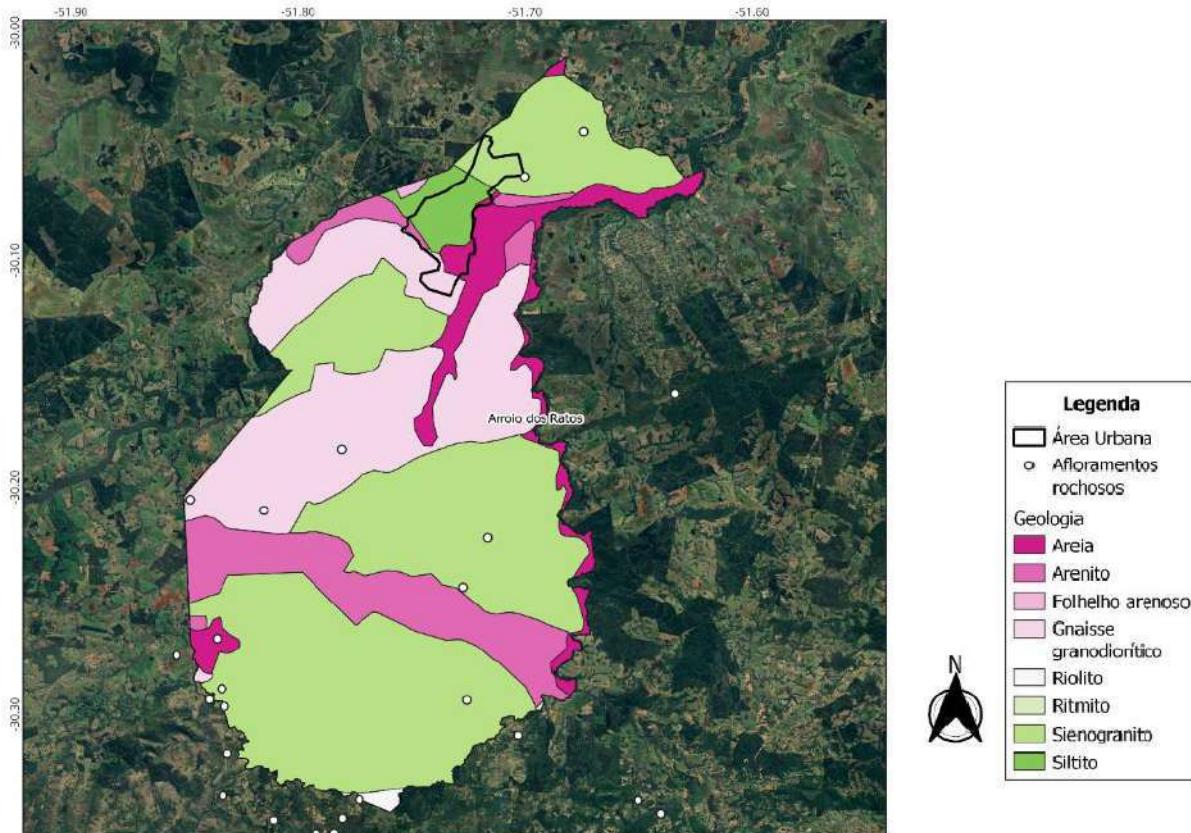


2.2.2 Geologia

A geologia de Arroio dos Ratos é composta por rochas graníticas, sedimentos gonduânicos paleomezozóicos e cenozóicos, com suas classes litológicas conforme ilustrado na Figura 8.

Na porção sudoeste da área do município afloram rochas graníticas do embasamento cristalino neoproterozóico indiviso. Sedimentos gonduânicos paleomezozóico da Bacia do Paraná distribuem-se isoladamente na porção sudoeste, centro-sul, oeste e norte, representado pelas formações Rio Bonito e Palermo (Grupo Guatá), Irati, Estrada Nova e Rio Rasto (Grupo Passa Dois), Grupo Rosário do Sul (indiviso) e pelas formações Botocatu e Serra Geral (Grupo São Bento). De maior expressão territorial ocorrem os sedimentos cenozoicos com formas do tipo depósitos de planícies e canais fluviais, leques aluviais de encostas, planícies lagunares e gravitacionais de encosta (CPRM, 1998).

Figura 8 – Classes litológicas da geologia de Arroio dos Ratos.



2.2.3 Climatologia

A localização do município de Arroio dos Ratos ao sul do trópico de Capricórnio, na zona temperada, indica a presença de temperaturas mesotérmicas e com maiores amplitudes térmicas entre as médias de verão e as de inverno. Por outro lado, a presença do oceano em toda a porção oriental do estado favorece a evaporação, garantindo a formação de nuvens, que se convertem em chuvas.

O clima de Arroio dos Ratos como Cfa (subtropical úmido), com regime pluviométrico abundante de chuva (1.355 mm), com temperatura média máxima de 25°C, e média mínima de 15,5°C, tendo durante os meses de maio, junho e julho os meses mais chuvosos, e os de novembro, dezembro e janeiro os menos chuvosos. Geadas são fenômenos comuns de maio a agosto e ocorrem períodos de estiagens ocasionais de outubro a dezembro. A pressão atmosférica média é de 764,33 mm Hg, tendo predominância dos ventos de leste e sudeste.

Podem ocorrer períodos de seca no município, podendo ser, às vezes, em consequência da ausência de atuação do anticiclone Móvel Polar, sendo irregulares e não havendo a possibilidade de estabelecer-se um período específico para a sua ocorrência.

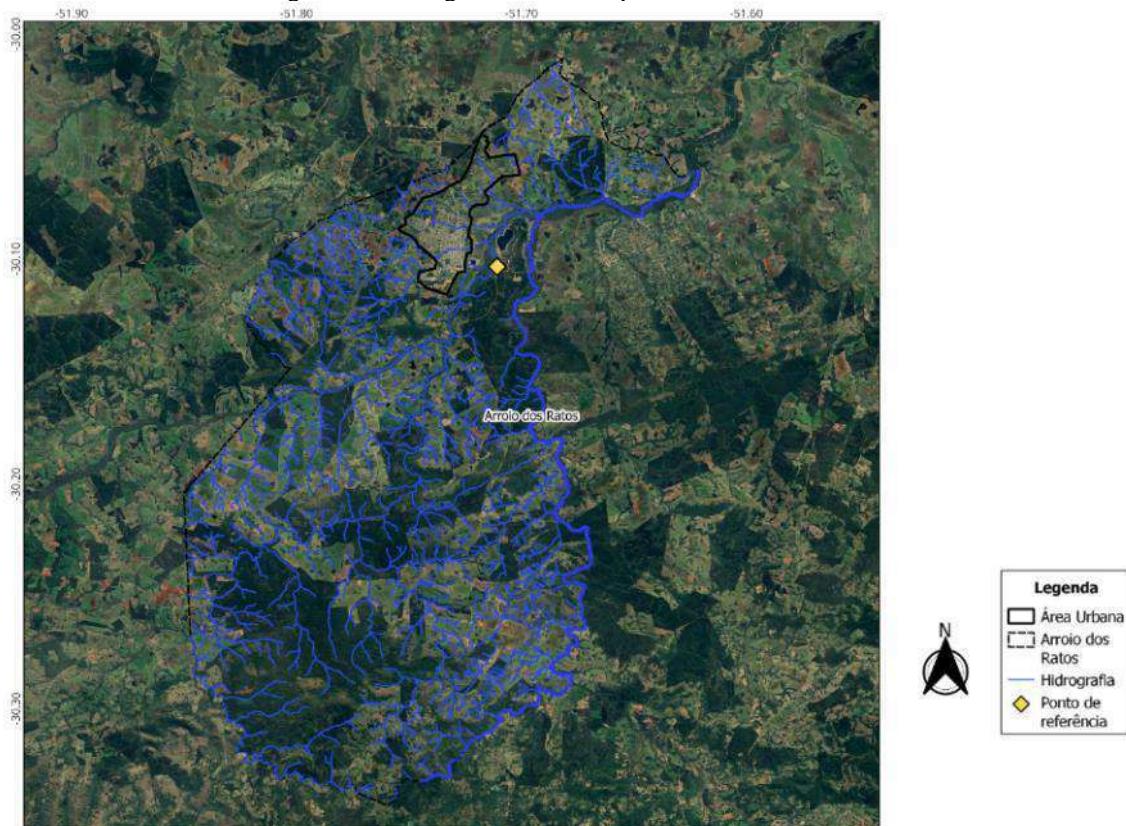
2.2.4 Hidrologia

O conhecimento dos mananciais hídricos superficiais e subterrâneos do Município é fundamental para o planejamento de sua proteção, preservação e uso racional. Esses recursos de água destinam-se ao consumo humano, à manutenção da vegetação e da fauna, ao uso industrial e agrícola, para a descarga de esgotos urbanos e industriais e outros usos econômicos.

O município de Arroio dos Ratos está localizado na Bacia Hidrográfica do Rio Jacuí, em seu território encontra-se o Arroio dos Ratos, que serve de fonte de abastecimento para o município. A vazão de referência considerada foi a Q₉₀, a qual corresponde a 3,34 m³/s na foz do Arroio dos Ratos, onde a área de drenagem é de 2.097 km². No ponto utilizado como referência (destacado na Figura 9), a área de drenagem é de 1.283 km², com Q₉₀ calculada de 2,04 m³/s.

Em relação aos recursos hídricos subterrâneos, Arroio dos Ratos situa-se sobre o Aquífero Guarani.

Figura 9 – Hidrografia no município de Arroio dos Ratos.



2.2.5 Fauna e Flora

A vegetação de Arroio dos Ratos é classificada como Floresta Estacional Decidual – Floresta Aluvial. É uma floresta preferencialmente ribeirinha, ao sul, além da vegetação arbustiva grosseira, conta com gramíneas. Predominam em áreas de cultivo para produção de matéria prima para o papel, variadas espécies de Eucaliptos. A vegetação aquática superior e a vegetação liquêntica são pobres, provavelmente devido à poluição do ar, pois nas áreas não atingidas pelos gases industriais, tantos os liquens, quanto as epífitas são abundantes.

