

ANEXO II – TERMO DE REFERÊNCIA

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

JULHO/2024

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	4
1.1	JUSTIFICATIVA.....	4
1.2	ENCAMPAÇÃO.....	6
2	CONTEXTUALIZAÇÃO	9
2.1	MEIO SOCIAL.....	9
2.1.1	História	9
2.1.2	População.....	9
2.1.3	Infraestrutura	10
2.1.4	Geopolítica	13
2.2	MEIO NATURAL.....	18
2.2.1	Relevo	19
2.2.2	Geologia	20
2.2.3	Climatologia	21
2.2.4	Hidrologia	22
2.2.5	Fauna e Flora	23
3	DIAGNÓSTICO DO SISTEMA EXISTENTE	24
3.1	SERVIÇO DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA E DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO	24
3.1.1	Tarifação.....	24
3.1.2	Fiscalização e Regulação	24
3.2	SERVIÇO DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS	25
3.2.1	Contrato.....	25
3.2.2	Tarifação.....	25
3.2.3	Fiscalização e Regulação	25
3.3	DADOS CADASTRAIS	25
3.3.1	Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário	25
3.3.2	Resíduos Sólidos	31
3.4	SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DA ÁREA URBANA	32
3.4.1	Diagnóstico técnico	32
3.4.2	Diagnóstico operacional	41
3.4.3	Diagnóstico financeiro	41
3.5	SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO	42

3.6	SISTEMA DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS	42
3.6.1	Diagnóstico técnico	42
3.6.2	Diagnóstico operacional	44
3.6.3	Diagnóstico financeiro	44
3.7	AÇÕES NECESSÁRIAS	45
4	ESTUDO DE DEMANDAS.....	46
4.1	PROJEÇÃO POPULACIONAL	46
4.1.1	Cenários	46
4.1.2	Expansão Urbana	48
4.1.3	População de Saturação	49
4.1.4	Paradigma.....	49
4.2	DEMANDAS DE ÁGUA.....	50
4.3	CONTRIBUIÇÕES DE ESGOTO	52
5	ESTUDO DE ALTERNATIVAS PARA UNIVERSALIZAÇÃO	55
5.1	SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA.....	55
5.1.1	Concepção do sistema	55
5.1.2	Proposição de ações	60
5.2	SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO	63
5.2.1	Concepção do sistema	63
5.2.2	Proposição de alternativas	69
5.3	SISTEMA DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS	83
5.3.1	Concepção do sistema	83
5.3.2	Proposição de ação	86
6	ORDEM DE INÍCIO	87

1 INTRODUÇÃO

O MUNICÍPIO DE ARROIO DOS RATOS, no Rio Grande do Sul, precedeu no Estudo de Concessão para Expansão, Operação, Manutenção e Gestão dos Sistemas de Abastecimento de Água, de Esgotamento Sanitário e de Gerenciamento de Resíduos Sólidos. O estudo demonstrou a viabilidade do projeto, sendo que o interesse público em obter os serviços a menor custo, com a maior valorização dos ativos é medida que se impõe.

1.1 JUSTIFICATIVA

A concessão dos serviços de saneamento, abastecimento de água, esgotamento sanitário e gerenciamento de resíduos no Município de Arroio dos Ratos é uma medida estratégica fundamental para garantir a universalização e a qualidade na prestação desses serviços essenciais. A municipalidade, ao assumir a responsabilidade de encampar os serviços anteriormente delegados, reconhece a necessidade imperiosa de promover melhorias significativas na infraestrutura e na gestão desses serviços, que são vitais para a saúde pública, o meio ambiente e o desenvolvimento econômico local. A concessão possibilita que um concessionário especializado, com expertise técnica e capacidade financeira, possa realizar os investimentos necessários de forma eficiente e sustentável, assegurando a continuidade e a expansão dos serviços de saneamento básico, atendendo à crescente demanda da população e às diretrizes nacionais de saneamento.

Um dos principais motivos que justificam a concessão dos serviços é a histórica falta de investimentos adequados pela Companhia Riograndense de Saneamento (CORSAN), que resultou em uma infraestrutura deficiente e na prestação de serviços insatisfatória. O índice de cobertura do esgotamento sanitário em Arroio dos Ratos permanece em 0%, o que evidencia a necessidade urgente de intervenções e melhorias. A ausência de investimentos compromete a qualidade de vida dos munícipes e representa um risco significativo à saúde pública e ao meio ambiente. A concessão, portanto, se apresenta como a solução mais viável para atrair investimentos privados, que são indispensáveis para a modernização e ampliação dos sistemas de abastecimento de água, esgotamento sanitário e gerenciamento de resíduos sólidos, promovendo a universalização do acesso a esses serviços essenciais.

A análise econômica realizada pelo Município demonstra que a concessão dos serviços de saneamento proporcionará benefícios financeiros substanciais. Os estudos indicam que o valor oferecido pela CORSAN a título de outorga é de apenas R\$ 3 milhões, enquanto o valor justo, considerando os investimentos necessários e a capacidade de arrecadação, supera R\$ 20 milhões.

Além disso, a nova estrutura tarifária proposta nos estudos técnicos prevê uma redução nas tarifas praticadas, tornando os serviços mais acessíveis à população. Essa diferença significativa justifica a opção pela concessão, que permitirá uma gestão mais eficiente dos recursos e a alocação adequada dos investimentos necessários para a expansão e a melhoria dos serviços. A entrada de um novo concessionário, comprometido com metas de desempenho e qualidade, garantirá a aplicação dos recursos de forma mais eficaz, beneficiando diretamente a população e o desenvolvimento econômico local.

A concessão dos serviços de saneamento é também uma medida essencial para promover a sustentabilidade ambiental em Arroio dos Ratos. A gestão adequada dos resíduos sólidos, a melhoria dos sistemas de esgotamento sanitário e a ampliação do abastecimento de água tratada são fundamentais para a preservação dos recursos hídricos e do meio ambiente. O novo concessionário será responsável por implementar tecnologias modernas e eficientes, que minimizem os impactos ambientais e promovam a sustentabilidade dos serviços. A concessão possibilita a adoção de práticas inovadoras e sustentáveis, como o reúso de água, o tratamento e a disposição adequada dos resíduos, e a redução das perdas no sistema de abastecimento. Essas medidas contribuirão para a melhoria da qualidade ambiental, a conservação dos recursos naturais e o cumprimento das metas de desenvolvimento sustentável.

A concessão dos serviços de saneamento permitirá uma significativa melhoria na qualidade dos serviços prestados e no atendimento à população de Arroio dos Ratos. O concessionário, selecionado por meio de um processo licitatório rigoroso, será obrigado a cumprir metas de desempenho e indicadores de qualidade estabelecidos no contrato de concessão. Isso garantirá uma prestação de serviços mais eficiente, com maior transparência e responsabilidade. A melhoria dos serviços de abastecimento de água, esgotamento sanitário e gerenciamento de resíduos refletirá diretamente na saúde e no bem-estar da população, reduzindo a incidência de doenças relacionadas ao saneamento inadequado e melhorando as condições de vida dos munícipes. Além disso, a concessão permitirá uma maior participação social e controle dos serviços, assegurando que os interesses e as necessidades da população sejam atendidos de forma prioritária.

A concessão dos serviços de saneamento, abastecimento de água, esgotamento sanitário e gerenciamento de resíduos no Município de Arroio dos Ratos é uma medida necessária e justificada pela busca de eficiência, qualidade e sustentabilidade na prestação desses serviços essenciais. A falta de investimentos pela CORSAN e a necessidade de melhorias significativas na

infraestrutura e na gestão dos serviços tornam a concessão a melhor alternativa para atender às demandas da população e promover o desenvolvimento econômico e ambiental do município. Através da concessão, o município poderá atrair investimentos privados, reduzir tarifas, melhorar a qualidade dos serviços e garantir a sustentabilidade ambiental, assegurando um futuro melhor para todos os municípios.

1.2 ENCAMPAÇÃO

A decisão de encampar os serviços de saneamento, abastecimento de água, esgotamento sanitário e gerenciamento de resíduos no Município de Arroio dos Ratos baseia-se em uma análise criteriosa das condições atuais e na necessidade de garantir a qualidade e eficiência desses serviços essenciais para a população. A Companhia Riograndense de Saneamento (CORSAN) vinha apresentando um desempenho insatisfatório, evidenciado pela ausência de investimentos necessários para a expansão e manutenção dos sistemas de esgotamento sanitário e abastecimento de água. O índice de cobertura de esgoto na cidade é de 0%, um indicador alarmante que demonstra a falha em cumprir com as obrigações contratuais e atender às necessidades básicas dos municípios. Essa situação crítica motivou a administração municipal a intervir diretamente na gestão desses serviços, assegurando que os princípios de universalização e qualidade sejam efetivamente implementados.

A encampação dos serviços de saneamento por parte do Município de Arroio dos Ratos traz consigo uma série de impactos positivos, tanto para a infraestrutura local quanto para a saúde pública e o meio ambiente. Assumindo diretamente a gestão dos serviços, o município pode garantir a realização dos investimentos indispensáveis para a modernização e ampliação da rede de saneamento. Além disso, a administração municipal poderá implementar uma política tarifária mais justa e adequada à realidade socioeconômica dos usuários, potencialmente reduzindo os custos para a população. A gestão municipal direta também permite uma maior transparência e controle sobre a qualidade dos serviços prestados, possibilitando uma resposta mais ágil e eficaz às demandas e reclamações dos cidadãos. Com a encampação, espera-se uma melhoria significativa nos indicadores de saúde pública, uma vez que a adequada coleta e tratamento de esgoto contribuem diretamente para a redução de doenças e problemas sanitários.

O processo de encampação foi conduzido de maneira transparente e participativa, respeitando os princípios legais e administrativos que regem a matéria. Após a identificação dos problemas e a decisão de encampar os serviços, foram realizadas consultas públicas e audiências

com a participação da sociedade civil, garantindo que a população estivesse informada e pudesse contribuir com o processo. O Município observou integralmente o processo administrativo nº 4033/2024. Em 28/11/2023, através do Ofício nº 085/2023, o Município informou à CORSAN a decisão de não adesão ao Termo Aditivo proposto pela mesma. Posteriormente, em 20/02/2024, o Município notificou a CORSAN sobre a extinção do contrato através do Ofício nº 034/2023. A CORSAN apresentou, intempestivamente, resposta a essa notificação através do REOE-0191/2024. Durante todo o processo, foram assegurados os princípios do contraditório e da ampla defesa, respeitando os direitos da concessionária de se manifestar e apresentar suas razões. A decisão administrativa de extinção do contrato foi tomada após análise detalhada das manifestações da CORSAN e dos interesses públicos envolvidos. Além disso, a CORSAN foi notificada, por meio do Ofício nº 056/2024, em 24 de abril de 2024, a informar sobre os ativos indenizáveis, mas não houve resposta. Diante disso, e conforme autorizado pela Lei Municipal nº 4380/2023, decretou-se a encampação dos serviços, garantindo a continuidade e a qualidade na prestação dos serviços essenciais à população.

Para a assunção dos serviços, a administração municipal elaborou um plano detalhado de transição, assegurando a continuidade dos serviços sem interrupções. Esse plano inclui a realização de levantamentos técnicos e financeiros dos ativos existentes, a reestruturação dos serviços e a realização de licitação para selecionar um novo concessionário capacitado, que possa garantir a eficiência e qualidade na prestação dos serviços de saneamento a longo prazo.

A encampação dos serviços de saneamento, abastecimento de água, esgotamento sanitário e gerenciamento de resíduos no Município de Arroio dos Ratos representa uma medida necessária e estratégica para superar as deficiências atuais e assegurar a prestação de serviços essenciais com qualidade e eficiência. A intervenção municipal visa não apenas corrigir falhas graves de gestão e investimento, mas também promover um ambiente mais saudável e sustentável para todos os munícipes. A transparência, a participação popular e o respeito às normas legais e contratuais guiaram todo o processo, garantindo que os interesses da comunidade sejam priorizados. A expectativa é que, com a nova gestão, Arroio dos Ratos alcance melhores índices de saneamento, saúde pública e qualidade de vida, construindo um futuro mais promissor para sua população.

A encampação dos serviços de saneamento, abastecimento de água, esgotamento sanitário e gerenciamento de resíduos no Município de Arroio dos Ratos representa uma medida necessária e estratégica para superar as deficiências atuais e assegurar a prestação de serviços essenciais com qualidade e eficiência. A intervenção municipal visa não apenas corrigir falhas graves de gestão e

investimento, mas também promover um ambiente mais saudável e sustentável para todos os munícipes. A transparência, a participação popular e o respeito às normas legais e contratuais guiaram todo o processo, garantindo que os interesses da comunidade sejam priorizados. A expectativa é que, com a nova gestão, Arroio dos Ratos alcance melhores índices de saneamento, saúde pública e qualidade de vida, construindo um futuro mais promissor para sua população.

2 CONTEXTUALIZAÇÃO

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.

