



Universidade Federal do Rio de Janeiro
Escola Politécnica & Escola de Química
Programa de Engenharia Ambiental

Everaldo Batista de Souza

QUANTIFICAÇÃO DO APORTE DE RESÍDUOS SÓLIDOS EM SISTEMAS DE
ESGOTAMENTO SANITÁRIO BASEADOS EM CAPTAÇÃO EM TEMPO
SECO

Rio de Janeiro

2023



UFRJ

Everaldo Batista de Souza

QUANTIFICAÇÃO DO APORTE DE RESÍDUOS SÓLIDOS EM SISTEMAS DE
ESGOTAMENTO SANITÁRIO BASEADOS EM CAPTAÇÃO EM TEMPO
SECO

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Engenharia Ambiental, Escola Politécnica & Escola de Química, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia Ambiental.

Orientador: Prof. Isaac Volschan Junior, D. Sc

Rio de Janeiro

2023

Souza, Everaldo Batista.

Quantificação do Aporte de Resíduos Sólidos em Sistemas de Esgotamento Sanitário Baseados em Captação em Tempo Seco / Everaldo Batista Souza – Rio de Janeiro - 2023.

104 f.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Rio de Janeiro / Escola Politécnica e Escola de Química, Programa de Engenharia Ambiental, 2023.

Orientador: Prof. Isaac Volschan Júnior, D. Sc.

1. Sistemas de Esgotamento Sanitário. 2. Esgoto Sanitário. 3. Captação em Tempo Seco. 4. Resíduo Sólido Mineral. I. Volschan Jr., Isaac. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Escola Politécnica e Escola de Química. III. Título.



UFRJ

QUANTIFICAÇÃO DO APORTE DE RESÍDUOS SÓLIDOS EM SISTEMAS DE
ESGOTAMENTO SANITÁRIO BASEADOS EM CAPTAÇÃO EM TEMPO
SECO

Everaldo Batista de Souza

Orientador: Prof. Isaac Volschan Junior, DSc.

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Engenharia Ambiental, Escola Politécnica & Escola de Química, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia Ambiental.

Aprovada pela Banca:

Presidente, Prof. Isaac Volschan Junior, DSc, UFRJ (Orientador)

Prof. Afonso Augusto Magalhães de Araújo, DSc, UFRJ

Prof. Jorge Henrique Alves Prodanoff, DSc, UFRJ

Prof. Osvaldo Moura Rezende, DSc, UFRJ

Rio de Janeiro

2023

Dedico aos meus Familiares e Amigos que acreditaram em mim, em especial a minha mãe Damiana pelo apoio incondicional, amor, fé e sabedoria.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, especialmente meus irmãos, pelo apoio ao longo da minha caminhada e por todos os sacrifícios que tiveram que fazer para que eu pudesse chegar até aqui.

A minha esposa e filhas, por noites em claro, pelas palavras de incentivo, pelos conselhos e presença nos momentos de alegria e de tristeza ao longo da minha jornada.

Em especial a minha filha Evelyze, por ser a fonte de minha inspiração e pela compreensão de minha ausência em alguns momentos por dedicação a este trabalho.

Aos profissionais envolvidos no funcionamento da Universidade Federal do Rio de Janeiro pela dedicação e esforço para manter uma das maiores instituições de ensino do país, símbolo de excelência e oportunidade.

Aos professores do Departamento de Recursos Hídricos e Meio Ambiente (DRHIMA), pelos conhecimentos transmitidos.

A empresa para qual trabalhei, por disponibilizar os recursos necessários para elaboração desta pesquisa e incentivo à qualificação profissional.

Ao meu orientador, pela paciência, suporte técnico e disposição para que eu pudesse concluir este trabalho.

Ao meu Tutor, pelas sugestões precisas.

Aos membros da banca examinadora desta dissertação, pelas críticas construtivas.

A todos, sem vocês esta página, e as seguintes, poderiam não ter existido.

*"Se não estivermos dispostos a pagar um preço por nossos valores, se não estivermos dispostos a fazer alguns sacrifícios para realizá-los, então deveríamos nos perguntar se realmente acreditamos neles."
(Barack Obama)*

RESUMO

SOUZA, Everaldo Batista. **Quantificação do aporte de resíduos sólidos em sistemas de esgotamento sanitário baseados em captação em tempo seco.** Rio de Janeiro, 2023. Dissertação (Mestrado) – Programa de Engenharia Ambiental, Escola Politécnica e Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2023.