Identifica-se Área de Preservação Permanente - APP ao longo dos recursos hídricos tais como o Arroio dos Ratos e Arroio dos Cachorros. Percebem-se ainda na região áreas de matas nativas, que se restringem às florestas Ripárias com sinais de degradação em alguns pontos. A região sofreu a introdução de espécies exóticas, tanto herbáceas como lenhosas, com áreas destinadas ao reflorestamento, como de Acácia-negra e Eucalipto, áreas desmatadas com predomínios de campos, com vegetação de Coqueiros, Maricás, entre outras vegetações rasteiras.

3 DIAGNÓSTICO DO SISTEMA EXISTENTE

3.1 SERVIÇO DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA E DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO

Nesse capítulo é apresentada a situação atual dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário existentes dentro da área urbana do município de Arroio dos Ratos, área abrangida neste estudo.

3.1.1 Contrato de Programa

O município de Arroio dos Ratos possui contrato de programa para prestação de serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário com a Companhia Riograndense de Saneamento. O contrato determina a prestação de serviços relativos à exploração, execução de obras, ampliações e melhorias dos serviços de abastecimento de água e de coleta, transporte, tratamento e destino final de esgotos sanitários na área urbana do município.

À Agência Estadual de Regulação dos Serviços Públicos Delegados do Rio Grande do Sul (AGERGS) compete determinar as metas dos indicadores de qualidade e aferir o cumprimento das metas. A AGERGS realiza reajustes anuais de tarifa de acordo com cesta de índices, revisões ordinárias a cada cinco anos e extraordinárias a qualquer momento em caso de desequilíbrio econômico-financeiro.

3.1.2 Tarifação

A tarifa média básica de abastecimento de água para a categoria Residencial B para uma economia residencial padrão (densidade de 2,96 habitante por economia e consumo per capita de 134,30 L/dia), incluindo serviço base e consumo, é de R\$ 132,11 ao mês. O reajuste médio anual na tarifação praticada pela CORSAN sob regulação e fiscalização da AGERGS é de 6,33% a.a. A Tabela 10 apresenta a estrutura tarifária sintética utilizada no faturamento dos municípios regulados pela AGERGS. Destaca-se que também são apresentadas as tarifas relacionadas a esgotamento sanitário, no entanto, a CORSAN não possui esgotamento sanitário no município de Arroio dos Ratos.

Tabela 6 - Estrutura tarifária sintética utilizada no faturamento dos municípios regulados pela AGERGS.

Tarifa	Categoria	Água			Esgoto		Disponibilidade de esgoto	
		Preço base	Serviço básico	Tarifa mínima sem HD.	Coletado preço m ³	Tratado preço m ³	Coletado preço m ³	Tratado preço m ³
Social	Bica pública	3,72	14,77	51,97	1,86	2,60	3,72	5,20
	Resid. Social	3,12	14,77	45,97	1,56	2,18	3,12	4,36
	m ³ excedente	7,76	-	-	3,88	5,43	7,76	10,86
Básica	Residencial B	7,76	36,82	114,42	3,88	5,43	7,76	10,86
Empresarial	Comercial C1	7,76	36,82	114,42	3,88	5,43	7,76	10,86
	m ³ excedente	8,83	-	-	4,41	6,18	8,82	12,36
	Comercial	8,83	65,68	242,28	4,41	6,18	8,82	12,36
	Pública	8,83	131,21	307,81	4,41	6,18	8,82	12,36
	Industrial	10,04	131,21	464,76	5,02	7,02	10,04	14,04

3.1.3 Fiscalização e Regulação

A regulação e a fiscalização dos serviços de abastecimento de água e de esgotamento sanitário em Arroio dos Ratos é realizada pela AGERGS (Agência Estadual de Regulação dos Serviços Públicos Delegados do Rio Grande do Sul) por delegação de contrato de programa entre a municipalidade e a CORSAN. Além da fiscalização do cumprimento das metas do PMSB e do contrato de programa, a AGERGS fiscaliza parâmetros técnicos e comerciais medidos na forma dos indicadores de universalização, qualidade e desempenho.

3.2 SERVIÇO DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS

3.2.1 Contrato

Para o gerenciamento dos resíduos sólidos, o município de Arroio dos Ratos possui contrato para prestação de serviços com Caroldo Prestação de Serviços LTDA – ME. O contrato determina a prestação de serviços relativos à coleta, ao transporte e à destinação final dos resíduos sólidos domiciliares.

3.2.2 Tarifação

Em janeiro de 2024, foi homologado um decreto no município sobre a consolidação das leis tributárias, onde está incluída a Taxa de Coleta e Destinação de Resíduos Sólidos Urbanos. Portanto, há necessidade de estabelecer-se uma tarifa associada à conta de água, considerando a diversidade de grupos socioeconômicos.

3.2.3 Fiscalização e Regulação

O município não possui nenhum contrato de regulação e a fiscalização dos serviços de gerenciamento de resíduos sólidos. Para tanto, sugere-se que o município seja regulado pela AGESAN (Agencia Reguladora Intermunicipal de Saneamento do Rio Grande do Sul), visto que é a instituição responsável por este tipo de serviço no estado.

3.3 DADOS CADASTRAIS

3.3.1 Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário

O Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) é o maior e mais importante sistema de informações do setor de saneamento brasileiro. Nele são reunidas informações de natureza institucional, administrativa, operacional, gerencial, econômico-financeira, contábil e de qualidade da prestação de serviços de saneamento básico em áreas urbanas das quatro componentes do saneamento básico. Anualmente, os dados são coletados com os municípios e prestadores de serviço e disponibilizados em forma de Diagnósticos, Séries Históricas e, mais recentemente, Painéis de Informações (SNIS, 2023).

Destaca-se que as informações contidas nessa base de dados são auto declaratórias e não passam por nenhum processo de auditoria e revisão interna por parte da ANA, sendo informadas diretamente pelo titular e/ou pela prestadora ao governo federal, no caso, a Prefeitura Municipal e a CORSAN, respectivamente. Desse modo, essas informações devem ser analisadas como referência inicial, e não como a realidade absoluta dos serviços prestados. Também se destaca que há um programa nacional para validar as informações do SNIS, o ACERTAR, que está em fase inicial de implantação.

A partir da consulta dos históricos de informações registradas no SNIS na última década, dos anos de referência 2012 a 2021 (ano mais recente no banco de dados), são apresentadas as tabelas a seguir: (i) Informações e Indicadores Populacionais e de Cobertura na Tabela 7; (ii) Informações e Indicadores de Volumes de Água na Tabela 12; (iii) Informações e Indicadores de Qualidade de Água Tratada na Tabela 9; (iv) Informações e Indicadores Associados à Gestão Comercial na Tabela 14; e (v) Informações e Indicadores de Qualidade dos Serviços na Tabela 15.

Tabela 7 – Informações e indicadores populacionais e de cobertura - SNIS.

Parâmetro	2021	2020	2019	2018	2017	2016	2015	2014	2013	2012
G06A - População urbana residente do(s) município(s) com abastecimento de água (habitantes)	13.523	13.500	13.475	13.448	13.574	13.547	13.519	13.489	13.457	12.995
G12A - População total residente do(s) município(s) com abastecimento de água, segundo o IBGE (habitantes)	14.201	14.177	14.151	14.123	14.255	14.227	14.197	14.166	14.132	13.647
GE008 - Quantidade de Sedes municipais atendidas com abastecimento de água (sedes)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
GE010 - Quantidade de Localidades (excluídas as sedes) atendidas com abastecimento de água (localidades)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
POP TOT - População total do município do (habitantes)	14.201	14.177	14.151	14.123	14.255	14.227	14.197	14.166	14.132	13.647
POP URB - População urbana do município do ano de referência (habitantes)	13.523	13.500	13.475	13.448	13.574	13.547	13.519	13.489	13.457	12.995
AG001 - População total atendida com abastecimento de água (habitantes)	13.523	13.500	13.475	13.448	13.574	13.547	14.197	14.068	13.649	13.090
AG026 - População urbana atendida com abastecimento de água (habitantes)	13.523	13.500	13.475	13.448	13.574	13.547	13.519	13.489	13.457	12.995
IN023 AE - Índice de atendimento urbano de água (%)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
IN055 AE - Índice de atendimento total de água (%)	95,23	95,22	95,22	95,22	95,22	95,22	100	99,31	96,58	95,92

Tabela 8 – Informações e indicadores de volumes de água.

Parâmetro	2021	2020	2019	2018	2017	2016	2015	2014	2013	2012
AG006 - Volume de água produzido (1.000 m ³ /ano)	1.064,93	1.102,70	1.023,06	1.008,66	1.056,25	1.036,81	979,00	988,00	977,13	880,22
AG007 - Volume de água tratada em ETAs (1.000 m ³ /ano)	1.052,74	1.090,05	1.007,02	993,32	1.043,56	1.024,67	967,98	979,00	962,64	866,83
AG008 - Volume de água micromedido (1.000 m ³ /ano)	729,90	741,21	711,93	695,90	703,22	692,82	680,23	695,00	662,70	611,91
AG010 - Volume de água consumido (1.000 m ³ /ano)	740,08	748,88	717,28	700,51	706,82	697,16	790,45	803,00	662,70	611,91
AG011 - Volume de água faturado (1.000 m ³ /ano)	730,49	741,45	712,16	695,97	702,94	693,52	680,71	696,00	663,66	612,87
AG012 - Volume de água macromedido (1.000 m ³ /ano)	1.059,36	1.098,03	0	0	110,70	108,54	102,31	102,00	103,51	93,38
AG015 - Volume de água tratada por simples desinfecção (1.000 m ³ /ano)	12,18	12,64	16,04	15,34	12,68	12,14	11,02	9,00	14,49	13,39
AG020 - Volume micromedido nas economias residenciais ativas de água (1.000 m ³ /ano)	616,88	625,17	585,33	575,41	578,87	0	559,60	568,00	527,40	537,33
AG027 - Volume de água fluoretada (1.000 m ³ /ano)	1.052,74	1.090,05	1.007,02	1.008,66	1.056,23	1.036,81	978,99	979,00	962,64	866,83
IN011 AE - Índice de macromedição (%)	99,47	99,57	0	0	10,48	10,47	10,45	10,32	10,59	10,61
IN025 AE - Volume de água disponibilizado por economia (m ³ /mês/econ.)	14,3	15,0	14,2	14,4	15,4	15,3	14,8	15,3	15,6	14,4

Tabela 9 – Informações e indicadores de qualidade da água tratada por ano de referência.