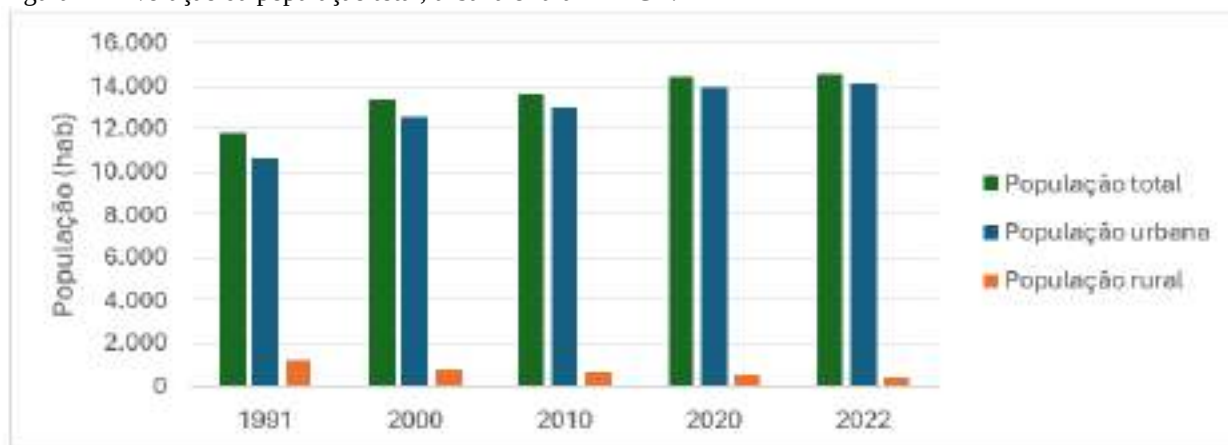
2.1.2 População

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

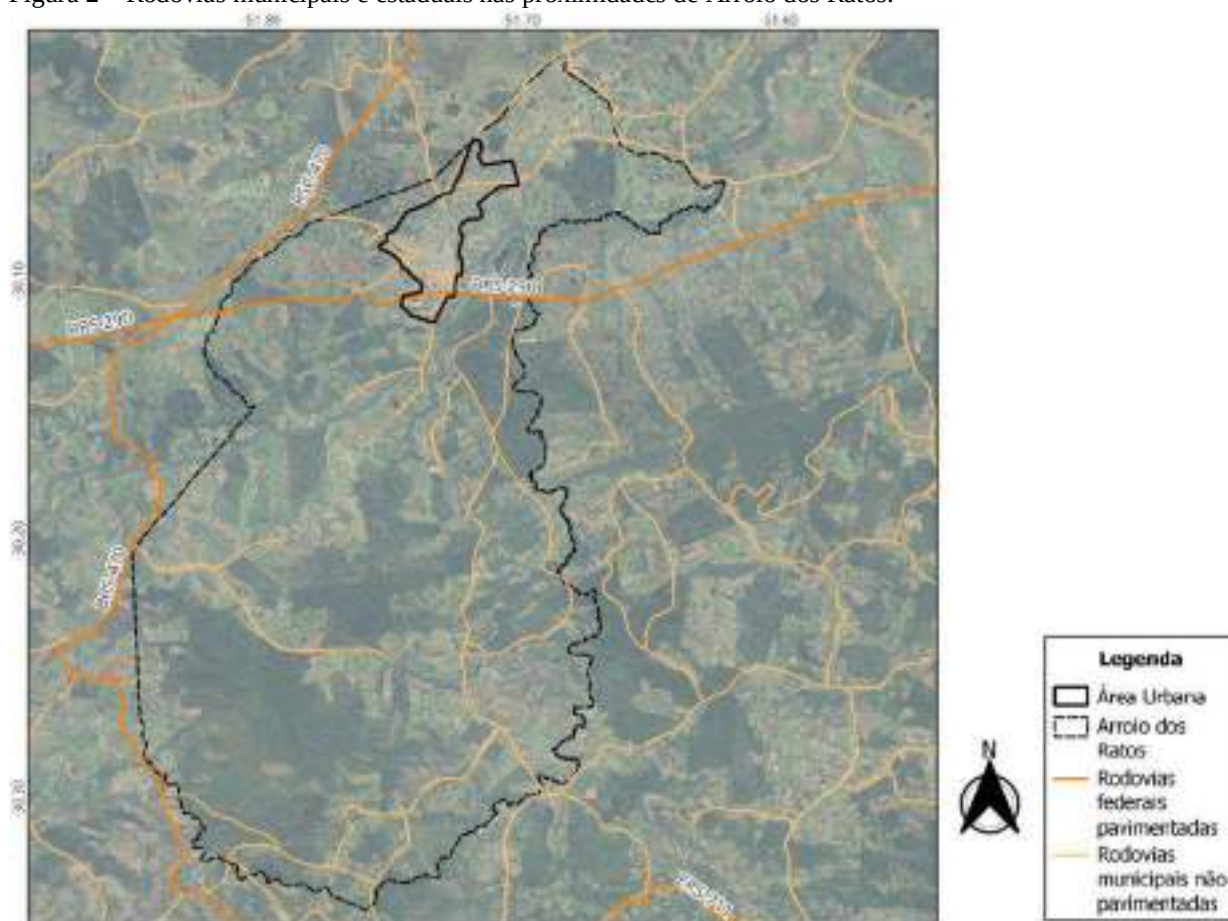
Neste subitem é apresentada a infraestrutura de transporte, energia, telecomunicações, indústria, saneamento e socioeconomia existente no município de Arroio dos Ratos.

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

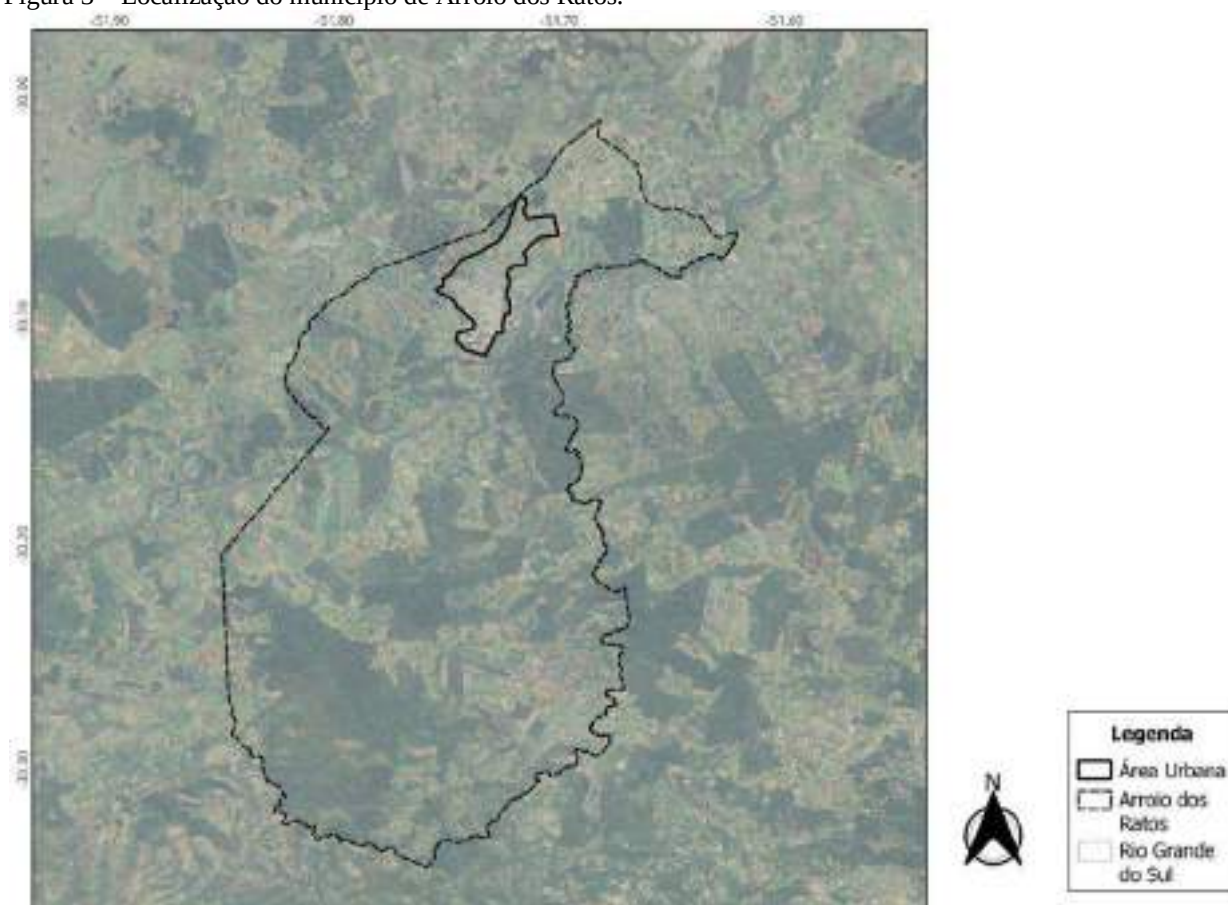
A estrutura e as características geopolíticas de Arroio dos Ratos, englobando localização, uso e ocupação do solo, Plano Diretor, densidade urbana e expansão rural, são apresentadas neste subitem.

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.

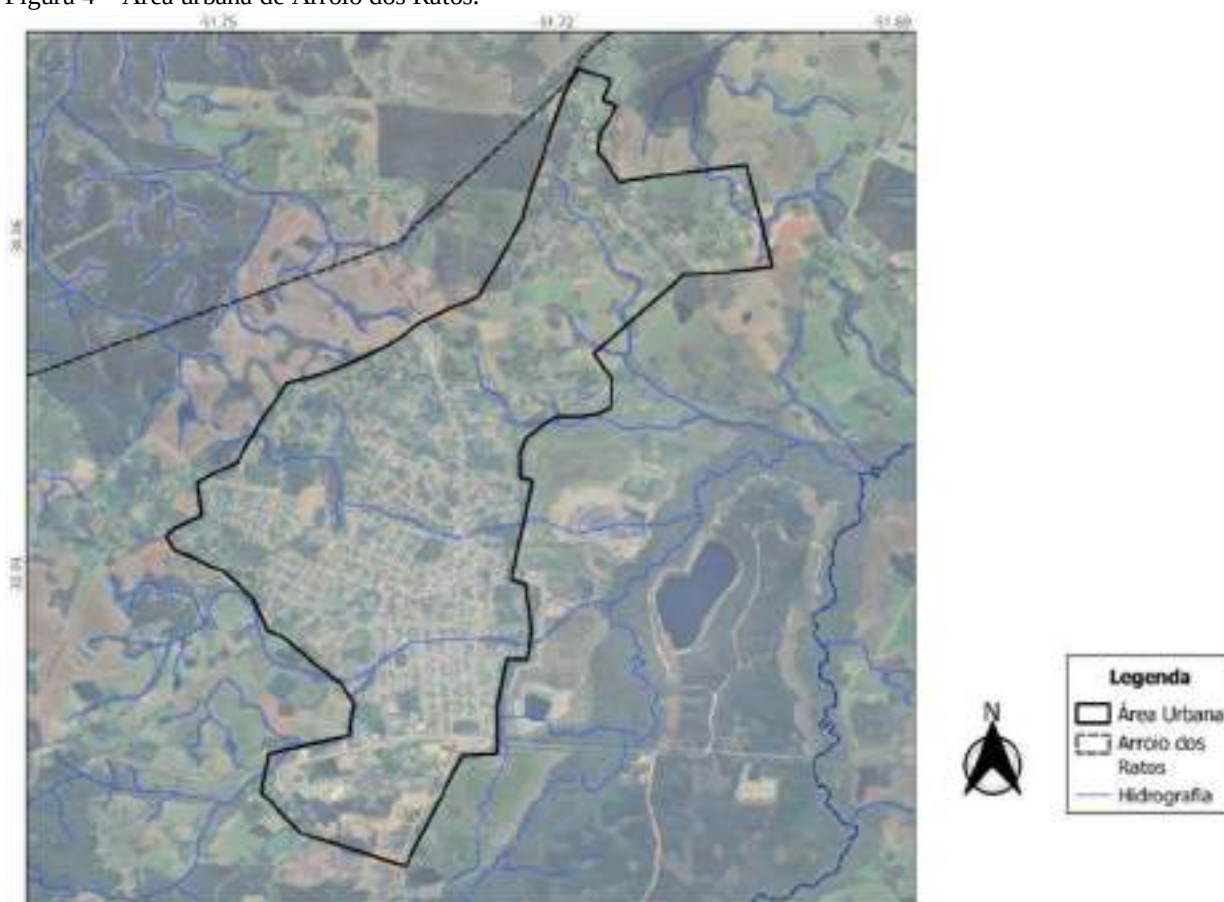
Figura 3 – Localização do município de Arroio dos Ratos.



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.