A interceptação de esgotos sanitários em sistemas de drenagem pluvial em períodos de tempo seco e a sequencial transferência aos elementos de transporte e tratamento perfaz solução de engenharia já praticada no país. Esta pesquisa tem como objetivo quantificar o aporte de resíduos sólidos minerais (RSM) e grosseiros (RSG) nos sistemas de esgotamento sanitário do município de Araruama-RJ. Esta quantificação corresponde a acumulação de resíduos em 29 estações elevatórias de esgotos, observada durante o período compreendido entre agosto de 2021 e junho de 2022. Os resultados indicam que do total de resíduos gerados na bacia ETE Pontes Leites (1.195,90 m³ de RSM e 171,30 m³ de RSG) em todo o horizonte de projeto, o modelo baseado no emprego de captação em tempo seco (CTS) foi responsável pela geração de 81,45% de RSM (974,07m³) e 79,21% de RSG (135,68m³). A maior geração de RSM e RSG pelo modelo baseado no emprego de CTS ocorreu tanto em meses de período seco (Ago/21 e Set/21 e Abr/22 a Jun/22) como em meses de período chuvoso (de Out/21 a Mar/22). No período chuvoso, em função do carreamento de sedimentos pelo sistema de drenagem pluvial urbana, o sistema de CTS esteve sujeito ao aumento de 104% do volume de RSM em relação ao período seco. Estes resultados permitem a geração de indicadores comparativos com base na população contribuinte e na vazão afluente a ambos os modelos, os quais podem servir como parâmetros referenciais, desde que resguardadas as características da bacia de esgotamento estudada. Em relação aos custos operacionais com a gestão de resíduos, observa-se que o modelo baseado no emprego de CTS respondeu por 81% da totalidade das despesas ocorridas no período.

Palavras-chave: Sistemas de Esgotamento Sanitário; Esgoto Sanitário; Captação em Tempo Seco; Resíduo Sólido Mineral.

ABSTRACT

SOUZA, Everaldo Batista. **Quantification of the contribution solid waste in sanitary sewage systems based on sewage intakes in dry weather.** Rio de Janeiro, 2023. Dissertação (Mestrado) – Programa de Engenharia Ambiental, Escola Politécnica e Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2023.

The interception of sanitary sewage in rainwater drainage systems in periods of dry weather and the sequential transfer to transport and treatment elements constitutes an engineering solution already practiced in the country. This research aims to quantify the input of mineral (MSW) and coarse solid waste (CSW) into the sanitary sewage systems of the municipality of Araruama-RJ. This quantification corresponds to the accumulation of waste in 29 sewage pumping stations, observed during the period between August 2021 and June 2022. The results indicate that of the total waste generated in the ETE Pontes Leites basin (1,195.90 m³ of MSW and 171.30 m³ of CSW) throughout the project horizon, the model based on the use of dry-weather sewage intakes (DWSIs) was responsible for generating 81.45% of MSW (974.07m³) and 79.21% of CSW (135.68m³). The greatest generation of MSW and CSW by the model based on the use of DWSI occurred both in dry season months (Aug/21 and Sep/21 and Apr/22 to Jun/22) and in rainy season months (from Oct/21 to Mar/22). In the rainy season, due to the transport of sediment by the urban rainwater drainage system, the DWSI system was subject to a 104% increase in MSW volume generation in relation to the dry season. These results allow the generation of comparative indicators based on the contributing population and the inflow to both models, which can serve as reference parameters, as long as the characteristics of the studied drainage basin are respected. In relation to operational costs with waste management, it is observed that the model based on the use of CTS accounted for 81% of all expenses incurred in the period.