Parâmetro	2021	2020	2019	2018	2017	2016	2015	2014	2013	2012
QD006 - Quantidade de amostras para cloro residual (analisadas) (amostras/ano)	3.831	4.114	3.935	3.893	3.556	3.269	3.152	3.160	3.232	3.103
QD007 - Quantidade de amostras para cloro residual com resultados fora do padrão (amostras/ano)	18	8	8	10	20	34	35	58	51	102
QD008 - Quantidade de amostras para turbidez (analisadas) (amostras/ano)	3.829	4.114	3.940	3.896	3.553	3.306	3.147	3.294	3.248	3.102
QD009 - Quantidade de amostras para turbidez fora do padrão (amostras/ano)	4	0	0	0	4	0	0	10	105	855
QD019 - Quantidade mínima de amostras para turbidez (obrigatórias) (amostras/ano)	3.457	3.308	3.296	3.263	3.384	3.377	3.260	3.270	3.185	3.000
QD020 - Quantidade mínima de amostras para cloro residual (obrigatórias) (amostras/ano)	3.488	3.339	3.296	3.263	3.384	3.377	3.260	3.270	3.185	3.000
QD026 - Quantidade de amostras para coliformes totais (analisadas) (amostras/ano)	520	718	674	636	667	696	677	690	702	646
QD027 - Quantidade de amostras para coliformes totais com resultados fora do padrão (amostras/ano)	7	0	0	0	12	7	6	8	10	9
QD028 - Quantidade mínima de amostras para coliformes totais (obrigatórias) (amostras/ano)	413	625	708	636	636	708	708	588	588	576
IN057 AE - Índice de fluoretação de água (%)	98,86	98,85	98,43	100	100	100	100	99,09	98,52	98,48
IN075 AE - Incidência das análises de cloro residual fora do padrão (%)	0,47	0,19	0,2	0,26	0,56	1,04	1,11	1,84	1,58	3,29

Tabela 10 – Informações e indicadores associados à gestão comercial e perdas – SNIS.

Parâmetro	2021	2020	2019	2018	2017	2016	2015	2014	2013	2012
AG002 - Quantidade de ligações ativas de água (ligações)	5.760	5.750	5.626	5.557	5.335	5.306	5.234	5.154	5.004	4.844
AG003 - Quantidade de economias ativas de água (economias)	6.173	6.175	6.059	5.954	5.728	5.672	5.590	5.466	5.314	5.153
AG004 - Quantidade de ligações ativas de água micromedidas (ligações)	5.760	5.750	5.626	5.557	5.335	5.306	5.234	5.154	4.979	4.844
AG005 - Extensão da rede de água (km)	114,51	102,30	102,30	102,30	102,90	102,90	102,90	103,00	102,90	102,87
AG013 - Quantidade de economias residenciais ativas de água (economias)	5.753	5.758	5.639	5.573	5.368	5.298	5.213	5.102	4.950	4.806
AG014 - Quantidade de economias ativas de água micromedidas (economias)	6.173	6.175	6.059	5.954	5.728	5.672	5.590	5.466	5.314	5.153
AG022 - Quantidade de economias residenciais ativas de água micromedidas (economias)	5.753	5.758	5.639	5.573	5.368	5.298	5.213	5.102	4.950	4.806
IN001 AE - Densidade de economias de água por ligação (econ./lig.)	1,07	1,08	1,07	1,07	1,07	1,07	1,06	1,06	1,06	1,06
IN002 AE - Índice de produtividade: economias ativas por pessoal próprio (econ./empreg.)	374,18	339,83	300,32	324,50	393,10	402,21	368,53	567,37	1.744,50	462,23
IN004 AE - Tarifa média praticada (R\$/m³)	10,31	9,39	9,06	8,76	8,50	7,85	7,14	6,55	6,21	5,50
IN005 AE - Tarifa média de água (R\$/m³)	10,39	9,45	9,08	8,76	8,50	7,85	7,14	6,55	6,21	5,50
IN009 AE - Índice de hidrometração (%)	100	100	100	100	100	100	100	99,75	99,75	100
IN10 - AE - Índice de micromedição relativo ao volume disponibilizado (%)	69,44	67,95	70,19	69,60	66,66	66,98	69,48	70,34	67,82	69,52
IN013 AE - Índice de perdas faturamento (%)	30,87	32,32	29,86	30,39	33,37	32,95	30,47	29,55	32,08	30,37
IN014 AE - Consumo micromedido por economia (m³/mês/econ.)	9,90	10,10	9,90	9,90	10,30	10,30	10,30	10,80	10,60	10,00
IN017 AE - Consumo de água faturado por economia (m³/mês/econ.)	9,8	10,0	9,9	9,9	10,3	10,3	10,3	10,8	10,6	10,0
IN020 AE - Extensão da rede de água por ligação (m/lig.)	16,7	16	16,2	16,7	17,3	17,6	17,9	18,3	18,8	18,5
IN022 AE - Consumo médio per capita de água (L./hab./dia)	148,9	151,2	145,8	142,1	142,8	137,7	153,2	158,8	135,8	128,4
IN028 AE - Índice de faturamento de água (%)	69,13	67,68	70,14	69,61	66,63	67,05	69,53	70,45	67,92	69,63
IN043 AE - Participação das economias residenciais de água no total das economias de água (%)	93,22	93,16	93,33	93,66	93,56	93,33	93,3	93,25	93,21	93,46
IN044 AE - Índice de micromedição relativo ao consumo (%)	99,37	99,60	99,41	99,34	99,49	99,38	86,06	86,55	100	100
IN049 AE - Índice de perdas na distribuição (%)	29,96	31,64	29,36	29,94	33,00	32,60	19,26	18,72	32,18	30,48
IN050 AE - Índice bruto de perdas lineares (m³/dia/km)	8,00	9,28	7,98	7,99	9,27	8,98	5,02	4,92	8,37	7,42
IN051 AE - Índice de perdas por ligação (L/dia/lig.)	150,71	166,97	146,06	150,6	179,27	175,27	99,46	99,79	174,95	153,32
IN052 AE - Índice de consumo de água (%)	70,04	68,36	70,64	70,06	67,00	67,40	80,74	81,28	67,82	69,52
IN053 AE - Consumo médio de água por economia (m³/mês/econ.)	9,90	10,10	9,90	10,00	10,30	10,30	11,90	12,40	10,60	10,00

Tabela 11 – Outras informações, por ano de referência.

Parâmetro	2021	2020	2019	2018	2017	2016	2015	2014	2013	2012
AG028 - Consumo total de energia elétrica nos sistemas de água (1.000 kWh/ano)	653,00	590,00	597,00	321,00	669,98	-	590,59	550,00	650,23	536,83
FN026 - Quantidade total de empregados próprios (empregados)	16	17	19	21	15	14	14	16	3	3
QD024 - Quantidade de serviços executados (serviços/ano)	5.509	4.557	6.247	7.725	2.743	3.107	543	379	0	263
QD025 - Tempo total de execução dos serviços (horas/ano)	2.992,98	2.668,37	2.614,78	2.848,80	1.046,22	1.370,86	26.275,00	1	0	-
IN018_AE - Quantidade equivalente de pessoal total (empregado)	19	19	21	19	15	15	15	10	3	11
IN019_AE - Índice de produtividade: economias ativas por pessoal total (equivalente) (econ./empreg.eqv.)	317,58	324,36	282,63	308,61	374,81	385,37	360,08	540,22	1.684,96	450,33
IN045_AE - Índice de produtividade: empregados próprios por 1000 ligações de água (empreg./mil lig.)	2,87	3,16	3,58	3,31	2,73	2,66	2,89	1,87	0,61	2,29
IN048_AE - Índice de produtividade: empregados próprios por 1000 ligações de água + esgoto (empreg./mil lig.)	2,87	3,16	3,58	3,31	2,73	2,66	2,89	1,87	0,61	2,29
IN058_AE - Índice de consumo de energia elétrica em sistemas de abastecimento de água (kWh/m³)	0,61	0,54	0,58	0,32	0,63	-	0,60	0,56	0,67	0,61
IN083_AE - Duração média dos serviços executados (hora/serviço)	0,54	0,59	0,42	0,37	0,38	0,44	48,39	0	-	-
IN102_AE - Índice de produtividade de pessoal total (equivalente) (ligações/empregados)	296,03	301,61	263,11	287,74	349,86	360,67	338,32	509,05	1.585,31	424,64

3.3.2 Resíduos Sólidos

O SNIS desempenha um papel crucial na coleta e apresentação de dados relacionados à gestão de resíduos sólidos no Brasil. Anualmente, os municípios e prestadores de serviços fornecem dados sobre a coleta, transporte, tratamento e disposição final de resíduos sólidos urbanos. Essas informações são consolidadas e disponibilizadas no SNIS, proporcionando uma visão abrangente do panorama nacional no que diz respeito à gestão de resíduos.

Conforme citado anteriormente, é importante ressaltar que as informações contidas no SNIS são auto declaratórias, o que significa que são fornecidas pelas prestadoras de serviço e municípios sem passar por processos rigorosos de auditoria interna. Portanto, esses dados devem ser interpretados como uma referência inicial e não como um reflexo absoluto da realidade dos serviços prestados. O SNIS contribui significativamente para o monitoramento e a análise do setor de saneamento e resíduos sólidos, fornecendo subsídios para políticas públicas e tomadas de decisão.

A partir da consulta dos históricos de informações registradas no SNIS, para os anos com dados disponíveis, de 2020 a 2022, a Tabela 12 apresenta informações sobre os resíduos no município.

Tabela 12 – Informações e indicadores associados à gestão de resíduos sólidos – SNIS.

Parâmetro	2022	2021	2020
CO117 - Quantidade de RDO e RPU coletada pelos agentes privados (ton/ano)	2.160	4.016	2.160
CO164 - População total atendida no município com coleta regular de pelo menos uma vez por semana (hab)	13.860	13.500	13.500
TB015 - Quantidade total de trabalhadores remunerados envolvidos nos serviços de manejo de RSU	17	30	17
IN005 - Autossuficiência financeira da prefeitura com o manejo de RSU (%)	18,64	15,85	30,52
IN015 - Taxa de cobertura regular do serviço de coleta de RDO em relação à população total do município (%)	94,93	95,06	95,22
IN017 - Taxa de terceirização do serviço de coleta (RDO + RPU) em relação à quantidade coletada (%)	100	100	100
IN026 - Taxa de resíduos sólidos da construção civil (RCC) coletada pela prefeitura em relação à quantidade total coletada (%)	2,31	1,25	2,31

3.4 SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DA ÁREA URBANA

Neste capítulo é apresentado o diagnóstico do Sistema de Abastecimento de Água (SAA) existente. As informações descritas enfatizam o abastecimento de água urbano de Arroio dos Ratos, área de abrangência deste estudo.