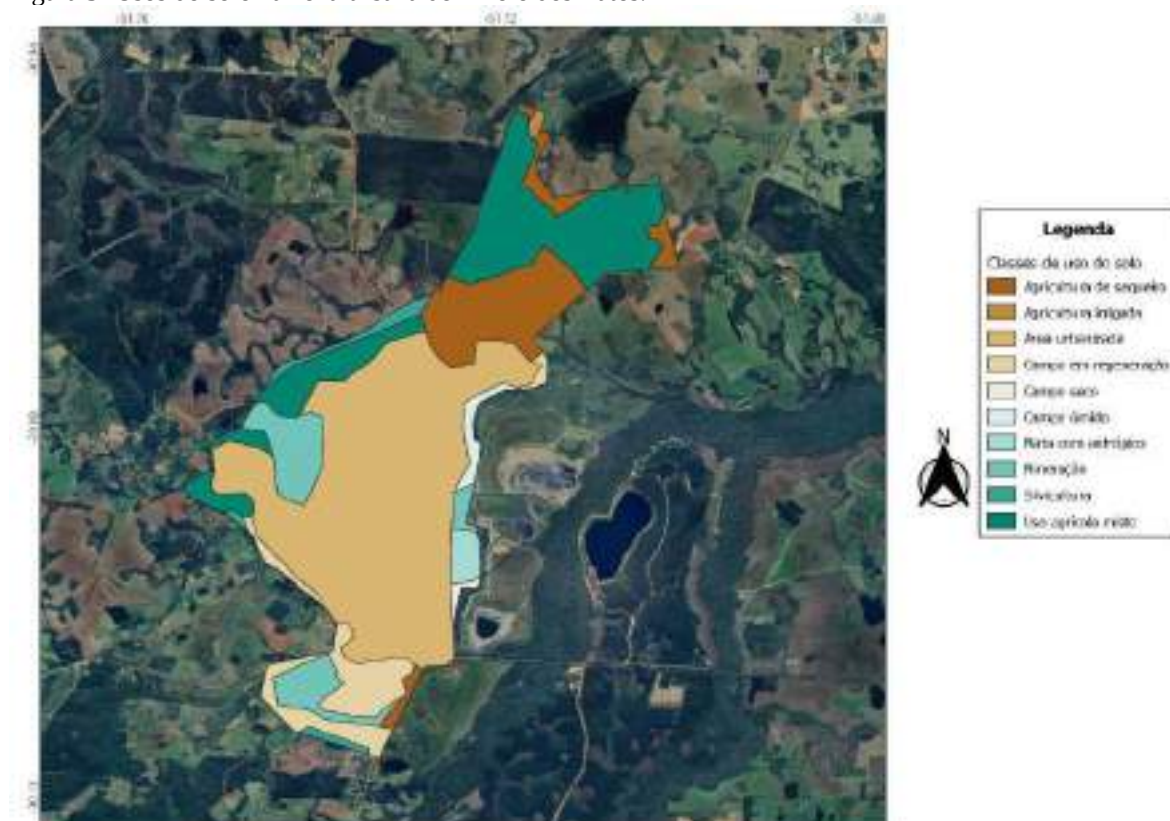
As principais limitações do solo quanto à agricultura dizem respeito à fertilidade natural, a qual é baixa, necessitando de calagens maciças para que possam ser produzidas colheitas com bons rendimentos, pois são solos muito ácidos. Além disso, o solo requer adubação mineral, principalmente a fosfatada. 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.

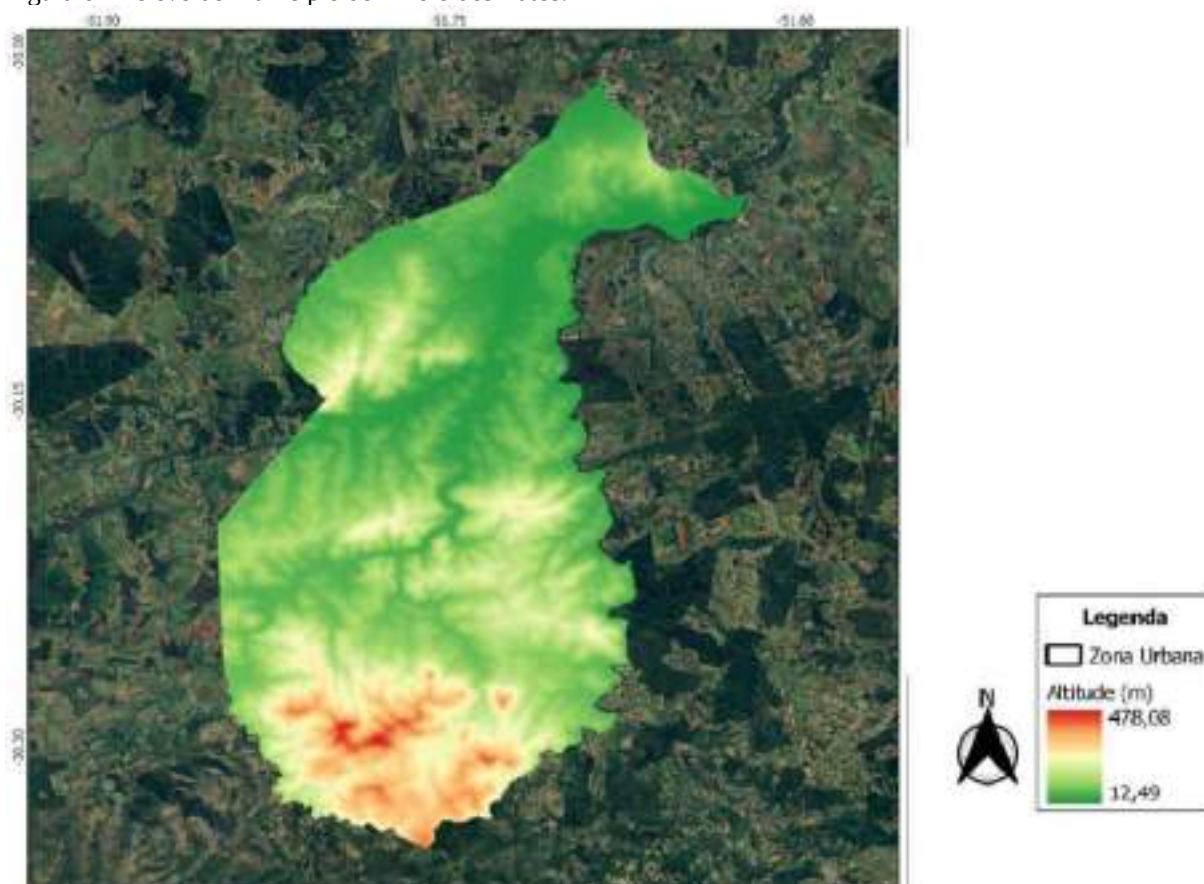
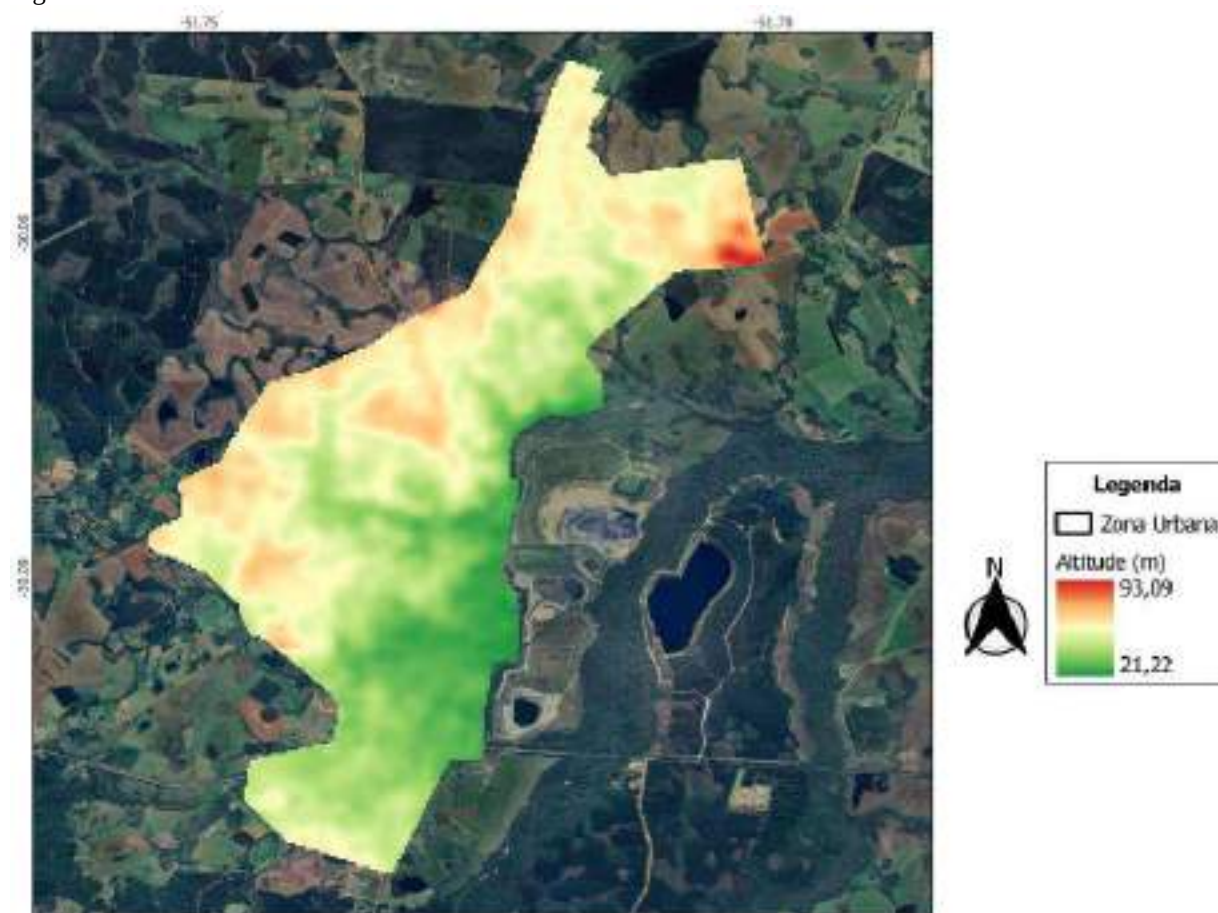


Figura 7 – Relevo da zona urbana de Arroio dos Ratos.

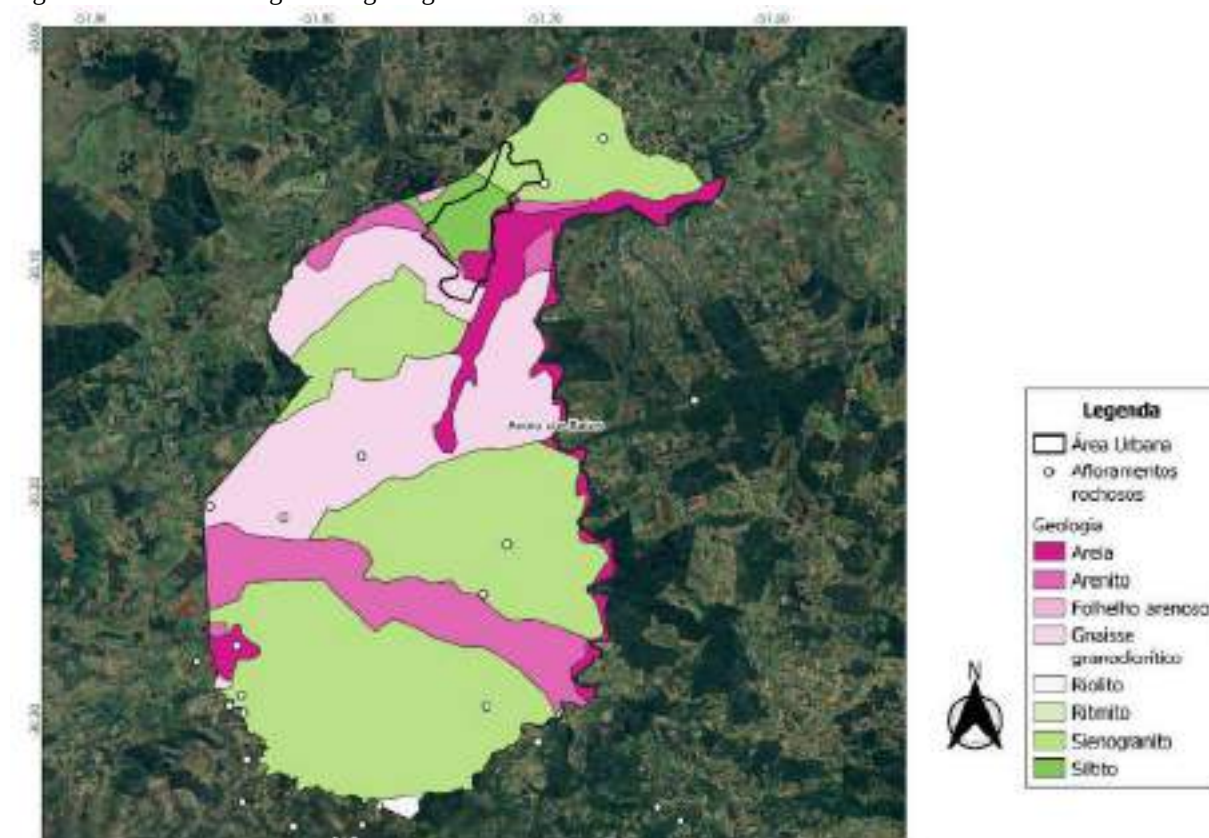


2.2.2 Geologia

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.