Keywords: Sanitary Sewage Systems; Sanitary Sewage; Dry Weather Sewage Intakes; Mineral Solid Waste.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Conseqüências da urbanização na hidrologia urbana.	22
Figura 2 - Hidrograma e polutograma representativos de um evento chuvoso.	23
Figura 3 - Infraestrutura do sistema de esgotamento combinado.	29
Figura 4 - Infraestrutura do sistema de esgotamento absoluto.	30
Figura 5 – Estrutura de CTS: Condições de funcionamento do modelo “vertedor de descarga livre para estrutura em cota inferior” em períodos de tempo seco e chuvoso com comporta de nível que protege a CTS contra intrusão.	33
Figura 6 – Desenho esquemático ilustrando a condição operacional da CTS em tempo seco e chuvoso.	34
Figura 7 - Erosão por salpico: (A) impacto, (B) desagregação, (C) selamento superficial, (D) escoamento superficial.....	36
Figura 8 – Caixa de sedimentação que precede a estação elevatória de esgoto bruto demonstrando a retenção de sólido mineral.	41
Figura 9 - Manutenção preventiva retirando os resíduos sólidos minerais contidos na caixa de sedimentação da estação elevatória de esgoto bruto, utilizando mangote de sucção do caminhão hidrotrato combinado	41
Figura 10 – Desgastes por abrasão da superfície metálica de componentes internos de equipamentos de bombeamento de esgoto bruto.....	43
Figura 11 - Transporte e acumulação de sólidos em superfícies urbanas.	46
Figura 12 - Mapa das Regiões Hidrográficas do Estado do Rio de Janeiro.	48
Figura 13 - Região hidrográfica Lagos São João e suas bacias hidrográficas.	49
Figura 14 - Bacias de esgotamento e as respectivas infraestrutura dos sistemas de esgotamento sanitário do município de Araruama.	49
Figura 15 - Sistema de esgotamento sanitário Bacia ETE Ponte dos Leites. ..	50
Figura 16 – Delimitação geográfica do sistema de esgotamento sanitário Bacia ETE Ponte dos Leites e suas respectivas sub-bacias.....	51
Figura 17 – Infraestrutura do sistema de esgotamento sanitário existente nas sub-bacias que estão contidas na Bacia ETE Pontes dos Leites.....	51
Figura 18 – Manutenção preventiva da unidade de CTS, realizando a remoção de resíduo sólido mineral contidos no poço de sucção da estação elevatória de esgoto, utilizando mangote de sucção do caminhão hidrotrato combinado.....	52
Figura 19 – Ilustração do painel de gestão mensal dos volumes de esgoto da bacia ETE Ponte dos Leites.	55

Figura 20 - CTS Mataruna com interceptor de efluentes por vertedouro retangular sem contrações. A seta amarela destaca a localização do sensor ultrassônico com a finalidade de monitorar nível, que será utilizado para cálculo das vazões extrasada neste ponto.....	56
Figura 21 – CTS Mataruna com interceptor de efluentes por vertedouro retangular que direciona água residuária para EEEB.	56
Figura 22 - Valor de RSM ($m^3/mês$) e RSG ($m^3/mês$) acumulado durante o período de agosto/2021 a junho/2022, nas 29 estações elevatórias de esgoto bruto que servem aos sistemas SABS e CTS.....	58
Figura 23 - Quantificação mensal de RSM (m^3) e RSG (m^3) retidas nas EEEB que servem especificamente aos sistemas de coleta de esgoto em CTS (A) e SABS (B).....	61
Figura 24 - Precipitação média mensal e temperatura.....	64
Figura 25 - Correlação do volume de acúmulo de resíduos $m^3/mês$ x Q (vazão) nos sistemas de CTS da Bacia ETE Pontes dos Leites. A: resíduo sólido mineral; B: resíduo sólido grosseiro.....	66
Figura 26 - Correlação do volume de acúmulo de resíduos $m^3/mês$ x Q (vazão) nos sistemas de SABS da Bacia ETE Pontes dos Leites. A: resíduo sólido mineral; B: resíduo sólido grosseiro.	67
Figura 27 - Indicadores Específicos ($m^3RSM/1000hab$ e $m^3RSM/1000m^3$ esg) - sistemas CTS e SABS para os períodos seco e chuvoso.....	67
Figura 28 - Indicadores Específicos ($m^3RSG/1000hab$ e $m^3RSG/1000m^3$ esg) - sistemas CTS e SABS para os períodos seco e chuvoso.....	68
Figura 29 - Estrutura da captação de tempo localizada no canal Ari Parreiras.	69
Figura 30 - Custo com a gestão de RSM e RSG, em porcentagem, em relação a tarifa da prestação do serviço.	71
Figura 31 - Vazão do vertedouro do Rio Mataruna calculada através da fórmula de Francis a partir dos dados obtidos pelo monitoramento de nível do canal. .	72
Figura 32 - Relação entre a vazão média mensal, vazão média vertida e vazão média interceptada na CTS Mataruna entre o período de Ago/21 e Jun/22. ...	73
Figura 33 – Estimativa do volume de RSM vertido na CTS Mataruna, obtidos a partir indicador específico de RSM (m^3/m^3 esgoto) correlacionado com a vazão média vertida ao longo do período estudado.	74
Figura 34 – Número de dias chuvosos ocorridos entre o período de Ago/21 e Jun/22.	74