3.4.1 Diagnóstico técnico

O Sistema de Abastecimento de Água (SAA) na zona urbana do município de Arroio dos Ratos é de responsabilidade da Companhia Riograndense de Saneamento – CORSAN. A CORSAN possui no município uma Unidade de Saneamento (US), a qual serve como base operacional e administrativa.

A Figura 10 apresenta o croqui, de acordo com Atlas de Água e Esgoto da ANA, do sistema existente, que conta com um ponto de captação, tratamento simplificado e quatro reservatórios. O sistema atende aproximadamente 13.523 pessoas, com 6.173 economias e 5.760 ligações.

Figura 10 – Croqui do Sistema de Abastecimento de Água de Arroio dos Ratos.

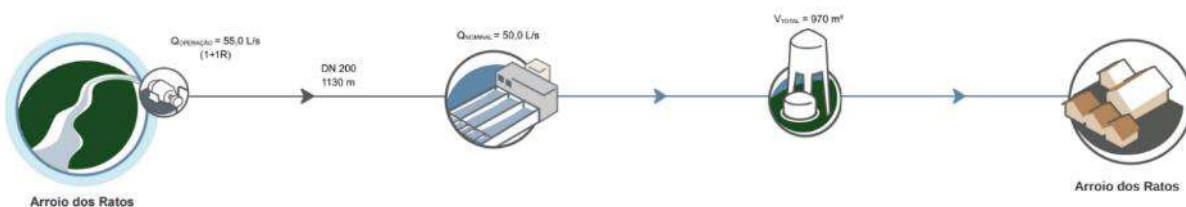
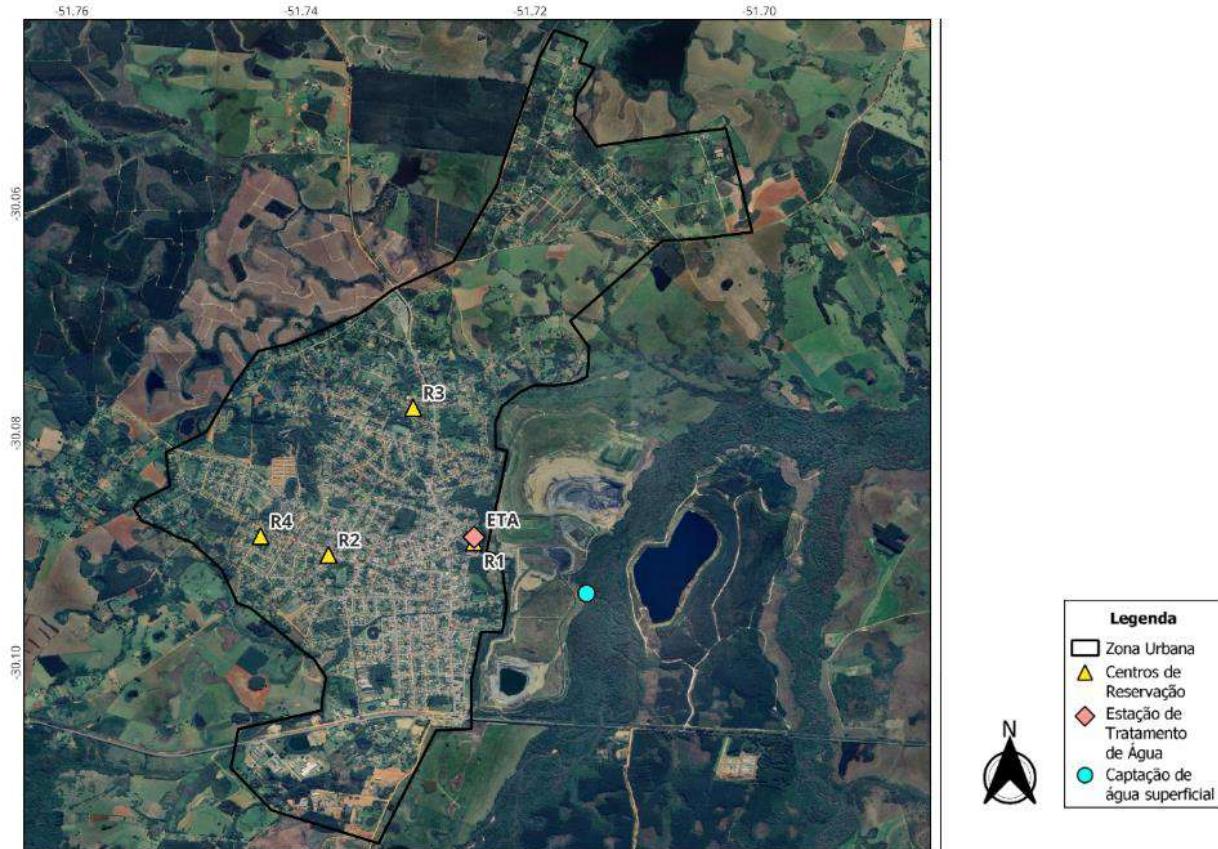


Figura 11 – Localização dos componentes do SAA de Arroio dos Ratos.



3.4.1.1 Captação e Adução

A captação da água bruta que abastece o município de Arroio dos Ratos é realizada através de manancial superficial, sendo que a totalidade da água bruta captada vem da barragem de nível existente no Arroio dos Ratos, cuja localização foi apresentada na Figura 11.

A captação é realizada junto à barragem de nível e recalculada até a ETA por elevatória de água bruta com capacidade para recalque de 50 l/s a aproximadamente 24,40 mca e adutora de água bruta DN200 de material desconhecido com 1,1 km de extensão. Segundo o SNIS (2021), a vazão média de captação é de 34 l/s.

Figura 12 – Captação junto ao Arroio dos Ratos.



3.4.1.2 Tratamento

O tratamento é realizado em Estação de Tratamento de Água (ETA) do tipo convencional com capacidade nominal de 50 l/s. Situada na Rua Otaviano Rodrigues Taquatiá, nº 235, a ETA é o único componente do SAA de Arroio dos Ratos que possui macromedidor. Destaca-se que seu terreno abriga o reservatório enterrado R1 e elevatória com recalque para os reservatórios elevados R2 a R4, assim como reservatório elevado para lavagem dos filtros e leitos de secagem.

O processo convencional de tratamento de água é dividido em fases, havendo um controle de dosagem de produtos químicos e acompanhamento dos padrões de qualidade, obedecendo às seguintes etapas:

- Captação;
- Pré-cloração e alcalinização;
- Coagulação;
- Floculação;
- Decantação;
- Filtração;
- Desinfecção e fluoretação;
- Reservação e distribuição.

Figura 13 – Registro fotográfico da entrada de água bruta na ETA Arroio dos Ratos com calha Parshal, onde é realizada a medição da vazão e a dosagem de cal hidratada e sulfato de alumínio.



Figura 14 – Registro fotográfico do sistema de floculação, que é tipo chicanas, composto de sete câmaras, com gradientes decrescentes.



Figura 15 – Registro fotográfico do sistema de decantadores, composto por dois tanques.



Figura 16 – Registro fotográfico da bateria de filtros rápidos, com 06 (seis) unidades filtrantes.



Figura 17 – Registro fotográfico dos sistemas de dosagem de flúor e de cloro, sendo armazenada em cinco reservatórios com capacidade total de 970m³.



3.4.1.3 Reservação

O sistema de reservação de água potável na área urbana do município de Arroio dos Ratos utiliza-se de três reservatórios elevados com capacidade total de 470 m³ e de um reservatório enterrado com capacidade de 500 m³, o que resulta em 970 m³ de reservação total. A localização e o volume de armazenamento de cada reservatório são apresentados na Tabela 13, com a localização também tendo sido apresentada na Figura 11.

A quantidade de reservação atualmente é suficiente para atender a demanda do município, uma vez que o volume utilizado médio diário é de aproximadamente 2.722 m³ e a reservação total existente corresponde aproximadamente seis horas de desabastecimento. Com o crescimento do município faz-se necessário uma maior reservação. O volume total comportado pelos reservatórios existentes é de 970 m³.

Os reservatórios R2 e R4 contam com rede telemétrica, sendo necessária a instalação apenas nos reservatórios R1 e R3.

Tabela 13 – Reservatórios do SAA de Arroio dos Ratos.

Reservatório	Volume (m ³)	Tipo	Localização
R1	500	Enterrado	Rua Otaviano Rodrigues Taquatiá, 235 (ETA)
R2	100	Elevado	Rua Arthur Costa e Silva, 285
R3	120	Elevado	Rua Dona Sarah, 622
R4	250	Elevado	Rua Lindolfo Pletz, 81

Os reservatórios R1, R2, R3 e R4 são de concreto e estão em bom estado de conservação, conforme se observa nas figuras a seguir:

Figura 18 - Reservatório R1.



Figura 19 - Reservatório R2.

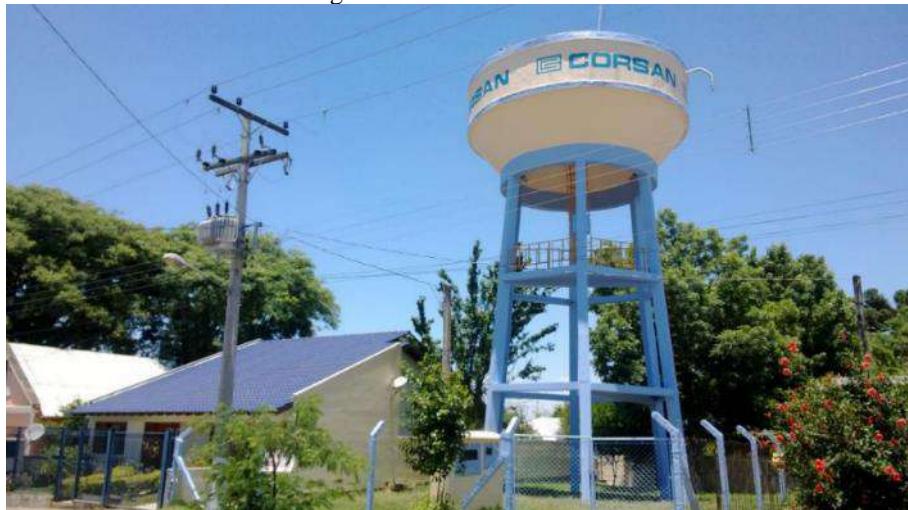


Figura 20 - Reservatório R3.