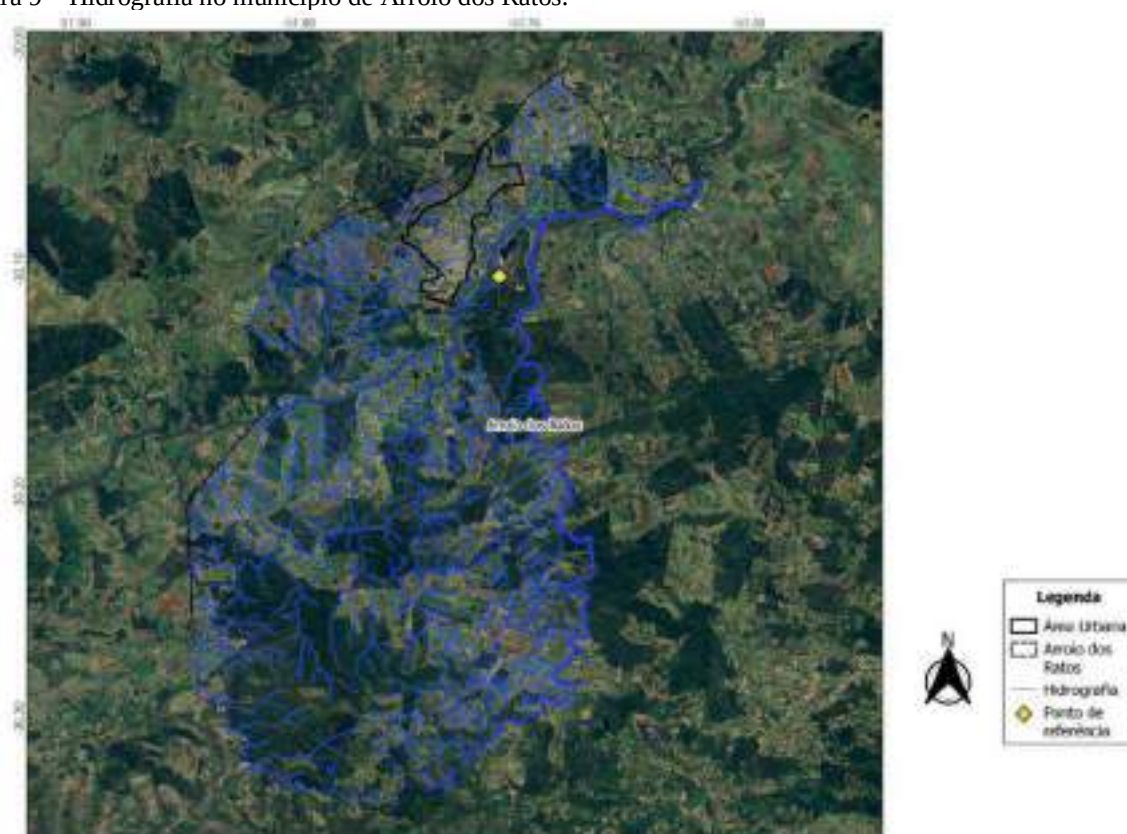
2.2.4 Hidrologia

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 Q_{90} , a qual corresponde a $3,34 \text{ m}^3/\text{s}$ na foz do Arroio dos Ratos, onde a área de drenagem é de 2.097 km^2 . No ponto utilizado como referência (destacado na Figura 9), a área de drenagem é de 1.283 km^2 , com Q_{90} calculada de $2,04 \text{ m}^3/\text{s}$.

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 líquênica são pobres, provavelmente devido à poluição do ar, pois nas áreas não atingidas pelos gases industriais, tantos os líquens, 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 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 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 m³	Tratado preço m³	Coletado preço m³	Tratado preço m³
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
	m³ 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
	m³ 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

3.1.2 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, o município será regulado pela AGESAN (Agência 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 8; (iii) Informações e Indicadores de Qualidade de Água Tratada na Tabela 9; (iv) Informações e Indicadores Associados à Gestão Comercial na Tabela 10; e (v) Informações e Indicadores de Qualidade dos Serviços na Tabela 11.

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 m³/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 m³/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 m³/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 m³/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 m³/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 m³/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 m³/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 m³/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 m³/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 (m³/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
IN010 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.

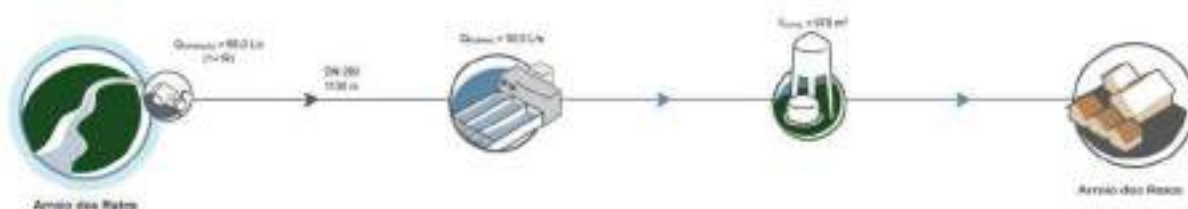


Figura 11 – Localização dos componentes do SAA de Arroio dos Ratos.



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 recalçada 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 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 existente 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 artificiais. Nas localidades Faxinal, Gravatá e Marmeleiro 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.

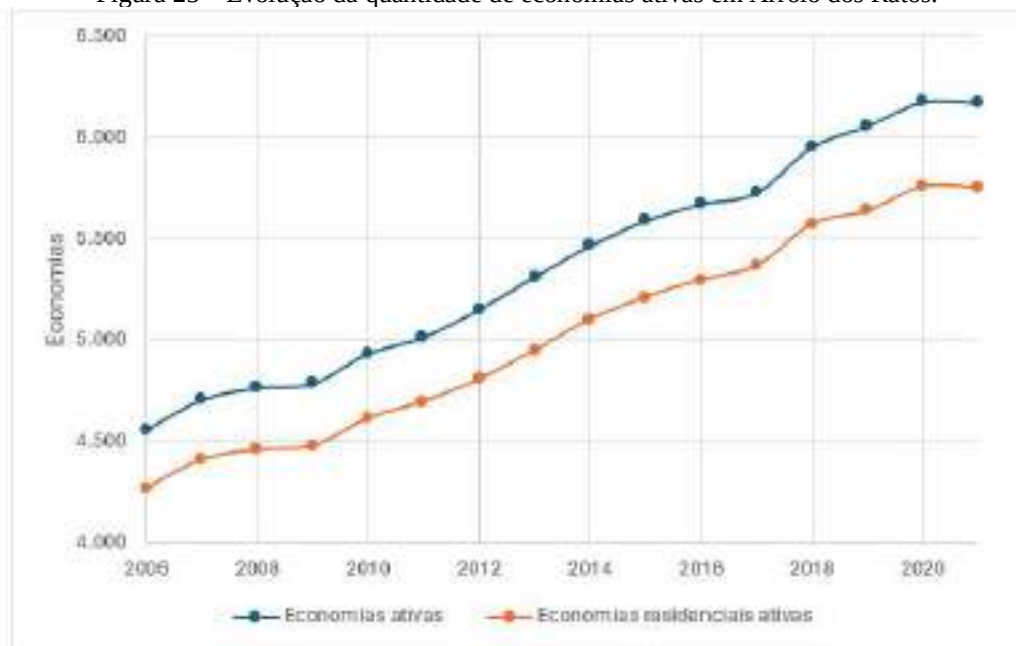
Figura 24 – Reservatório localizado no Rincão dos Américos.



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.

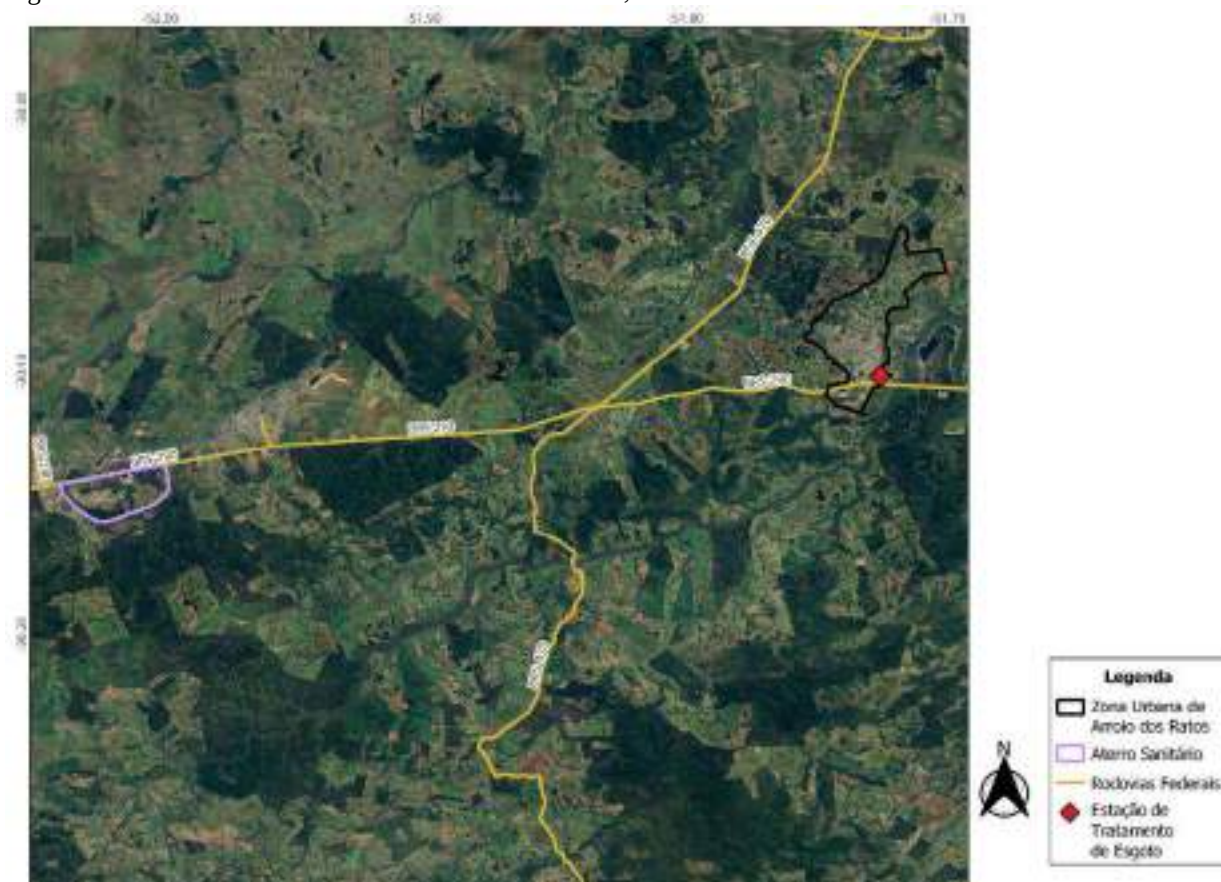
A coleta de resíduos sólidos domiciliares ocorre de maneira sistemática, com uma frequência diária e/ou alternada, sendo executada porta a porta. O processo abrange todas as vias públicas oficiais, sendo realizado durante o período diurno. Os horários específicos são previamente comunicados à comunidade, 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), cuja 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 listadas 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 .

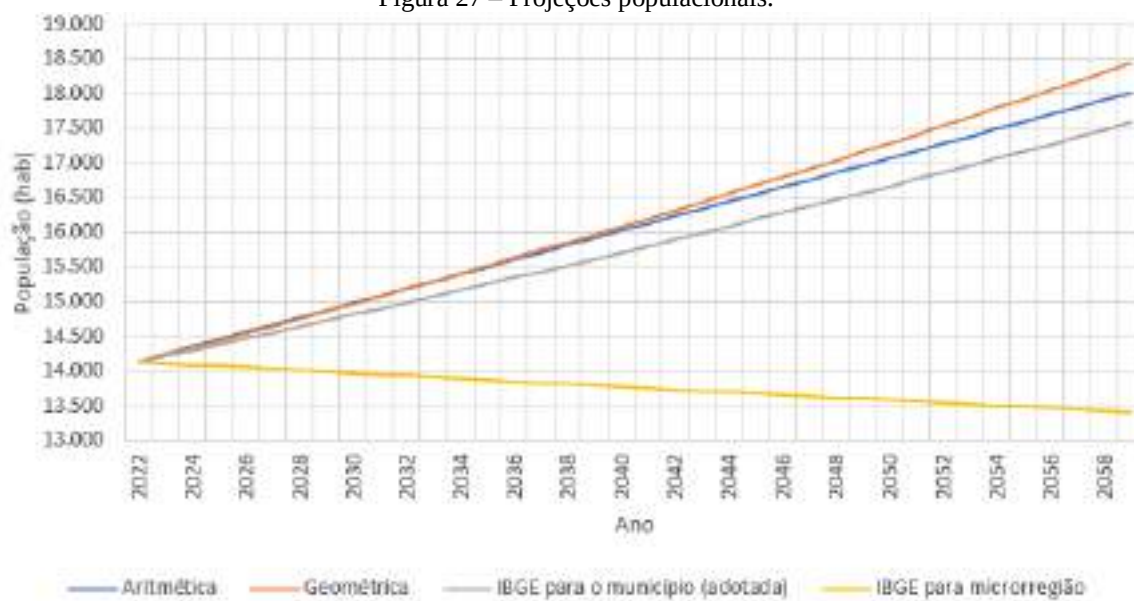
A Tabela 16 e a Figura 27 apresentam a projeção populacional para as diferentes metodologias adotadas e o coeficiente de correlação (R^2) com os dados censitários, onde observa-se maior correlação da logística crescente. Sendo assim, adota-se como projeção paradigma a

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 ($Q_{máxd}$) e 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:

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

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 Q₉₀ 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 m³/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 (m³/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.