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Carga sólida para diferentes usos do solo urbano.	37
Tabela 2 - Estimativa de material sólido na rede de drenagem de bacias urbanas brasileiras.	38
Tabela 3 - Tensão trativa (Pa) requerida para arraste de partículas minerais.	39
Tabela 4 - Resumo da gestão operacional mensal, com registros das vazões, volumes de esgoto, precipitação acumulada e volumes resíduos (RSM e RSG) - Bacia ETE Ponte dos Leites.	54
Tabela 5 – Resumo da gestão operacional com dados de RSM, RSG, indicadores específicos da Bacia ETE Pontes dos Leites, precipitações, vazões médias por sub-bacias de esgotamento, sistema coletor, área por sub-bacia/sistema coletor, EEEB, população.	59
Tabela 6 – Estatística descritiva dos resultados dos indicadores volume acumulado por habitante contribuinte ($m^3RSM/hab.$) e volume acumulado por volume de esgoto afluente (m^3RSM/m^3) – sistema CTS (período de agosto/21 a junho/22).	62
Tabela 7 – Estatística descritiva dos resultados dos indicadores volume acumulado por habitante contribuinte ($m^3RSG/hab.$) e volume acumulado por volume de esgoto afluente ($m^3RSG/m^3esg.$) – sistema CTS (período de agosto/21 a junho/22).	63
Tabela 8 – Estatística descritiva dos resultados dos indicadores volume acumulado por habitante contribuinte ($m^3RSM/hab.$) e volume acumulado por volume de esgoto afluente (m^3RSM/m^3) – sistema SABS (período de agosto/21 a junho/22).	63
Tabela 9 – Estatística descritiva dos resultados dos indicadores específicos - volume acumulado por habitante contribuinte ($m^3RSG/hab.$) e volume acumulado por volume de esgoto afluente (m^3RSG/m^3) – sistema SABS (período de agosto/21 a junho/22).	63
Tabela 10 - Estatística descritiva dos resultados dos indicadores específicos - volume acumulado por habitante contribuinte ($m^3RSM/1000hab$ e $m^3RSG/1000hab$) e volume acumulado por volume de esgoto afluente ($m^3RSM/1000m^3$ esgoto e $m^3RSG/1000m^3$ esgoto) – sistemas CTS e SABS para os períodos seco e chuvoso.	65

Tabela 11 - Contribuição específica de material mineral às ETE's do município de Niterói.....	69
Tabela 12 – Resumo dos quantitativos de volumes mensais de esgoto (m³), disposição final de resíduos (T), custos (R\$) e representatividade da Gestão Operacional SES baseado na estratégia de CTS e SABS na tarifa residencial de água da Concessionária (%).	70
Tabela 13 - Dados da gestão operacional de RSM e RSG da Bacia ETE Pontes dos Leites.....	89

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 OBJETIVOS	17
2.1 OBJETIVO GERAL	17
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
3 REVISÃO DA LITERATURA	18
3.1 RECURSOS HÍDRICOS E SUSTENTABILIDADE.....	18
3.2 OS RECURSOS HÍDRICOS E A LEGISLAÇÃO	19
3.3 GESTÃO DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS	20
3.4 POLUIÇÃO DIFUSA.....	21
3.4.1 Natureza das Fontes de Poluição	23
3.4.2 Fontes de Poluição	24
3.4.3 As Enxurradas	25
3.5 SISTEMAS DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO	26
3.6 REDES COLETORAS DE ESGOTO.....	27
3.6.1 Sistemas combinados	28
3.6.2 Sistemas separador absolutos	29
3.6.3 Captação em tempo seco	31
3.7 GERAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DE RESÍDUO SÓLIDO MINERAL (RSM) E RESÍDUO SÓLIDO GROSSEIRO (RSG).....	36
3.8 GESTÃO DA OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DE REDES COLETORAS DE ESGOTO.....	43
4 MATERIAIS E MÉTODOS	48
4.1 LOCAL DE ESTUDO E SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO.....	48
4.2 QUANTIFICAÇÃO DO APORTE DE RSM E RSG NAS ESTAÇÕES ELEVATÓRIAS DE ESGOTO BRUTO.....	51
4.3 COLETA DE DADOS PLUVIOMÉTRICOS	53
4.4 TRANSPORTE E DESTINAÇÃO DE RESÍDUOS.....	53
4.5 GESTÃO DA COLETA DE DADOS E INDICADORES	54
4.6 ANÁLISE DA EFICIÊNCIA HIDRÁULICA DE INTERCEPTAÇÃO DE ESGOTO E RETENÇÃO DE SÓLIDOS MINERAIS NA CAPTAÇÃO EM TEMPO SECO (CTS) MATARUNA.....	55
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	58
5.1 QUANTIFICAÇÃO DE RSM E RSG NAS EEEB	58