Figura 21 - Reservatório R4.



3.4.1.4 Distribuição

O sistema de distribuição de água potável na área urbana do município é composto de 101,64 km de rede com diversos diâmetros. Em virtude de ser um sistema de distribuição novo, a rede é praticamente na sua totalidade de PVC, apresentando aproximadamente 2,2 km de rede em fibrocimento e 8,5 km com diâmetro menor do que 50 mm, as quais deverão ser substituídas.

O número de economias ativas encontra-se hoje em 5.789, atendendo uma população estimada em 14.125 pessoas, acrescida da população carcerária em torno de 900 pessoas. O volume produzido mensalmente foi de 81.686 m³ e o volume utilizado foi de 56.479 m³, o que corresponde a um índice de perda na distribuição de 30,86 %. O sistema de distribuição de água encontra-se dentro da normalidade, tanto no que tange à qualidade, quanto à continuidade do fornecimento.

3.4.1.5 Estação de Bombeamento de Água

Em complemento à rede de distribuição existem duas estações elevatórias de bombeamento de água (EBA), que fazem o recalque da mesma, onde não é possível a distribuição por gravidade, sendo uma elevatória de água bruta (EBA 1) e outra elevatória de água tratada (EBA 2).

Figura 22 – EBA 1.



Figura 23 – EBA 2.



3.4.1.6 Centro de Controle de Operação

Na área urbana do município, há um Centro de Controle de Operação (CCO), o qual realiza o monitoramento e controle da operação de todos os componentes do SAA da área urbana.

3.4.1.7 Sistema de Abastecimento de Água na Zona Rural

A captação de água na localidade rural do município de Arroio dos Ratos é feita individualmente, diretamente de poços articiais. Nas localidades Faxinal, Gravatá e Marmeiro não há abastecimento de água tratada.

No entanto, na localidade Rincão dos Américos, há um sistema de distribuição de água, oriunda de poço artesiano, com vazão de 4 m³/h. O centro de reservação é composto por dois reservatórios de PVC com capacidade de reservar 10 m³ cada, totalizando 20 m³, conforme ilustrado na Figura 24. A água é tratada através da aplicação de cloro.

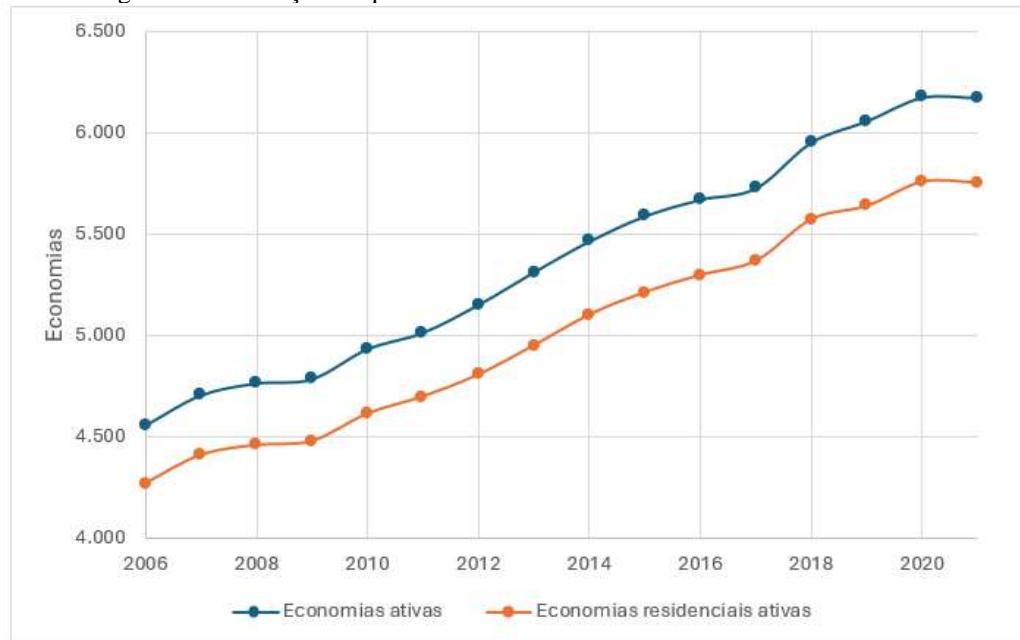
Figura 24 – Reservatório localizado no Rincão dos Américos.



3.4.2 Diagnóstico operacional

Conforme informações fornecidas pelo SNIS (2024), o município possui 6.173* economias atendidas pela rede de abastecimento de água, sendo 5.753* residenciais. A Figura 25 mostra a evolução destas economias entre 2006 e 2021.

Figura 25 – Evolução da quantidade de economias ativas em Arroio dos Ratos.



*Dados referentes às economias urbanas e rurais, sendo consideradas apenas as urbanas para fins de cálculo ao longo do projeto (SNIS).

3.4.3 Diagnóstico financeiro

Segundo o SNIS (2023), com ano-base 2021, Arroio dos Ratos obteve o total de R\$ 7.864.382,44 de receita operacional total (direta e indireta), dos quais R\$ 7.531.124,06 são associados a receitas operacionais diretas de água e R\$ 333.258,38 a receita operacional indireta, conforme apresentado na Tabela 14. Receita operacional indireta compreende valores faturados decorrentes da prestação de outros serviços vinculados aos serviços de água ou de esgoto que não estejam diretamente ligados ao serviço básico prestado ou aos volumes de fornecidos ou coletados/tratados. Assim, contemplam novas ligações, realocações de ligações, manutenção de hidrômetros, sanções pecuniárias e outros serviços correlatos.

Tabela 14 – Receitas e despesas referentes ao SAA para Arroio dos Ratos – SNIS.

Informação	Valor (R\$)
Receita operacional direta	7.531.124,06
Outras receitas	333.258,38
Receita total	7.864.382,44
Despesas operacionais com mão de obra	5.079.140,18
Despesas operacionais com produtos químicos	91.200,63
Despesas operacionais com energia elétrica	562.896,71
Outras despesas operacionais	3.096.188,36
Despesas operacionais totais	8.829.425,88
Depreciação de ativos	1.498.569,26
Despesa total com os serviços por m ³ faturado	12,09
Tarifa média praticada	10,31

3.5 SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO

O Sistema de Esgotamento Sanitário (SES), tanto na área urbana quanto na área rural, limita-se a soluções individuais isoladas, sejam sistemas de fossa e filtro ou fossas negras, sem fiscalização quanto à coleta e destinação do esgoto gerado, com parte considerável das residências não municiada de sistemas de tratamento. A inexistência de tratamento e destino final adequado do esgotamento sanitário provoca mau cheiro, a proliferação de insetos e roedores, e doenças a população, bem como sérios danos ao meio ambiente.

3.6 SISTEMA DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS

Neste capítulo é apresentado o diagnóstico do Sistema de Gerenciamento de Resíduos (SGR) sólidos existente. As informações descritas caracterizam as etapas de coleta, armazenamento, transporte, tratamento e destinação final dos resíduos urbanos de Arroio dos Ratos, área de abrangência deste estudo.

3.6.1 Diagnóstico técnico

O Marco do Saneamento, instituído pela Lei Federal nº 11.445/2007 e atualizado pela Lei Federal nº 14.026/2020, a Política Nacional de Resíduos Sólidos, dada pela Lei Federal nº 12.305/2010, constituem o cerne do arcabouço legal da legislação sobre gestão de resíduos sólidos. Enfatizando a importância de uma abordagem eficaz na coleta, transporte, tratamento e destinação adequada dos resíduos sólidos, destacando a relevância desse tema no âmbito do saneamento básico nacional.

No contexto específico do município de Arroio dos Ratos, a quantidade média de resíduos domésticos gerados mensalmente é estimada em cerca de 180 toneladas, englobando todos os

resíduos coletados pelo serviço de coleta convencional, o qual é terceirizado e operado pela empresa Caroldo Prestação de Serviços LTDA – ME. É importante salientar que, no âmbito municipal, não está implementado um sistema de coleta seletiva sob responsabilidade da prefeitura.

3.6.1.1 Coleta e transporte

O Município de Arroio dos Ratos implementou um sistema abrangente de gestão de resíduos sólidos domiciliares, contratando uma empresa terceirizada para realizar a coleta, transporte e destinação final desses resíduos. Essa cobertura estende-se por todo o território municipal, abrangendo áreas urbanas e rurais, bem como o centro, bairros e vilas.

A coleta de resíduos sólidos domiciliares ocorre de maneira sistemática, com uma frequência diária e/ou alternada, sendo executada porta a porta. O processo abrange todas as vias públicas oficiais, sendo realizado durante o período diurno. Os horários específicos são previamente comunicados à comunidade, permitindo que os habitantes disponham corretamente seus resíduos nas vias públicas para a coleta.

A programação da coleta é organizada de forma a abranger diferentes áreas do município em dias distintos. Desta forma, são realizadas coletas cinco vezes por semana, em dias distintos, no centro, bairros e vilas do município, resultando numa média mensal de 180 toneladas de resíduos.

3.6.1.2 Destinação final

Os resíduos sólidos domiciliares coletados são direcionados ao Aterro Sanitário situado no município de Minas do Leão (RS), localizado a aproximadamente 35 km de distância de Arroio dos Ratos (RS), suja gestão operacional é conduzida pela empresa CRVR – Riograndense de Valorização de Resíduos Ltda.

Figura 26 – Aterro Sanitário da CRVR em Minas do Leão, RS.



3.6.2 Diagnóstico operacional

O município de Arroio dos Ratos registra uma cobertura significativa de 94,93% de sua população atendida pela coleta de resíduos, conforme dados do SNIS. De acordo com o novo Marco Legal do Saneamento, estabelecido pela Lei nº 14.026/2020, as metas para a cobertura de coleta de resíduos sólidos têm o prazo estipulado até o ano de 2033. A legislação visa a universalização dos serviços de coleta de resíduos sólidos.

O desempenho do município em relação à coleta de resíduos pode ser analisado à luz das novas metas e diretrizes estipuladas pelo marco legal, buscando sempre a otimização e a eficiência nos serviços de saneamento.