Tabela 23 – Balanço entre vazões ofertadas e demandadas do sistema de captação.

Ano	Vazão ofertada (l/s)	Vazão máxima diária demandada (l/s)	Saldo (l/s)
2025	34,24	42,08	-7,84
2026	34,24	42,05	-7,81
2027	34,24	42,01	-7,77
2028	34,24	41,98	-7,74
2029	34,24	41,94	-7,70
2030	34,24	41,92	-7,68
2031	34,24	41,89	-7,65
2032	34,24	41,86	-7,62
2033	34,24	41,84	-7,60
2034	34,24	41,81	-7,57
2035	34,24	42,05	-7,81
2036	34,24	42,30	-8,06
2037	34,24	42,55	-8,31
2038	34,24	42,80	-8,56
2039	34,24	43,06	-8,82
2040	34,24	43,31	-9,07
2041	34,24	43,57	-9,33
2042	34,24	43,82	-9,58
2043	34,24	44,09	-9,85
2044	34,24	44,35	-10,11
2045	34,24	44,60	-10,36
2046	34,24	44,88	-10,64
2047	34,24	45,14	-10,90
2048	34,24	45,41	-11,17
2049	34,24	45,67	-11,43
2050	34,24	45,95	-11,71
2051	34,24	46,21	-11,97
2052	34,24	46,49	-12,25
2053	34,24	46,76	-12,52
2054	34,24	47,04	-12,80
2055	34,24	47,32	-13,08
2056	34,24	47,60	-13,36
2057	34,24	47,88	-13,64
2058	34,24	48,17	-13,93
2059	34,24	48,46	-14,22

É possível inferir que a capacidade atual de captação de água pelas bombas submersas existentes em Arroio dos Ratos não atende à demanda do município desde início de plano, em 2025, havendo saldo negativo. Este saldo negativo pode refletir em um maior tempo de funcionamento das bombas do sistema de captação, a exemplo. As alternativas propostas consideraram este cenário e apresentam soluções técnicas compatíveis com as particularidades de Arroio dos Ratos.

Para o cálculo do volume de reservação, calculou-se o volume útil do reservatório a partir da relação estabelecida por Tsutiya (2006) entre coeficiente da hora de maior consumo (K_2) e com o volume do dia de maior consumo (V), apresentado na Tabela 24. Adotando-se K_2 de 1,5, consoante o subitem 4.2, têm-se um volume útil de 15,9% do volume do dia de maior consumo, conforme apresentado na Tabela 24. Seguindo a mesma referência, considerou-se um volume de

incêndio de 120 m³. Na projeção também foi adotada a redução gradual de perdas no sistema de distribuição até 25% até 2033. A Tabela 25 apresenta o balanço entre vazões ofertadas e demandadas do sistema de reservação.

Tabela 24 – Capacidade mínima do reservatório em função do coeficiente da hora de maior consumo

Coeficiente da hora de maior consumo (K ₂)	Capacidade mínima do reservatório
1,2	0,064 x V
1,3	0,095 x V
1,4	0,127 x V
1,5	0,159 x V
1,6	0,191 x V
1,7	0,223 x V
1,8	0,255 x V
1,9	0,286 x V
2,0	0,318 x V

Tabela 25 – Balanço entre vazões ofertadas e demandadas do sistema de reservação.

Ano	Volume do dia de maior consumo (m ³)	Volume útil (m ³)	Volume de incêndio (m ³)	Reservação necessária (m ³)	Reservação existente (m ³)	Saldo de reservação (m ³)
2025	4.545,50	722,73	120,00	842,73	970,00	127,27
2026	4.541,18	722,05	120,00	842,05	970,00	127,95
2027	4.537,73	721,50	120,00	841,50	970,00	128,50
2028	4.533,41	720,81	120,00	840,81	970,00	129,19
2029	4.529,95	720,26	120,00	840,26	970,00	129,74
2030	4.527,36	719,85	120,00	839,85	970,00	130,15
2031	4.524,77	719,44	120,00	839,44	970,00	130,56
2032	4.520,45	718,75	120,00	838,75	970,00	131,25
2033	4.519,58	718,61	120,00	838,61	970,00	131,39
2034	4.515,26	717,93	120,00	837,93	970,00	132,07
2035	4.541,18	722,05	120,00	842,05	970,00	127,95
2036	4.568,83	726,44	120,00	846,44	970,00	123,56
2037	4.595,62	730,70	120,00	850,70	970,00	119,30
2038	4.623,26	735,10	120,00	855,10	970,00	114,90
2039	4.650,05	739,36	120,00	859,36	970,00	110,64
2040	4.677,70	743,75	120,00	863,75	970,00	106,25
2041	4.706,21	748,29	120,00	868,29	970,00	101,71
2042	4.732,99	752,55	120,00	872,55	970,00	97,45
2043	4.761,50	757,08	120,00	877,08	970,00	92,92
2044	4.790,02	761,61	120,00	881,61	970,00	88,39
2045	4.817,66	766,01	120,00	886,01	970,00	83,99
2046	4.847,04	770,68	120,00	890,68	970,00	79,32
2047	4.875,55	775,21	120,00	895,21	970,00	74,79
2048	4.904,06	779,75	120,00	899,75	970,00	70,25
2049	4.932,58	784,28	120,00	904,28	970,00	65,72
2050	4.962,82	789,09	120,00	909,09	970,00	60,91
2051	4.991,33	793,62	120,00	913,62	970,00	56,38
2052	5.020,70	798,29	120,00	918,29	970,00	51,71
2053	5.050,94	803,10	120,00	923,10	970,00	46,90
2054	5.080,32	807,77	120,00	927,77	970,00	42,23
2055	5.110,56	812,58	120,00	932,58	970,00	37,42
2056	5.141,66	817,52	120,00	937,52	970,00	32,48
2057	5.171,04	822,20	120,00	942,20	970,00	27,80
2058	5.202,14	827,14	120,00	947,14	970,00	22,86
2059	5.233,25	832,09	120,00	952,09	970,00	17,91

É possível observar que não é constatado saldo negativo em nenhum momento da projeção, permitindo a conclusão de que o volume de reserva disponibilizado atualmente é suficiente para suprir a demanda até o final de plano, em 2059.

5.1.2 Proposição de ações

Identificadas as oportunidades técnicas e operacionais do sistema, projetadas as demandas e mapeados os problemas futuros, foi possível definir as ações necessárias para otimização e aperfeiçoamento do sistema de abastecimento. A Tabela 26 apresenta os quantitativos de cada item necessário.

As ações propostas levam ao aumento da confiabilidade e da eficiência do SAA:

- Substituição da rede com diâmetro inferior a 50 mm, em adequação à normatização;
- Atualização do parque de hidrômetros ao longo dos 5 primeiros anos da concessão e renovação do parque de hidrômetros a cada 10 anos;
- Instalação de macromedidores;
- Instalação de hidrantes distribuídos pela zona urbana do município;
- Aumento do tempo de funcionamento das bombas dos poços.

Tabela 26 – Resumo dos quantitativos para as melhorias propostas para o SAA.

Objeto de ação	Unidade	Quantidade
Extensão da rede com diâmetro menor do que 50 mm ou em fibrocimento a ser substituída	m	10.784
Instalação de hidrômetros	unid.	7.201
Instalação de macromedidores	unid.	9
Instalação de hidrantes	unid.	19
Construção de banheiro público *	unid.	1

* Item também relacionado ao SES.

O cronograma de implantação das melhorias propostas para o SAA é apresentado na Tabela 27. Considera-se que os hidrômetros serão inteiramente substituídos em três anos, de forma que serão substituídos 20% anualmente entre 2025 e 2029, ou seja, 1.440 unidades. Após esse período, a fim de serem trocados a cada cinco anos, em cada ano serão substituídos 10% do total, ou seja, 720 unidades, de 2030 até 2059.

Tabela 27 – Cronograma de implantação das melhorias propostas para o SAA.

Ano	Etapa
2025	Substituição de 1/5 dos hidrômetros
2026	Substituição de 1/5 dos hidrômetros
	Substituição de 1/8 da rede com diâmetro inferior a 50 mm
	Construção de banheiro público
2027	Substituição de 1/8 da rede com diâmetro inferior a 50 mm
	Substituição de 1/5 dos hidrômetros
2028	Substituição de 1/5 dos hidrômetros
	Substituição de 1/8 da rede com diâmetro inferior a 50 mm
2029	Substituição de 1/5 dos hidrômetros
	Substituição de 1/8 da rede com diâmetro inferior a 50 mm
2030	Substituição de 1/10 dos hidrômetros
	Instalação de hidrantes
	Substituição de 1/8 da rede com diâmetro inferior a 50 mm
2031	Substituição de 1/10 dos hidrômetros
	Substituição de 1/8 da rede com diâmetro inferior a 50 mm
2032	Substituição de 1/10 dos hidrômetros
	Substituição de 1/8 da rede com diâmetro inferior a 50 mm
2033	Substituição de 1/10 dos hidrômetros
	Substituição de 1/8 da rede com diâmetro inferior a 50 mm
A partir de 2034	Substituição de 1/10 dos hidrômetros

5.1.2.1 Substituição de rede com diâmetro inferior a 50 mm ou em fibrocimento

Segundo a NBR 12218, a tubulação de um SAA deve ter diâmetro mínimo de 50 mm, a fim de garantir a segurança do sistema. A tubulação também não deve ser do material fibrocimento. Segundo o Relatório de Fiscalização nº 12/2023 (AGERGS, 2023), 10.784 m da rede não se encaixa nestes parâmetros, devendo ser substituída.

5.1.2.2 Atualização do parque de hidrômetros ao longo dos 5 primeiros anos da concessão e renovação do parque de hidrômetros a cada 10 anos;

O parque dos hidrômetros consiste nos micromedidores das ligações prediais, os quais têm o objetivo de medir a água consumida por cada economia. Problemas de submedição representam um dos maiores problemas dos sistemas de abastecimento de água, visto que ocasionam perdas financeiras reais ao prestador de serviço face ao consumo de água não faturada. A submedição também induz o usuário à falsa sensação de economia de água, potencializando o desperdício de água. Para combater a submedição, é essencial que os medidores operem devidamente calibrados e dentro de sua vida útil. Visto que não há registro da data de instalação de cada hidrômetro, e considerando vida útil de 5 anos, prevê-se a substituição de todos os

hidrômetros num horizonte de 3 anos e a, a partir de então, a substituição dos mesmos a cada 10 anos, conforme o cronograma apresentado na Tabela 27.

5.1.2.3 Instalação de hidrantes distribuídos pela zona urbana do município;

A quantidade e disposição dos hidrantes a serem instalados foram determinadas de acordo com a Resolução Técnica CBMRS nº 16, a qual estabelece as condições mínimas para a instalação de hidrantes urbanos. Segundo a resolução, cada hidrante atende uma área com raio de 300 m. Dessa forma, totalizou-se dezenove hidrantes na disposição apresentada na Figura 29. Destaca-se que, conforme a expansão urbana, pode-se aumentar a área de rede, demandando mais hidrantes.

Figura 29 – Hidrantes projetados para Arroio dos Ratos com suas respectivas áreas de abrangência.



5.1.2.4 Aumento do tempo de funcionamento da bomba do poço.

Conforme apresentado no item 5.1.1.2, com a vazão captada atualmente, de 34 l/s, a demanda de vazão não é atendida desde o início de plano, em 2025, chegando a um déficit de 14,22 l/s até 2059. Como descrito no item 3.3.1, a capacidade de captação da bomba é de 50 l/s, de forma que o sistema pode seguir utilizando apenas esta bomba com um bombeamento elevado para 50 l/s a partir de 2025.

5.2 SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO

Este capítulo apresenta as soluções propostas para a implementação dos serviços de esgotamento sanitário para atender à população urbana do município de Arroio dos Ratos.

A concepção de um sistema de esgotamento sanitário, no que tange à coleta e ao transporte de efluentes, é pautada principalmente pelas variáveis topográficas do local onde o sistema será implantado. Sob esta ótica, inúmeras possibilidades podem ser estudadas e detalhadas até se chegar à concepção final de um sistema. Entretanto, o que distingue uma alternativa da outra muitas vezes são detalhes técnicos que não implicam em grandes diferenças entre as propostas, cujo objetivo comum é coletar e tratar os efluentes de forma adequada e ambientalmente correta.

5.2.1 Concepção do sistema

Todos os elementos que integram as soluções técnicas deste estudo foram pré-dimensionados, considerando integralmente ou parcialmente sistema separador absoluto e limpeza programada. Conforme definido na NBR 9.648/1986, que trata do Estudo de Concepção de Sistemas de Esgoto Sanitário, um sistema de esgotamento sanitário do tipo separador é entendido como o “conjunto de condutos, instalações e equipamentos destinados a coletar, transportar, condicionar e encaminhar somente esgoto sanitário a uma disposição final conveniente, de modo contínuo e higienicamente seguro”.