5.2 IMPACTOS TÉCNICOS E ECONÔMICOS SOBRE A GESTÃO OPERACIONAL DOS RESÍDUOS SÓLIDOS MINERAIS E GROSSEIROS ...	70
5.3 ANÁLISE DA EFICIÊNCIA HIDRÁULICA DE INTERCEPTAÇÃO DE ESGOTO E RETENÇÃO DE RSM DA CAPTAÇÃO TEMPO SECO MATARUNA	72
6 CONCLUSÕES	75
REFERÊNCIAS.....	77
ANEXO A – GESTÃO DE RSM E RSG DA BACIA ETE PONTES DOS LEITES	89

1 INTRODUÇÃO

Ao requerer o estabelecimento de diretrizes para substituição de sistemas unitários por sistemas de esgotamento sanitário do tipo separador absoluto (SABS), a Lei Federal nº.14.026/2020 (BRASIL, 2020) evidencia a proposta de captação de esgotos sanitários em sistemas de drenagem pluvial em períodos de tempo seco, como estratégia de atingimento de metas progressivas de universalização dos serviços de esgotamento sanitário.

Em áreas urbanas formais e dotadas de sistemas de esgotamento sanitário do tipo (SABS), estruturas de captação de esgotos em tempo seco (CTS) já são empregadas no país, no sentido de interceptar deflúvios poluídos por esgotos sanitários e que não deveriam estar presentes no sistema de drenagem pluvial.

Em áreas urbanas informais, ocupadas por aglomerações subnormais e desprovidas de adequada infraestrutura de saneamento, tais como loteamentos irregulares e favelas, a estratégia também encontra aplicabilidade, interceptando os efluentes conduzidos pelos elementos de drenagem pluvial existentes e transferindo-os para o sistema SABS formal.

Diferentemente destas aplicações, o que o novo marco legal agora evidencia, consiste em proposta de emprego da mesma estratégia para a situação de áreas urbanas formais ainda desprovidas de sistema SABS. No caso, as estruturas de CTS teriam o objetivo de interceptar deflúvios poluídos veiculados pelos sistemas de drenagem pluvial e, mediante coletores tronco e interceptores, transportá-los para uma estação de tratamento de esgotos. A estratégia configuraria parte e etapa inicial de um plano de implantação gradual do sistema SABS, que em um primeiro momento contaria com os elementos de transporte e tratamento, para posteriormente contar com a separação da rede coletora. Futuramente, estas mesmas estruturas de CTS serviriam como elementos redundantes de proteção dos corpos d'água, oferecendo maior eficiência ao sistema separador então definitivamente implantado.

Não obstante, e independentemente de qual a oportunidade para a aplicação desta estratégia, há questões técnicas inerentes ao processo de concepção, ao projeto de engenharia, e a sua operação, manutenção e controle que devem ser discutidas e enquadradas na forma de procedimentos e critérios devidamente normatizados. VOLSCHAN (2020) e LOPES et al. (2022) indicam

fatores que merecem reflexão técnica acerca da proposição da estratégia de adoção de estruturas de CTS, e dentre estes destacam a importância da avaliação de impactos sobre a gestão operacional do sistema em relação ao aporte de material mineral pesado e sólidos grosseiros.

Em pontos estratégicos de elementos de drenagem pluvial de microbacias hidrográficas da cidade do Rio de Janeiro, a retenção semanal de sólidos grosseiros em caixas de contenção e de gradeamento alcança volumes compreendidos entre 10 e 50 m³ (COPPETEC, 2018).

É fundamental que as estruturas de CTS sejam providas por dispositivos de gradeamento que impeçam a entrada de resíduos sólidos urbanos (RSU) no sistema de esgotamento sanitário (SES) e evitem a colmatação e o entupimento de tubulações e sistemas de bombeamento. Ao conferir perda localizada de carga hidráulica, o impedimento do escoamento através das grades pode promover a elevação do tirante hidráulico a montante, podendo resultar no extravasamento de águas residuárias e na menor eficiência da unidade de CTS.