3.6.3 Diagnóstico financeiro

Conforme dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) referentes ao ano-base 2022, Arroio dos Ratos registrou uma arrecadação total de R\$ 389.681,95 proveniente do pagamento de taxas e tarifas associadas à gestão e manejo de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU). No entanto, é importante salientar que os custos relacionados à despesa total

desses serviços alcançaram o montante de R\$ 2.090.997,46. Essa discrepância entre a receita arrecadada e os custos totais evidencia a necessidade de uma análise mais aprofundada sobre a sustentabilidade financeira dos serviços de manejo de resíduos sólidos em Arroio dos Ratos.

Tabela 15 – Receitas e despesas referentes ao SAA para Arroio dos Ratos – SNIS.

Informação	Valor (R\$)
Receita arrecadada com taxas e tarifas referentes à gestão e manejo de RSU	389.681,95
Despesa total com serviços de manejo de RSU	2.090.997,46
Déficit entre a despesa total e a receita arrecadada	1.701.315,51

3.7 AÇÕES NECESSÁRIAS

Com base no diagnóstico técnico-operacional realizado, observou-se as seguintes oportunidades de melhorias no sistema existente:

- Instalação de macromedidores na saída de todos os reservatórios, na elevatória de água bruta e nos dois macrossetores;
- Instalação de dosadores de cloro nas localidades que não possuem;
- Instalação de telemetria nos reservatórios R1 e R3 e na ETA;
- Monitoramento da qualidade da água para todos os pontos de captação e distribuição de água;
- Atualização da setorização e cadastro técnico da rede de abastecimento;
- Substituição dos 8,5 km da rede de abastecimento em que as tubulações possuem diâmetro menor do que 50 mm, em adequação à normatização vigente;
- Melhorias nos reservatórios existentes, no que tange a reformas e pinturas dos mesmos;
- Ampliação da rede de distribuição de água;
- Desenvolvimento de Sistema de Esgotamento Sanitário para a área urbana do município.

Além das ações litadas acima, o Estudo de Alternativas para Universalização (capítulo 5) sugere outras ações, com base nas demandas estimadas no Estudo de Demandas (capítulo 4).

4 ESTUDO DE DEMANDAS

Neste capítulo é apresentada a projeção populacional e urbana e as estimativas das demandas dos sistemas, que compreendem as vazões de água do SAA, as vazões de esgoto do SES e os volumes de resíduos do SMR.

4.1 PROJEÇÃO POPULACIONAL

4.1.1 Cenários

Se considerado o crescimento observado na população urbana entre 1991 e 2022, de 33,1% em 31 anos, entre 2022 e 2059 aumentaria 39,5%, alcançando 19.705 habitantes na área urbana em 2059. No entanto, seguindo as premissas metodológicas para projeção populacional, considera-se a aplicação de metodologias já consolidadas na literatura técnica de projeção aritmética e de projeção geométrica.

Destaca-se que as metodologias de projeção logística, tanto crescente quanto decrescente, não foram consideradas, visto que são mais restritivas que as demais metodologias, exigindo (i) série histórica de pelo menos 3 anos; (ii) intervalo equidistante entre a série histórica; e (iii) produto da população inicial pela final inferior ao quadrado da população do segundo ano projetado, condições que não são integralmente atendidas pelos levantamentos censitários do IBGE.

O equacionamento da projeção aritmética é apresentado nas Equações 1 e 2, enquanto o equacionamento da projeção geométrica é apresentado nas Equações 3 e 4. Destaca-se que as projeções tiveram como base os censos de 2010 e 2022. Também se destaca que testa-se também as projeções oficiais do IBGE, tanto para o município quanto para a média microrregional.

$$r = \frac{P_1 - P_0}{P_0 * (T_1 - T_0)} \quad \text{Equação 1}$$

$$P = P_1 + r * P_1 * (T - T_1) \quad \text{Equação 2}$$

$$r = \sqrt[T_1 - T_0]{\frac{P_1}{P_0}} - 1 \quad \text{Equação 3}$$

$$P = P_1 * (1 + r)^{T - T_1} \quad \text{Equação 4}$$

Onde r é a taxa de crescimento populacional percentual anual. P_1 e P_0 = população nos anos T_1 e T_0 e P = população no ano T .

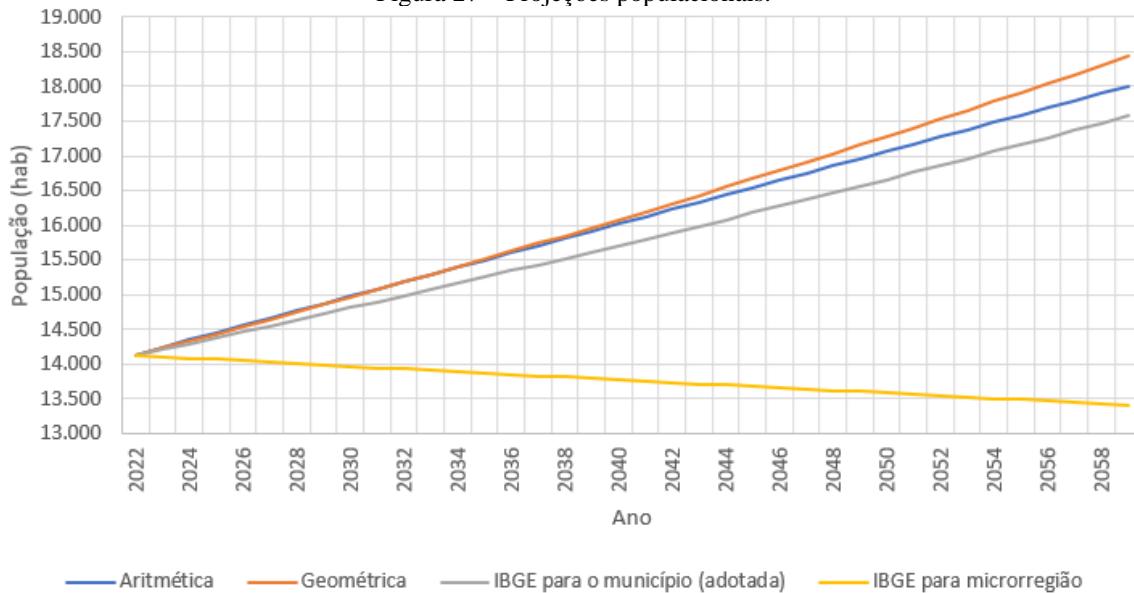
A Tabela 16 e a Figura 27 apresentam a projeção populacional para as diferentes metodologias adotadas e o coeficiente de correlação (R^2) com os dados censitários, onde observa-se maior correlação da logística crescente. Sendo assim, adota-se como projeção paradigma a

projeção oficial do IBGE, que, além de apresentar maior correlação (0 = menor correlação; 1 = maior correlação) com os dados censitários, está mais próxima do padrão observado entre 1991 e 2022 e da perspectiva de crescimento por parte da Prefeitura.

Tabela 16 – Projeção da população urbana para diferentes metodologias.

Ano / Projeção	Aritmética	Geométrica	IBGE para o município (adotada)	IBGE para a microrregião
Correlação R ²	0,97	0,95	0,98	0,89
2022	14.125	14.125	14.125	14.125
2023	14.243	14.227	14.208	14.106
2024	14.347	14.330	14.292	14.085
2025	14.452	14.433	14.377	14.066
2026	14.557	14.538	14.463	14.046
2027	14.661	14.643	14.548	14.026
2028	14.766	14.748	14.634	14.007
2029	14.870	14.855	14.721	13.988
2030	14.975	14.962	14.808	13.967
2031	15.080	15.070	14.895	13.948
2032	15.184	15.179	14.983	13.929
2033	15.289	15.289	15.072	13.909
2034	15.394	15.399	15.161	13.890
2035	15.498	15.511	15.251	13.871
2036	15.603	15.623	15.341	13.851
2037	15.707	15.736	15.432	13.832
2038	15.812	15.849	15.523	13.813
2039	15.917	15.964	15.615	13.793
2041	16.126	16.195	15.708	13.774
2042	16.230	16.312	15.801	13.754
2043	16.335	16.430	15.894	13.735
2044	16.440	16.549	15.988	13.716
2045	16.544	16.669	16.083	13.696
2046	16.649	16.789	16.178	13.677
2047	16.753	16.910	16.274	13.659
2048	16.858	17.032	16.370	13.639
2049	16.963	17.155	16.467	13.620
2050	17.067	17.279	16.564	13.601
2051	17.172	17.404	16.662	13.582
2052	17.276	17.530	16.761	13.563
2053	17.381	17.657	16.860	13.544
2054	17.486	17.784	16.959	13.525
2055	17.590	17.913	17.060	13.506
2056	17.695	18.042	17.161	13.487
2057	17.799	18.172	17.262	13.468
2058	17.904	18.304	17.365	13.450
2059	18.009	18.436	17.571	13.412

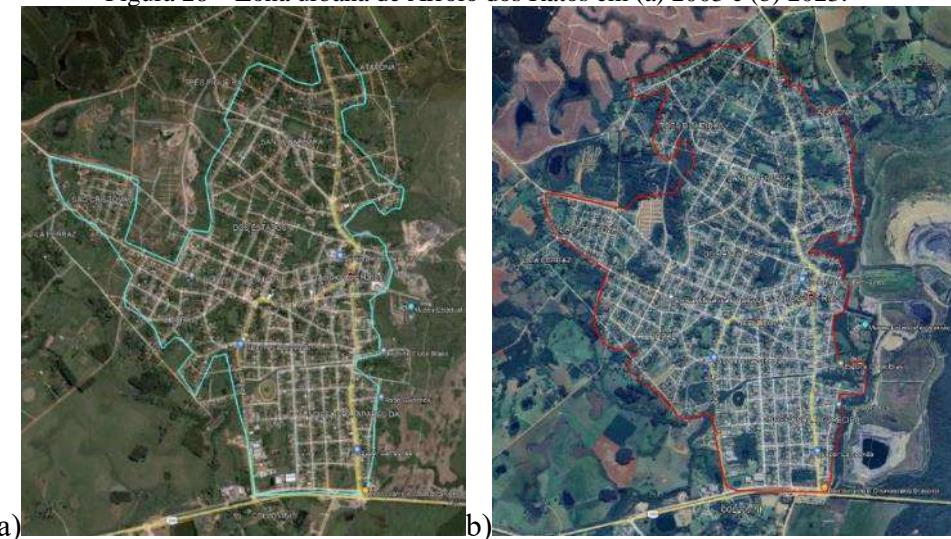
Figura 27 – Projeções populacionais.