A limpeza programada consiste em soluções individuais, em que foram considerados sistema de tanque séptico. Sendo o tanque séptico uma “unidade cilíndrica ou prismática retangular de fluxo horizontal, para tratamento de esgotos por processos de sedimentação, flotação e digestão”, conforme definições NBR 7229/1997.

Ainda, para o sistema separador absoluto, considerou-se a implantação da rede nas vias públicas da área urbana municipal e no caso dos loteamentos, caberá a cada loteador a implantação da rede separador absoluto. Destaca-se que a adesão ao sistema de esgotamento sanitário, seja ele

do tipo separador absoluto ou do tipo limpeza programada, é compulsória, nos termos da Lei, sempre que houver a disponibilidade do mesmo.

Destaca-se também que no pré-dimensionamento são pré-definidos materiais, diâmetros, profundidades 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, considera-se as vazões em final de plano.

A seguir estão detalhadas as diretrizes e metodologias de pré-dimensionamento dos principais elementos considerados no sistema separador absoluto e da limpeza programada.

5.2.1.1 Separador absoluto

O sistema separador absoluto é uma solução coletiva em que o esgoto é coletado separadamente das águas pluviais e destinado à estação de tratamento de esgoto (ETE). Como exposto, difere-se dos outros sistemas coletivos (unitário e misto) pela separação entre as redes de coleta de esgoto e de drenagem pluvial. Sistemas do tipo separador absoluto são compostos essencialmente por ligações prediais, rede coletora, ETE e emissário, podendo incluir também, dependendo das características locais, interceptores, travessias hídricas, travessias rodoviárias, elevatórias de esgoto bruto (EEB), elevatórias de esgoto tratado (EET) e linhas de recalque.

O Art. nº 90 do Plano Diretor de Arroio dos Ratos (ARROIO DOS RATOS, 2009) determina diretrizes e ações estratégicas para o serviço de esgotamento sanitário, não determinando a forma com que este deve ser desenvolvido. Destaca-se que no PMSB não consta nenhuma diretriz neste sentido.

As ligações prediais conectam o ramal domiciliar à rede coletora e são normatizadas pelas NBR 8.160/1999 e 9.649/1986. Como paradigma de pré-dimensionamento do presente estudo, adota-se uma caixa de inspeção como padrão de ligação predial, considerando 6 m de tubulação de 100 mm de diâmetro (DN), curva 45° e selim 90° DN150x100, sendo todas as peças em PVC rígido para esgoto conforme NBR 7.362/2007. Cada economia possui uma ligação predial, podendo uma ligação atender a mais de um domicílio nos casos, por exemplo, de edifícios.

A rede coletora consiste na malha que conduz os esgotos das ligações prediais às EEB e ETE, seja diretamente ou por intermédio de interceptores. Seu projeto e execução são regidos, respectivamente, pelas NBR 9.649/1986 e NBR 9.814/1987. Adota-se, no presente estudo,

tubulação em PVC rígido para esgoto com diâmetro de 150 mm. O traçado da rede acompanha o viário, não ocorrendo o aprofundamento da rede para atendimento a soleiras negativas, sendo simples nas vias mais estreitas e duplo nas vias mais largas, e a rede é assentada sob o leito com recobrimento mínimo de 0,90 m, declividade mínima de 0,0029 m/m para PVC e profundidade máxima de 5,00 m. Para fins de quantificação da rede, adota-se como paradigma para o presente estudo a declividade média de 0,0050 m/m.

Também integram a rede coletora dispositivos acessórios em pontos de junção de tubulações ou de mudança de direção, declividade e diâmetro como poços de visita (PV), terminais de limpeza (TL), terminais de inspeção e limpeza (TIL) e caixas de passagem (CP). Para redes coletoras admitiu-se o diâmetro de 150 mm e a distância máxima entre dispositivos acessórios de 100 m.

Para recalque de esgoto, considerou-se bombas submersíveis em poço úmido, 1 operacional e 1 reserva. O diâmetro foi definido a partir da Fórmula de Bresse (Equação 10), adotando-se para fins de pré-dimensionamento, o diâmetro mínimo de 80 mm e vazão de recalque igual ou superior à vazão de final de plano, resultando ao longo do horizonte de alcance em tempos de funcionamento não inferiores a 7 h/dia nem superiores a 21 h/dia. Destaca-se que se limita a velocidade entre 0,8 e 1,5 m/s. Definido o diâmetro, é possível definir a perda de carga linear pela fórmula de Hazen-Williams (Equação 11) e perda de carga singular (Equação 12). Por fim, a partir da Equação 13, pôde-se definir a potência consumida para cada ano do horizonte de alcance, através da Equação 13. O somatório do produto da potência consumida em cada ano pela tarifa estimada para cada ano em FVP representa o custo com energia consumido ao longo do horizonte de alcance.

Para estimativa de custo de implantação de cada elevatória, considerou-se a potência instalada, que considera folga de 50% para potência com até 2 cv, 30% até 5 cv, 20% até 10 cv, 15% até 20 cv e 10% acima de 25 cv sobre a potência hidráulica.

Quanto à ETE, como base para o presente estudo, considera-se ETE pré-fabricada modulares, que atuarão conforme descrito em cada alternativa. E, após o tratamento, o esgoto será conduzido por um emissário até o corpo hídrico, para lançamento. O emissário atuará sob regime de conduta forçado, sendo dimensionado da mesma forma que as demais linhas de recalque.

Ainda, dependendo da alternativa, pode ocorrer a necessidade da travessia do efluente em rodovias estaduais e em corpos hídricos. Essas travessias podem ocorrer na rede, no interceptor,

na linha de recalque ou emissário, que transpõem o curso hídrico e necessitam de uma atenção especial durante o cortejo econômico.

Para travessia rodoviária, considerou-se método não destrutivo com tubo camisa em PVC de 400 mm com extensão de 30,00 m para rodovias municipais ou estaduais e 40,00 m para rodovias federais. No que tange as travessias hídricas, considerou-se travessia aérea ancorada sobre blocos de concreto com 1,00 x 1,00 x 1,00 m com 8,00 m de extensão sobre canalizações e 12,00 m de extensão sobre ambiente natural, nestes sendo considerados também os custos de manejo ambiental.

5.2.1.2 Limpeza programada

A limpeza programada dos tanques sépticos constitui uma solução de baixo custo de implantação para a universalização do esgotamento sanitário a fim de atender tanto ao Marco Legal do Saneamento, dado pela Lei Federal nº 14.026/2020, que determina a cobertura integral de sistemas de esgotamento sanitário até 2033, quanto à Lei Federal nº 9.605/1998, que proíbe a destinação inadequada de esgoto. Destaca-se o caráter provisório da limpeza programada, que deve ser preterida ao separador absoluto sempre que este for viável economicamente.

Os procedimentos para limpeza programada são detalhados por entidades reguladoras, como AGESAN-RS e AGERGS. Os tanques sépticos devem ser limpos periodicamente para garantir sua funcionalidade, pois, quando cheios de sólidos (lodos), se transformam em simples caixas de passagem, em que o efluente líquido carrega partículas e micro-organismos para o meio físico (solo), causando mau cheiro nas redes pluviais e poluição ambiental, com potencial contaminação das águas subterrâneas.

Tendo em vista a necessidade periódica de remoção do lodo digerido, os tanques sépticos devem ser localizados em áreas livres com facilidade de acesso. A NBR 7.229/1993 recomenda que sejam observadas as seguintes distâncias:

- 1,5 m de construções, limites de terreno, sumidouros, valas de infiltração e ramais prediais de água;
- 3,0 m de árvores de qualquer ponto de rede pública de abastecimento de água;
- 15,0 m de poços freáticos e de corpos de água de qualquer natureza.

Também devem ser previstas aberturas de inspeção dos tanques sépticos, que devem ter número e disposição tais que permitam a remoção do lodo e da espuma acumulados, assim como

a desobstrução dos dispositivos internos. Destaca-se que a adequação ou execução dos tanques sépticos é responsabilidade do usuário, sendo considerado no presente estudo um prazo de 2 anos para adequação.

O dimensionamento dos tanques sépticos deve seguir as orientações da NBR 7.229/1993. Dessa forma, tem-se que o volume de um tanque séptico para um domicílio de densidade média em Arroio dos Ratos é de 1,5 m³, o que é adotado como referência de estimativa de produção lodo anual por domicílio.

O serviço de limpeza de fossa séptica programada consiste na sucção do lodo diretamente do tanque séptico da economia para um Caminhão de Sucção a Vácuo, popularmente denominado Caminhão Limpa Fossa, bem como no transporte até uma unidade de tratamento, que pode ser uma ETE ou uma central de tratamento de lodo, onde os resíduos recebem apropriado tratamento e disposição final.

O cadastramento das economias para o programa de limpeza programada é realizado a partir do cadastro do serviço de água e todas as economias, exceto aquelas atendidas por sistema separador absoluto, são obrigadas a ingressar no programa. Destaca-se, no entanto, que, enquanto a rede coletora do separador absoluto não cobre as economias supracitadas, estas mesmas devem aderir à limpeza programada.

O procedimento de limpeza programada inicia-se com o agendamento por parte do prestador de uma vistoria técnica para avaliação do porte do tanque séptico (volume estimado de efluentes), de quais as condições de acesso para realização da limpeza e se o lodo possui características afins a fossas sépticas. Destaca-se neste ponto que fossas rudimentares podem gerar lodo em condições inadequadas para coleta e destinação, podendo ser necessária a substituição destas fossas por fossas sépticas. Também se ressalta que, havendo inconformidades, pode não haver condições para que seja realizada a coleta.

A programação da agenda das coletas é realizada pelo operador, sendo informados os dias e horários agendados para cada domicílio. Neste ponto, salienta-se que o agendamento deve ser marcado em comum acordo com os usuários. Após a realização das coletas na rota programada, o caminhão de coleta seguirá para a ETE ou central de tratamento de lodo mais próxima para realizar a destinação dos resíduos. A ETE ou central de tratamento de lodo deverá ser licenciada, em condições técnicas e operacionais para o recebimento e tratamento dos efluentes.

Após a primeira limpeza de sistemas individuais realizada, o operador deverá programar as próximas limpezas com frequência anual, pois, conforme padronizado a normatização, ao

considerar uma fossa séptica de câmara única (situação mais usual para residências unifamiliares), adotando-se a condição mais conservadora, é recomendado o intervalo de limpeza de um ano.

No cálculo do número de economias atendidas por dia, considerou-se o número de até 8 coletas por dia. Destaca-se que o gerenciamento da limpeza programada é de responsabilidade do operador e compreende a medição do lodo coletado e o faturamento da coleta, além de arquivo das MTR e controle das licenças dos caminhões utilizados no transporte e das ETEs de destino final.

Deve ser prevista também a disponibilidade da limpeza por demanda, ou seja, caso seja necessário antecipar a limpeza do sistema individual por motivo de deficiência em seu funcionamento, o usuário poderá solicitar o serviço ao prestador. Também se faz necessário prever que poderão ocorrer casos em que o dispositivo de tratamento, por questões de projeto e/ou uso, admita um período maior entre limpezas.

5.2.1.3 Obrigatoriedade de ligação, regulação e tarifação

A cobrança deve ser realizada sempre que houver disponibilidade do sistema de esgotamento sanitário, conforme o Marco Legal do Saneamento e em consonância com a Política Nacional de Meio Ambiente, dada pela Lei Federal nº 6.938/1981, e o Código Estadual do Meio Ambiente, instituído pela Lei Estadual nº 15.434/2020, e respaldado pela Lei Federal nº 14.026/2020, pelas Leis Estaduais nº 6.503/1972 e nº 15.434/2020 e pelas Resoluções da AGERGS nº 35/2016 e nº 66/2022, que a cobrança pelo esgotamento sanitário deve ser realizada sempre que houver disponibilidade do serviço.

Também se destaca que são aplicáveis multas, sendo adotado 100% do valor do serviço no presente estudo, conforme praticado pela CORSAN-RS sob regulação da AGERGS, e que o pagamento da disponibilidade não dispensa o usuário da adesão ao sistema de esgotamento sanitário, que, no caso do separador absoluto, consiste na ligação à rede, e no caso da limpeza programada, consiste na adesão ao programa.

O ente regulador é um importante ator do saneamento, sendo previsto pela Lei Federal nº 11.445/2007 e pelo Marco Legal do Saneamento, tendo as atribuições de estabelecer padrões e normas complementares à ANA, garantindo o cumprimento das condições e metas e definindo tarifas que assegurem tanto o equilíbrio econômico, quanto a eficiência operacional do sistema.

Por fim, o Marco Legal do Saneamento recomenda que a tarifa seja calculada com base nos custos de operação de modo a garantir a sustentabilidade econômica do sistema. Desta forma

propõe-se que no presente estudo sejam adotadas tarifas distintas para os sistemas de separador absoluto e de limpeza programada.