4.1.2 Expansão Urbana

Comparando a imagem de satélite antiga, de 2003, e atual, é possível mensurar o crescimento da área urbana ao longo do tempo, conforme apresentado na Figura 28, e assim projetar o crescimento ao longo do horizonte de alcance. Observa-se que a expansão urbana é limitada pelas minas de carvão a leste e pela BR-290 a sul. Dessa forma, o crescimento populacional é observado mais pelo adensamento residencial do que pela expansão territorial. No entanto, a fim de utilização como base de cálculo da população de saturação, será considerada apenas a expansão territorial.

Figura 28 – Zona urbana de Arroio dos Ratos em (a) 2003 e (b) 2023.



Na Tabela 17, a partir das áreas observadas, estima-se, por regressão linear geométrica, a ocupação da área urbana em 2055.

Tabela 17 – Expansão da área adensada.

Ano	Área (km ²)
2003	4,37
2023	6,22
2055	9,18

Logo, estima-se que, considerando a expansão da área urbana entre 2003 e 2023, a ocupação da área urbana em 2055 será de 9,18 km².

4.1.3 População de Saturação

O limite de crescimento populacional de um determinado município está relacionado à capacidade de adensamento e de expansão da área urbana do mesmo. Para tanto, estima-se a densidade máxima de adensamento da área urbana, denominada densidade de saturação. A partir da densidade de saturação, obtém-se a população de saturação.

Considerou-se o aumento da densidade de 2.300 hab/km² para 3.600 hab/m² do início ao final do horizonte de alcance, de forma a manter-se na categoria de ocupação urbana durante a expansão da área adensada ao longo da área urbana sede. Dessa forma, é possível estimar a população máxima comportada pelo município, conforme apresentado na Tabela 18.

Tabela 18 – População de saturação.

Parâmetro/Adensamento	Área urbana ocupada (cenário atual)	Área urbana ocupada estimada para 2055	Área urbana total
Área urbana (km ²)	6,22	9,18	9,83
População (2022)	14.601	-	-
Densidade (hab/km ²)	2.300	3.600	3.600
População de saturação (hab)	-	33.048	35.388

A partir desta análise, é possível inferir que a população de saturação da área urbana do distrito sede, com 9,83 km², seria de 35,4 mil habitantes. Se considerada a área urbana ocupada estimada para 2055, têm-se que a população de saturação é de 33 mil habitantes.

4.1.4 Paradigma

Consoante ao exposto no subitem anterior, apresenta-se na Tabela 19 a projeção paradigma da população de Arroio dos Ratos.

Tabela 19 – Projeção da população urbana.

Ano	População total	População urbana	Ano	População total	Pop. urbana
2024	14.774	14.292	2042	16.430	15.894
2025	14.862	14.377	2043	16.527	15.988
2026	14.950	14.463	2044	16.625	16.083
2027	15.038	14.548	2045	16.723	16.178
2028	15.127	14.634	2046	16.822	16.274
2029	15.217	14.721	2047	16.922	16.370
2030	15.307	14.808	2048	17.022	16.467
2031	15.397	14.895	2049	17.122	16.564
2032	15.488	14.983	2050	17.224	16.662
2033	15.580	15.072	2051	17.326	16.761
2034	15.672	15.161	2052	17.428	16.860
2035	15.765	15.251	2053	17.531	16.959
2036	15.858	15.341	2054	17.635	17.060
2037	15.952	15.432	2055	17.739	17.161
2038	16.046	15.523	2056	17.844	17.262
2039	16.141	15.615	2057	17.950	17.365
2040	16.237	15.708	2058	18.056	17.467
2041	16.333	15.801	2059	18.163	17.571

4.2 DEMANDAS DE ÁGUA

As demandas de água foram estimadas conforme os valores de população urbana calculadas, cuja metodologia e resultados foram apresentados e discutidos no item anterior de Projeção Populacional, especificamente na Tabela 19.

O consumo per capita de água em Arroio dos Ratos registrado no SNIS para 2021 foi de 148,90 l/dia (SNIS, 2023). Dessa forma, este valor foi considerado como sendo a demanda futura, visto que já é bastante próximo da referência de 150 l/dia.

As perdas físicas de distribuição projetadas foram de 29,34% para início de plano (com base no SNIS), em 2025, com diminuição progressiva até 25% em 2033 e considerado constante a partir de 2033, com o intuito de atender o limite estipulado de perdas no sistema pela Portaria nº 490 do MDR, de 22 de março de 2021.

Considerando que não há informação, por parte da CORSAN, das curvas de consumos diário e horário, adota-se para os coeficientes de máxima vazão diária (K_1) e de hora de maior consumo (K_2), respectivamente, 1,2 e 1,5 (VON SPERLING, 2019). Os valores de vazão média (Q_m), vazão máxima diária ($Q_{máxd}$) é vazão máxima horária ($Q_{máxh}$) foram obtidos conforme as Equações 5 a 7 e são apresentados na Tabela 20..

$$Q_m = \frac{q * P}{(1-p) * 86.400} \quad \text{Equação 5}$$

$$Q_{máxd} = \frac{Q_m * K_1}{86.400} \quad \text{Equação 6}$$

$$Q_{máxh} = \frac{Q_m * K_1 * K_2}{86.400}$$

Equação 7

Onde:

- Q_m = vazão média diária (L/s);
- q = vazão per capita de 150 L/hab.dia;
- P = população urbana (habitantes);
- p = perdas hídricas (%);
- $Q_{máxd}$ e $Q_{máxh}$ vazão máxima diária e horária (L/s), respectivamente;
- K_1 e K_2 = coeficiente de dia e de hora de maior consumo, respectivamente.

Tabela 20 – Demanda de água projetada.

Ano	Consumo per capita projetado (L/hab.dia)	Vazão média consumida (L/s)	Perdas físicas projetadas (%)	Vazão média (L/s) *	Vazão máxima diária (L/s) *	Vazão máxima horária (L/s) *
2025	148,90	24,78	29,34	35,07	42,08	52,61
2026	148,90	24,93	28,86	35,04	42,05	52,56
2027	148,90	25,07	28,38	35,01	42,01	52,52
2028	148,90	25,22	27,90	34,98	41,98	52,47
2029	148,90	25,37	27,42	34,95	41,94	52,43
2030	148,90	25,52	26,94	34,93	41,92	52,40
2031	148,90	25,67	26,46	34,91	41,89	52,37
2032	148,90	25,82	25,98	34,88	41,86	52,32
2033	148,90	25,97	25,50	34,87	41,84	52,31
2034	148,90	26,13	25,00	34,84	41,81	52,26
2035	148,90	26,28	25,00	35,04	42,05	52,56
2036	148,90	26,44	25,00	35,25	42,30	52,88
2037	148,90	26,60	25,00	35,46	42,55	53,19
2038	148,90	26,75	25,00	35,67	42,80	53,51
2039	148,90	26,91	25,00	35,88	43,06	53,82
2040	148,90	27,07	25,00	36,09	43,31	54,14
2041	148,90	27,23	25,00	36,31	43,57	54,47
2042	148,90	27,39	25,00	36,52	43,82	54,78
2043	148,90	27,55	25,00	36,74	44,09	55,11
2044	148,90	27,72	25,00	36,96	44,35	55,44
2045	148,90	27,88	25,00	37,17	44,60	55,76
2046	148,90	28,05	25,00	37,40	44,88	56,10
2047	148,90	28,21	25,00	37,62	45,14	56,43
2048	148,90	28,38	25,00	37,84	45,41	56,76
2049	148,90	28,55	25,00	38,06	45,67	57,09
2050	148,90	28,71	25,00	38,29	45,95	57,44
2051	148,90	28,89	25,00	38,51	46,21	57,77
2052	148,90	29,06	25,00	38,74	46,49	58,11
2053	148,90	29,23	25,00	38,97	46,76	58,46
2054	148,90	29,40	25,00	39,20	47,04	58,80
2055	148,90	29,57	25,00	39,43	47,32	59,15
2056	148,90	29,75	25,00	39,67	47,60	59,51
2057	148,90	29,93	25,00	39,90	47,88	59,85
2058	148,90	30,10	25,00	40,14	48,17	60,21
2059	148,90	30,28	25,00	40,38	48,46	60,57

* Incluindo perdas físicas.

Em 2025, a produção máxima diária necessária de água seria de 42 l/s com vazão máxima horária de 53 l/s. Em 2059, por sua vez, no horizonte de planejamento adotado estes valores passariam a corresponder a 50 l/s e 62 l/s.

4.3 CONTRIBUIÇÕES DE ESGOTO

As contribuições de esgoto são previstas considerando coeficiente de retorno de 0,80 em relação ao consumo de água per capita. Considerando a população projetada para início e final de plano apresentada no subitem 4.1, as mesmas premissas da projeção da demanda de água apresentadas no subitem 4.2 e a implantação prevista no subitem 5.2, apresenta-se na Tabela 21 e na Tabela 22, a vazão, a carga e a concentração de esgoto projetadas em final de plano, considerando carga per capita diária de 54,00 gDBO5.

Tabela 21 – Contribuições de esgoto projetadas.

Ano	População urbana (hab)	Vazão mínima (l/s)	Vazão média (l/s)	Vazão máxima horária (l/s)	Vazão máxima horária (l/s)
2025	14.377	9,91	19,82	23,79	35,68
2026	14.463	9,97	19,94	23,93	35,90
2027	14.548	10,03	20,06	24,07	36,10
2028	14.634	10,09	20,18	24,21	36,32
2029	14.721	10,15	20,30	24,36	36,53
2030	14.808	10,21	20,42	24,50	36,75
2031	14.895	10,27	20,54	24,64	36,96
2032	14.983	10,33	20,66	24,79	37,18
2033	15.072	10,39	20,78	24,93	37,40
2034	15.161	10,45	20,90	25,08	37,63
2035	15.251	10,51	21,03	25,23	37,84
2036	15.341	10,58	21,15	25,38	38,07
2037	15.432	10,64	21,28	25,54	38,30
2038	15.523	10,70	21,40	25,68	38,52
2039	15.615	10,76	21,53	25,83	38,75
2040	15.708	10,83	21,66	25,99	38,98
2041	15.801	10,89	21,78	26,14	39,21
2042	15.894	10,96	21,91	26,29	39,44
2043	15.988	11,02	22,04	26,45	39,67
2044	16.083	11,09	22,17	26,61	39,92
2045	16.178	11,15	22,30	26,76	40,15
2046	16.274	11,22	22,44	26,93	40,39
2047	16.370	11,28	22,57	27,08	40,62
2048	16.467	11,35	22,70	27,24	40,87
2049	16.564	11,42	22,84	27,41	41,11
2050	16.662	11,48	22,97	27,56	41,34
2051	16.761	11,56	23,11	27,73	41,60
2052	16.860	11,62	23,24	27,90	41,85
2053	16.959	11,69	23,38	28,06	42,09
2054	17.060	11,76	23,52	28,22	42,34
2055	17.161	11,83	23,66	28,39	42,58
2056	17.262	11,90	23,80	28,56	42,84
2057	17.365	11,97	23,94	28,73	43,10
2058	17.467	12,04	24,08	28,90	43,34
2059	17.571	12,11	24,23	29,07	43,60

Tabela 22 – DBO projetada.

Ano	População urbana (hab)	Vazão média (L/s)	Afluente à ETE		Efluente à ETE	
			Carga (kg/dia)	Concentração (mg/l)	Carga (kg/dia)	Concentração (mg/l)
2059	17.571	24,23	948,83	453,23	161,30	77,05

Destaca-se que, no que tange às cargas e concentrações afluentes à estação de tratamento de esgoto (ETE), considera-se ETE paradigma com emprego de tecnologia de tratamento secundária com a combinação sequencial de reatores anaeróbio tipo UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket) e aeróbio tipo FBAS (filtro biológico aerado submerso), cuja eficiência global varia de 83 a 93%, segundo Sperling (2019). Logo, adotou-se a eficiência paradigma de 83% no cálculo da carga e da concentração afluente à ETE na Tabela 22.

Para verificar se o Arroio dos Ratos possui capacidade de autodepuração das cargas provenientes do esgotamento sanitário, verificou-se se a vazão Q90 do curso hídrico comporta a vazão de diluição necessária sem que altere o enquadramento do mesmo. Destaca-se que a vazão Q90 corresponde à vazão com 90% de permanência, ou seja, a vazão mínima superada em 90% do tempo, no caso do Arroio dos Ratos, de 2.040 L/s (conforme Plano da Bacia Hidrográfica). Logo, a vazão de diluição deve ser inferior a 2.040 L/s (conforme verificado no subitem 2.2.4).

A vazão de diluição, referente à vazão do curso hídrico necessária para diluição da carga orgânica do efluente tratado sem alterar o enquadramento do mesmo, é calculada a partir da DBO₅, conforme a Equação 8:

$$Q_D = \frac{Q_{ETE} * (C_E - C_L)}{(C_L - C_N)} \quad \text{Equação 8}$$

Onde:

- Q_D = vazão de diluição para determinado parâmetro de qualidade (L/s);
- Q_{ETE} = vazão de lançamento (L/s);
- C_E = concentração de DBO₅ do efluente (mg/l);
- C_L = concentração de DBO₅ máxima permitida do parâmetro de qualidade do corpo hídrico (mg/l);
- C_N = concentração de DBO₅ natural do corpo hídrico.

Adotando-se a vazão média de 24,23 L/s, a concentração de DBO₅ máxima permitida para Classe II de 5,00 mg/L, a concentração natural do corpo hídrico de 4,00 mg/L e a concentração efluente à ETE de 77,05 mg/L, pôde-se verificar que a vazão de diluição é de 1.746 L/s (representando 85% da vazão Q90).

Por fim, testa-se a condição preconizada pela Resolução CONSEMA nº 355/2017, que regra o lançamento de efluentes em corpos hídricos no estado do Rio Grande do Sul, para DBO₅, apresentada na Equação 9.

$$\frac{Q_{90}}{Q_{ETE}} > \frac{C_{ETE}}{C_L} \quad \text{Equação 9}$$

Onde:

- Q_{90} = vazão de referência do corpo hídrico;
- Q_{ETE} = vazão de saída da ETE;
- C_{ETE} = concentração de saída da ETE;
- C_L = concentração máxima do corpo receptor.

Logo, observa-se que para Q_{90} de 2.040 L/s, Q_{ETE} de 24,23 L/s, concentração de lançamento de 77,05 mg/L e concentração máxima do corpo receptor de 5,00 mg/l, é atendida à condição de que a razão das vazões é superior à razão das concentrações. Assim, verifica-se que o curso hídrico Arroio dos Ratos possui capacidade de autodepuração dos esgotos provenientes do sistema de esgotamento sanitário do município até mesmo para o pior cenário, que corresponde às vazões e concentrações em final de plano.

5 ESTUDO DE ALTERNATIVAS PARA UNIVERSALIZAÇÃO

Este capítulo apresenta as soluções propostas para operacionalidade e universalização do SAA, do SES e do SGR. As alternativas propostas foram elaboradas considerando o diagnóstico da situação atual, as perspectivas de desenvolvimento do município e a legislação vigente.

5.1 SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

Esta seção apresenta as soluções propostas para melhoria dos serviços de abastecimento de água para a população urbana de Arroio dos Ratos, a partir dos dados e diagnósticos do SAA existente.

5.1.1 Concepção do sistema

Todos os elementos que integram as soluções técnicas deste estudo foram pré-dimensionados, considerando integralmente a NBR 12.211/1992 - Estudos de concepção de sistemas públicos de abastecimento de água, NBR 12.214/2020 – Projeto de estação de bombeamento ou de estação elevatória de água — Requisitos, NBR 12.215-1/2017 – Projeto de adutora de água Parte 1: Conduto forçado e NBR 12.218/2017 – Projeto de rede de distribuição de água para abastecimento público – Procedimento.

Destaca-se que no pré-dimensionamento foram pré-definidos materiais, diâmetros, e outras especificidades com base em cálculos para viabilizar a análise econômica e que tais especificidades serão detalhadas posteriormente na etapa de projeto executivo, onde será realizada a verificação das soluções mais econômicas para cada variável, como diâmetros e materiais das tubulações, tipos de bombas etc. Também se destaca que, para fins de pré-dimensionamento, considerou-se as vazões em final de plano.

Também se destaca que, seguindo as premissas da população, é previsto um banheiro público coletivo a ser implantado em área pública a definir. No presente estudo, sugere-se que seja locado na Praça Leopoldo Tricot, em frente à sede da prefeitura.

A seguir estão detalhadas as diretrizes e metodologias de pré-dimensionamento dos principais elementos considerados no SAA.

Para captação e tratamento de água, considerou-se as estruturas existentes de captação e de tratamento, cuja capacidade nominal é de 50 L/s. Assim como se considerou a elevatória existente que recalca água tratada para os reservatórios elevados. Os custos com adução de água, tanto recalque de água bruta quanto recalque de água tratada.

Para a adução de água, estimou-se os diâmetros das adutoras a partir da Fórmula de Bresse (Equação 10), adotando-se para fins de pré-dimensionamento a vazão de cada elevatória. A velocidade de escoamento foi limitada entre a faixa de 0,6 e 3,0 m/s, adotando-se como paradigma o menor diâmetro a atender a faixa de 0,8 a 1,5 m/s (faixa ótima de velocidade para condutos forçados).

$$D = K * Q^{0,5} \quad \text{Equação 10}$$

Onde:

- D = diâmetro calculado (mm);
- K = coeficiente de Bresse (varia conforme custo, porém adotou-se 1,2);
- $Q^{0,5}$ = vazão a esgotar no final de plano considerando recalque máximo de 21 h/dia em m^3/s .

Definido o diâmetro, foi possível definir a perda de carga por atrito pela fórmula de Hazen-Williams (Equação 11) e a perda de carga por singularidades (Equação 12):

$$J = 10,643 * L * Q^{1,85} * C^{-1,85} * D^{-4,87} \quad \text{Equação 11}$$

Onde:

- J = perda de carga por atrito (m);
- L = extensão (m);
- Q = vazão de contribuição no final de plano (m^3/s);
- C = coeficiente de perda de carga (varia conforme o material, adotou-se 145 no início de plano e 135 no final de plano);
- D = diâmetro interno da tubulação (m).

$$hs = \frac{v^2}{2g} \sum k \quad \text{Equação 12}$$

Onde:

- hs = perda de carga singular (m);
- k = coeficiente de perda de carga por singularidades, arbitrado 10 (valor usual para representar as perdas junto à elevatória e ao longo da linha de recalque);
- v = velocidade de escoamento (m/s);

-
- g = aceleração da gravidade, de 9,81 m/s².

A altura manométrica compreende o somatório das perdas de carga por atrito e singulares com a altura geométrica. A partir da altura manométrica, é possível definir a potência consumida para cada ano do horizonte de alcance, através da Equação 12.

$$C = T * 0,7355 * Q * AMT / 75 * n \quad \text{Equação 13.}$$

Onde:

- C = potência consumida (kW/ano);
- T = tempo de funcionamento da bomba (h);
- Q = vazão (L/s);
- AMT = altura manométrica (mca);
- n = rendimento da bomba (adotando-se 70% para bomba e 95% para motor, resultando em rendimento de 66% para o conjunto).

O somatório do produto da potência consumida em cada ano pela tarifa estimada para cada ano em FVP representou o custo com energia consumido ao longo do horizonte de alcance.

5.1.1.1 Capacidades instaladas

O diagnóstico do SAA da área urbana de Arroio dos Ratos verificou a capacidade instalada de captação de 34,24 l/s e a capacidade instalada de reservação de 970 m³.

5.1.1.2 Balanço entre oferta e demanda

O balanço entre oferta e demanda tem como objetivo estabelecer se as unidades existentes têm capacidade para atender a demanda atual e futura e, caso seja necessária a ampliação, em que ano a capacidade existente não atenderá a esta demanda. Neste tópico são apresentados os balanços para o sistema de produção e de reservação.

Para o sistema de produção de água, conhecidas as capacidades do sistema e as vazões máximas demandadas anualmente, obteve-se o saldo através da diferença entre oferta (vazão de captação atual e tempo de bombeamento atual) e demanda, como mostra a Tabela 23. Para os cálculos, foi considerada a redução gradual das perdas no sistema até o valor de 25% em 2033.