5.2.2 Proposição de alternativas

Foram desenvolvidas duas alternativas, que cobrem todas as soluções técnicas possíveis para o esgotamento sanitário, sendo pré-dimensionados todos os elementos que integram cada alternativa, considerando sistemas de separador absoluto e de limpeza programada:

- Alternativa 1 – Sistema combinado separador absoluto e limpeza programada, com 57% da população urbana atendida por separador absoluto e 43% da população urbana atendida por limpeza programada até o final do plano;
- Alternativa 2 – Sistema com limpeza programada integral, atendendo toda a área urbana até o final do plano.

Neste capítulo são apresentadas as alternativas estudadas para o sistema de esgotamento sanitário, bem como os quantitativos referentes a cada alternativa.

5.2.2.1 Bacias de esgotamento

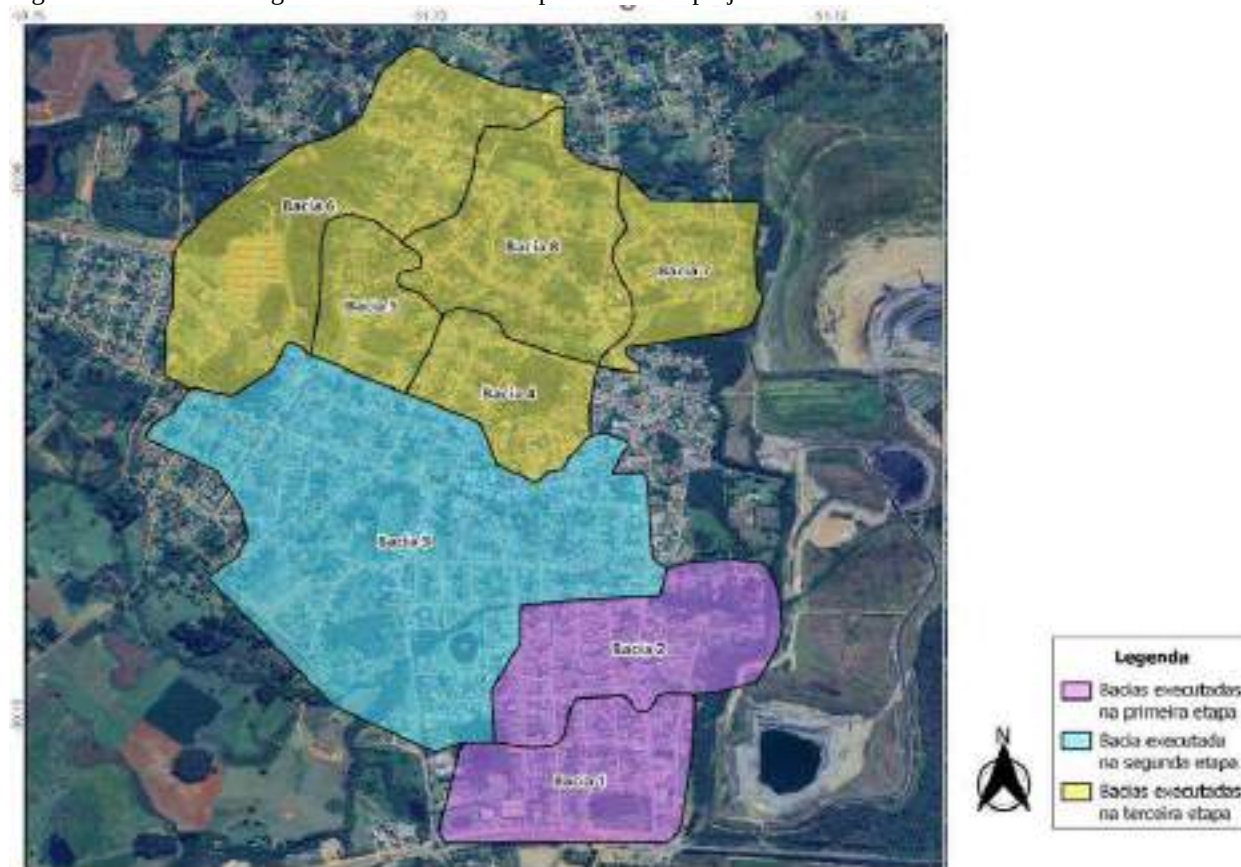
Para determinação das bacias de esgotamento (Figura 30) observou-se uma tendência topográfica de escoamento das águas, que quase em sua totalidade, para o Arroio dos Ratos, que por sua vez corta o perímetro urbano. Além disso, condicionantes locais também foram consideradas.

A fim de se obter a vazão de contribuição das bacias de esgotamento, foi contabilizado o número de economias presentes em cada bacia e estimado o crescimento populacional para final de plano, considerando-se as diferentes densidades demográficas da zona urbana, conforme apresentado na Tabela 28.

Tabela 28 - Área das bacias de esgotamento, número de economias e porcentagem de ocupação para início e final de plano.

Bacia	Área (km ²)	Arruamento (km)	Parcela	Economias existentes	
				Início de plano	Final de plano
1	1,05	9,41	7%	422	515
2	0,49	12,63	10%	566	692
3	1,67	50,52	38%	2263	2766
4	0,40	7,90	6%	354	433
5	0,28	5,19	4%	233	284
6	0,23	22,14	17%	992	1212
7	0,19	7,97	6%	357	436
8	0,55	15,75	12%	706	862

Figura 30 – Bacias de esgotamento determinadas para a área de projeto.



Como no início de plano não há rede de esgoto, as vazões são nulas para todas as bacias. Já a Tabela 29 apresenta as vazões de esgotos, mínima, média e máxima para as 13 bacias de esgotamento, em função da população de cada bacia, contribuição de esgotos doméstica e vazão de infiltração (calculada em função da extensão de rede coletora por bacia e taxa de infiltração de 0,15 L/s.km) para final de plano.

Tabela 29 – Estimativa de vazões por bacia para final de plano.

Bacia	População urbana (hab)	Economias (unid)	Vazão doméstica da bacia (L/s)				Vazão de infiltração (L/s)	Vazão total (L/s)			
			Contribuição média	Contribuição mínima	Contribuição máxima diária	Contribuição máxima horária		Vazão média	Vazão mínima	Vazão máxima diária	Vazão máxima horária
1	1.652	677	1,65	0,82	1,98	2,47	0,56	2,21	1,38	2,54	3,03
2	872	357	2,21	1,11	2,65	3,32	0,75	2,96	1,86	3,40	4,07
3	3.262	1.337	8,84	4,42	10,61	13,26	3,01	11,85	7,43	13,61	16,27
4	698	286	1,38	0,69	1,66	2,07	0,47	1,85	1,16	2,13	2,54
5	639	262	0,91	0,45	1,09	1,36	0,31	1,22	0,76	1,40	1,67
6	2.216	908	3,87	1,94	4,65	5,81	1,32	5,19	3,26	5,97	7,13
7	587	241	1,39	0,70	1,67	2,09	0,47	1,87	1,17	2,15	2,57
8	1.472	603	2,76	1,38	3,31	4,13	0,94	3,69	2,32	4,24	5,07

5.2.2.2 Alternativa 1

A Alternativa 1 consiste na implantação de sistema separador absoluto na região das Bacias 1 a 8, com as demais regiões sendo atendidas por limpeza programada, atendendo toda a população da área urbana até o final do plano. Considera-se a área abrangida pelo projeto como sendo apenas as áreas urbanas apresentadas pela Prefeitura Municipal, não cobrindo estradas vicinais ou áreas a serem loteadas, cabendo a implantação do separador absoluto nestas áreas ao loteador.

Na concepção, as bacias 2 e 3 contribuem, respectivamente, para as EEE 2 e 3, que por sua vez recalcam para a bacia 1, que contribui sem recalque para a ETE, contando com travessia hídrica. As bacias 4 a 8 contribuem, respectivamente, para as EEE 4 a 8, que por sua vez recalcam para a bacia 3, recalcando a partir dela para a ETE. Por fim, a ETE lança o esgoto tratado no corpo receptor.

Também se considera, durante a implantação da rede coletora, que as economias cuja coleta de esgoto ainda não tenha sido executada devem aderir temporariamente à limpeza programada. Na Tabela 30 e na Tabela 31 são apresentados resumos dos quantitativos da Alternativa 1, e a Figura 31 apresenta um esquema conceitual da alternativa. Já da Tabela 32 até a Tabela 38, e da Figura 34 até Figura 39, são apresentados os detalhamentos por bacia de esgotamento.

Tabela 30 - Resumo das quantidades totais da Alternativa 1 para o SES em final de plano.

Item	Unidade	Quantidade
Fossas Sépticas	un	336
Travessia hídrica	un	1
Ligações	un	6.393
Rede Coletora	km	52,22
Estações Elevatórias	un	7
Linhas de Recalque	km	4,74
Estações de Tratamento	un	1
Emissário	m.	1.578

Figura 31 - Esquema Conceitual da Alternativa 1 para o SES.

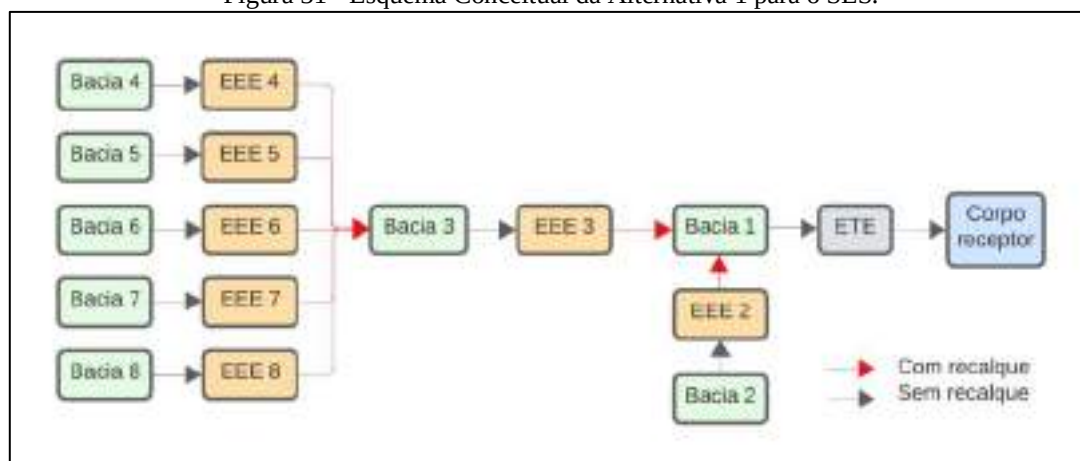


Tabela 31 - Resumo dos quantitativos da Alternativa 1 para o SES.

Bacia	Ano	Ligações prediais	Rede Coletora de Esgoto	Estação Elevatória de Esgoto	Potência instalada (cv)	Linha de Recalque
1	2027	474	DN150; L= 3,87 km	-	-	-
2	2028	638	DN150; L= 5,21 km	EEE 2	7,5	DN80; L= 830 m
3	2029	2.385	DN150; L= 19,48 km	EEE 3	25	DN200; L= 602 m
4	2030	404	DN150; L= 3,30 km	EEE 4	5	DN80; L= 565 m
5	2030	266	DN150; L= 2,17 km	EEE 5	5	DN80; L= 457 m
6	2031	1.103	DN150; L= 9,01 km	EEE 6	12,5	DN100; L= 955 m
7	2032	397	DN150; L= 3,25 km	EEE 7	5	DN80; L= 672 m
8	2033	726	DN150; L= 5,93 km	EEE 8	10	DN80; L= 658 m
Total	-	6.393	L = 52,22 km	7	-	L = 4,74 km

Tabela 32 - Detalhamento quantitativo da Bacia 1.

Ano	População urbana (hab)	População atendida (hab)	Economias de esgoto (unid)	Ligações de esgoto (unid)	Vazão máxima diária horária (l/s)
2025	1.065	0	0	0	0
2030	1.037	850	277	259	29,04
2035	1.068	876	416	389	43,78
2040	1.100	902	428	400	44,86
2045	1.132	928	441	412	45,97
2050	1.166	956	454	424	47,11
2055	1.201	985	468	437	48,29
2059	1.230	1.009	479	448	49,25

Figura 32 – Detalhamento da Bacia 1.



Tabela 33 - Detalhamento quantitativo da Bacia 2.

Ano	População urbana (hab)	População atendida (hab)	Economias de esgoto (unid)	Ligações de esgoto (unid)	Vazão máxima diária horária (l/s)
2025	1.435	0	0	0	0
2030	1.478	1.212	396	370	4,36
2035	1.523	1.249	594	555	4,38
2040	1.568	1.286	612	572	4,49
2045	1.615	1.324	630	589	4,60
2050	1.663	1.364	649	606	4,71
2055	1.713	1.405	668	625	4,83
2059	1.754	1.438	684	639	4,93

Figura 33 - Detalhamento da Bacia 2.



Tabela 34 - Detalhamento quantitativo da Bacia 3.

Ano	População urbana (hab)	População atendida (hab)	Economias de esgoto (unid)	Ligações de esgoto (unid)	Vazão máxima diária horária (l/s)
2025	5.363	0	0	0	0
2030	5.523	4.253	1.463	1.368	21,20
2035	5.689	4.381	2.197	2.054	35,47
2040	5.859	4.511	2.263	2.115	36,33
2045	6.034	4.646	2.331	2.178	37,24
2050	6.215	4.786	2.400	2.243	38,16
2055	6.401	4.929	2.472	2.311	39,12
2059	6.554	5.047	2.531	2.365	39,90

Figura 34 - Detalhamento da Bacia 3.



Tabela 35 - Detalhamento quantitativo da Bacia 4.

Ano	População urbana (hab)	População atendida (hab)	Economias de esgoto (unid)	Ligações de esgoto (unid)	Vazão máxima diária horária (l/s)
2025	909	0	0	0	0
2030	936	786	237	222	2,60
2035	964	810	356	333	2,63
2040	993	834	367	343	2,69
2045	1.022	858	378	353	2,76
2050	1.053	885	389	364	2,83
2055	1.085	911	401	375	2,9
2059	1.110	932	410	384	2,96

Figura 35 - Detalhamento da Bacia 4.



Tabela 36 - Detalhamento quantitativo da Bacia 5.

Ano	População urbana (hab)	População atendida (hab)	Economias de esgoto (unid)	Ligações de esgoto (unid)	Vazão máxima diária horária (l/s)
2025	597	0	0	0	0
2030	615	510	158	148	1,69
2035	633	525	238	222	1,75
2040	652	541	245	229	1,79
2045	672	558	252	235	1,84
2050	692	574	259	243	1,88
2055	713	592	267	250	1,93
2059	730	606	274	256	1,97

Figura 36 - Detalhamento da Bacia 5.



Tabela 37 - Detalhamento quantitativo da Bacia 6.

Ano	População urbana (hab)	População atendida (hab)	Economias de esgoto (unid)	Ligações de esgoto (unid)	Vazão máxima diária horária (l/s)
2025	2.481	0	0	0	0
2030	2.555	0	0	0	0
2035	2.632	2.132	1.009	944	7,44
2040	2.711	2.196	1.040	972	7,63
2045	2.792	2.262	1.071	1.001	7,81
2050	2.875	2.329	1.103	1.031	8,01
2055	2.961	2.398	1.136	1.062	8,21
2059	3.032	2.456	1.163	1.087	8,37

Figura 37 - Detalhamento da Bacia 6.



Tabela 38 - Detalhamento quantitativo da Bacia 7.

Ano	População urbana (hab)	População atendida (hab)	Economias de esgoto (unid)	Ligações de esgoto (unid)	Vazão máxima diária horária (l/s)
2025	894	0	0	0	0
2030	920	0	0	0	0
2035	948	768	354	331	2,63
2040	976	791	365	341	2,69
2045	1.005	814	376	351	2,76
2050	1.036	839	387	362	2,83
2055	1.067	864	399	372	2,9
2059	1.092	885	408	381	2,96

Figura 38 - Detalhamento da Bacia 7.



Tabela 39 - Detalhamento quantitativo da Bacia 8.

Ano	População urbana projetada (hab)	População atendida (hab)	Economias de esgoto (econ)	Ligações de esgoto (lig)	Vazão máxima diária horária (l/s)
2025	1.634	0	0	0	0
2030	1.683	0	0	0	0
2035	1.733	1.300	649	607	4,82
2040	1.785	1.339	669	625	4,93
2045	1.838	1.379	689	644	5,06
2050	1.893	1.420	709	663	5,18
2055	1.950	1.463	731	683	5,31
2059	1.997	1.498	748	699	5,42

Figura 39 - Detalhamento da Bacia 8.



5.2.2.3 Alternativa 2

A Alternativa 2 considera que toda a área urbana do município será abrangida por limpeza programada, com a logística conforme descrita no item 5.2.1.2. Dessa forma, considera-se uma fossa séptica por economia, totalizando 6.841 unidades.

Como esta alternativa considera todo o território sem diferenciações, não é necessária a divisão entre bacias. Dessa forma, a produção de esgotos foi estimada a partir das diretrizes apresentadas no item 5.2.1.2, que resultou no valor total de 45,13 L/s (Tabela 40) de esgoto produzido para final de plano e a necessidade de aquisição de 2 caminhões limpa fossa.

Tabela 40 - Resumo da produção de esgoto para Limpeza Programada da Alternativa 2 para o SES.

Ano	Esgoto produzido (L/s)	Esgoto produzido (m³/ano)	Ano	Esgoto produzido (L/s)	Esgoto produzido (m³/ano)
2025	-	-	2043	33,62	1.045.716,48
2026	-	-	2044	34,34	1.068.111,36
2027	4,10	127.526,40	2045	35,05	1.090.195,20
2028	9,78	304.197,12	2046	35,76	1.112.279,04
2029	15,51	482.423,04	2047	36,47	1.134.362,88
2030	21,29	662.204,16	2048	37,19	1.156.757,76
2031	23,02	716.014,08	2049	37,91	1.179.152,64
2032	24,76	770.135,04	2050	38,62	1.201.236,48
2033	26,52	824.878,08	2051	39,34	1.223.631,36
2034	27,23	846.961,92	2052	40,06	1.246.026,24
2035	27,93	868.734,72	2053	40,78	1.268.421,12
2036	28,64	890.818,56	2054	41,50	1.290.816,00
2037	29,35	912.902,40	2055	42,23	1.313.521,92
2038	30,06	934.986,24	2056	42,95	1.335.916,80
2039	30,77	957.070,08	2057	43,67	1.358.311,68
2040	31,48	979.153,92	2058	44,40	1.381.017,60
2041	32,20	1.001.548,80	2059	45,13	1.403.723,52
2042	32,91	1.023.632,64	-	-	-

Tabela 41 – Quantitativos para a Alternativa 2 do SES.

Ano	Limpeza (un.)	Ano	Limpeza (un.)
2024	0	2042	1.867
2025	0	2043	1.883
2026	0	2044	1.898
2027	521	2045	1.914
2028	672	2046	1.929
2029	824	2047	1.945
2030	979	2048	1.960
2031	1.225	2049	1.976
2032	1.474	2050	1.991
2033	1.728	2051	2.006
2034	1.744	2052	2.022
2035	1.759	2053	2.038
2036	1.775	2054	2.053
2037	1.790	2055	2.068
2038	1.806	2056	2.084
2039	1.821	2057	2.099
2040	1.837	2058	2.115
2041	1.852	-	-

5.2.2.4 Alternativa Adotada

A alternativa adotada para fins de referencial é a alternativa 2, com limpeza programada, em decorrência da viabilidade econômica apresentada. Isso não limita que o concessionário não possa adotar como solução a alternativa 1, com separador absoluto, mas para fins de viabilidade econômico-financeiro, foi adotada a alternativa 2.

5.3 SISTEMA DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS

Este capítulo apresenta as soluções propostas para a manutenção e melhoria dos serviços relacionados ao manejo dos resíduos sólidos urbanos do município de Arroio dos Ratos.

A concepção de um sistema de gerenciamento de resíduos sólidos, especialmente no que diz respeito à coleta e ao transporte dos materiais, é fortemente influenciada por fatores como densidade populacional, padrões de consumo e infraestrutura existente.

Dessa forma, várias abordagens podem ser consideradas e refinadas durante o processo de planejamento. Embora as propostas possam variar em detalhes técnicos, o objetivo fundamental é o mesmo: garantir a coleta e o tratamento adequados dos resíduos, minimizando impactos ambientais e protegendo a saúde pública.

5.3.1 Concepção do sistema

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

5.3.1.1 Definição de quantidade de resíduo gerado

Em casos em que não é possível realizar levantamentos de campo prévios, para cidades de pequeno e médio porte, pode-se adotar o valor padrão de 500 g/hab.dia. Este valor é considerado compatível com as características de consumo da população brasileira, proporcionando uma estimativa representativa da geração média de resíduos diária por habitante nessas localidades.

Para Arroio dos Ratos considerou-se o valor estipulado no contrato em vigência, de 180 toneladas/mês, e a população atual, obtendo um valor médio para a produção diária de resíduos de 0,42 kg por habitante.

5.3.1.2 Frequência da coleta

A frequência de coleta será mantida conforme a programação atual, ocorrendo cinco vezes por semana, com três itinerários distintos, um para segundas e quintas, outro para terças e sextas e o último, quartas-feiras. Essa frequência estabelecida será preservada para assegurar a continuidade e eficácia do serviço, atendendo às expectativas e necessidades da comunidade.

5.3.1.3 Horários da coleta

Os horários da coleta serão mantidos de acordo com a rotina já estabelecida no município, não havendo a necessidade de realizar alterações nos mesmos. A manutenção dos horários previamente estabelecidos contribui para a estabilidade do sistema de coleta, assegurando a regularidade na remoção dos resíduos e otimizando a organização logística do serviço.

5.3.1.4 Definição de frota

A determinação da quantidade de caminhões necessários para a coleta de resíduos sólidos em uma cidade é um processo que envolve diversos fatores. É essencial avaliar a quantidade total de resíduos gerados diariamente pela população, bem como o tipo de resíduo produzido, os itinerários e as distâncias até a destinação final.

A estimativa da frota de caminhões necessária para o setor de coleta é realizada a partir da seguinte equação:

$$Ns = \left(\frac{1}{J}\right) * \left\{\left(\frac{L}{Vc}\right) + 2 * \left(\frac{Dg}{Vt}\right) + 2 * \left[\left(\frac{Dd}{Vt}\right) * \left(\frac{Q}{C}\right)\right]\right\} \quad (\text{equação 14})$$

Onde:

Ns = número da frota;

J = duração útil da jornada de trabalho, em horas;

L = comprimento total das vias do setor de coleta, em quilômetros;

Dg = distância entre a garagem da empresa e o setor de coleta, em quilômetros;

Dd = distância entre o setor de coleta e a destinação final, em quilômetros;

Vc = velocidade média de coleta, em quilômetros/hora;

Vt = velocidade média dos veículos nos percursos entre a garagem e a destinação final, em quilômetros/hora;

Q = quantidade total de resíduos, em ton;

C = capacidade, em m³;

Atualmente, a frota é composta por dois caminhões compactadores, o que está em conformidade com as necessidades estimadas, visto que os cálculos realizados indicam que a demanda requer aproximadamente 1,7 caminhão compactador, ou seja, na prática, dois caminhões.

A frota atual atende eficientemente o município considerando a quantidade de resíduos gerados e a capacidade dos caminhões compactadores em operação, porém a partir de 2029 será necessário o incremento de mais um caminhão, visto que a quantidade de resíduos geradas será superior a capacidade de carga da frota. Dessa forma, considera-se a necessidade de dois caminhões para início de plano e três para final de plano.

Tabela 42 – Definição da frota.

Item	Unidade	Início de plano	Final de plano
Duração útil da jornada de trabalho	h	8	8
Comprimento total das vias do setor de coleta	km	38,2	38,2
Velocidade média de coleta	km/h	5	5
Distância entre a garagem da empresa e o setor de coleta	km	3	3
Velocidade média dos veículos nos percursos entre a garagem e o setor e entre o setor e o ponto de descarga	km/h	25	25
Distância entre o setor de coleta e o ponto de descarga da coleta	km	35	35
Quantidade total de resíduos sólidos urbanos	m ³	20,6	25,2
Capacidade	m ³	10,5	10,5
Número de caminhões calculado	un	1,7	2,4
Número de caminhões adotado	un	2	3*

*a partir de 2029 a frota deverá ser composta por este valor de caminhões.

5.3.1.5 Implementação de pavilhão operacional

A instauração de um pavilhão operacional destinado ao armazenamento de veículos e equipamentos, bem como área para uso dos trabalhadores, com banheiro e refeitório. A construção dessa estrutura partirá do zero, sendo projetada para atender às exigências em termos de espaço e localização, assegurando plena funcionalidade e adequação às demandas específicas do município.

A área deverá cercada integralmente, incluindo um portão para a entrada de caminhões, e ser provida de iluminação adequada. Além disso, contará com um container que abrigará refeitório e banheiro.

A estrutura planejada não apenas servirá como abrigo seguro para os veículos utilizados na coleta, mas também abrigará um refeitório para os trabalhadores, proporcionando um ambiente propício para refeições e descanso. Além disso, o espaço será destinado ao armazenamento temporário de resíduos, permitindo uma gestão eficiente antes do transporte final para as instalações apropriadas.

5.3.2 Proposição de ação

Após a identificação das oportunidades técnicas e operacionais do sistema, a projeção das demandas e o mapeamento dos desafios futuros, projetou-se a construção de um pavilhão operacional para a otimização do sistema de gerenciamento de resíduos. Tal ação leva ao aumento da confiabilidade e da eficiência do gerenciamento de resíduos sólidos, sendo prevista a sua realização no primeiro ano da modelagem, 2025.

6 ORDEM DE INÍCIO

A Ordem de Início será dividida entre Ordem de Início Provisória e Ordem de Início Definitiva.

A licitante vencedora obterá a Ordem de Início Provisória após o depósito do valor de outorga e a assinatura do Contrato, quando terá início ao período de transição.

O Município fica obrigado a proceder no pagamento da indenização dos ativos não amortizados, calculados conforme o Estudo de Viabilidade, para o atual prestador de serviços.

Transcorrido o período de transição, com o pagamento da indenização e levantamento dos bens afetos, será emitida a Ordem de Início Definitiva.