Por outro lado, instalações de bombeamento que servem para a interligação entre a unidade de CTS e o SES deverão contar com equipamentos cuja especificação técnica garanta a passagem de sólidos de maior dimensão ou que sejam dotados de dispositivo próprio de trituração (ALÉM SOBRINHO E TSUTIYA, 1999). Para evitar a acumulação de RSU nos dispositivos de gradeamento, serviços regulares de limpeza e manutenção destas unidades deverão ser assegurados.

Por sua vez, o material mineral com granulometria média compreendida na faixa entre 0,1 e 0,4 mm de diâmetro, é capaz de sedimentar e depositar-se indevidamente nos elementos de coleta, transporte e tratamento do sistema separador de esgotamento sanitário. É também responsável por promover severos efeitos abrasivos em equipamentos de bombeamento. A presença de sólidos minerais é devida ao recebimento de águas de lavagem de áreas externas, de contribuições parasitárias de instalações prediais, e do aporte regular de águas de infiltração provenientes do lençol freático (VON SPERLING, 2015).

Enquanto a contribuição específica de sólidos minerais ao sistema separador é compreendida entre 0,004 e 0,037 m³areia/1000m³ de esgoto, a contribuição ao sistema unitário alcança valores entre 0,004 e 0,18 m³areia/1000m³ de esgoto (WATER ENVIRONMENT FEDERATION, 1998). A

maior quantidade de material mineral veiculada pelo sistema unitário é devida ao recebimento da carga de matéria sólida decorrente da lavagem dos logradouros de ambientes públicos e dos telhados e áreas externas das áreas privadas. Em pontos estratégicos de elementos de drenagem pluvial de microbacias hidrográficas da cidade do Rio de Janeiro, após eventos chuvosos, a retenção de sólidos minerais em cada caixa de sedimentação alcança volumes de até 2,0 m³ (COPPETEC, 2018).

A estratégia de implantação de unidades de CTS conviverá não somente com a interceptação de esgotos sanitários veiculados em tempo seco, como também, em períodos chuvosos, a partir da contribuição de águas residuárias resultantes da mistura entre estes e as águas pluviais.

Para evitar a sedimentação e deposição de grandes quantidades de material mineral e a necessidade de realização de frequentes serviços de limpeza e desobstrução dos coletores de esgotos, é fundamental que as unidades de CTS sejam também dotadas de dispositivos de retenção de matéria sólida mineral (ASHLEY et al., 2000). Observa-se que o critério de autolimpeza destes coletores responde somente ao arraste de sólidos em suspensão presentes nos esgotos sanitários e pela imposição de tensão trativa de 1,0 Pascal (Pa), valor este muito inferior àqueles requeridos para o arraste de sólidos minerais e mais pesados (MERRITT E ENFINGER, 2019).

A acumulação de material mineral nos poços de estações elevatórias de esgotos pode até inviabilizar, por aterramento, o funcionamento do dispositivo de sucção dos equipamentos de bombeamento. A acumulação e até mesmo o entupimento podem também ocorrer na própria voluta da bomba ou em pontos específicos das tubulações de sucção e de recalque, conferindo perda de carga ao escoamento e menor eficiência energética. O projeto geométrico dos poços de sucção pode ser otimizado para evitar a deposição e o acúmulo de sólidos minerais (LI et al., 2019). TSUTYA (2005) sugere medidas para evitar a acumulação de material mineral em poços de sucção de estações elevatórias, tais como: a instalação de unidades de pré-sedimentação; sistemas de mistura e agitação do próprio poço de sucção; e alterações do formato geométrico para inclinações de 60°.

Custos de operação e manutenção das instalações de gradeamento e de retenção de matéria sólida mineral, custos de manutenção preventiva, preditiva e corretiva das unidades do sistema separador absoluto (SABS), bem como

custos de depreciação devida ao comprometimento da vida útil dos ativos que pertencem à base regulatória da prestação dos serviços de esgotamento sanitário, deverão ser contratualmente contabilizados por ocasião da adoção da estratégia de implantação de unidades de CTS (CARDOSO et al., 2004).

Nesse contexto, o trabalho aqui apresentado, tem como objetivo específico quantificar o aporte de resíduos sólidos minerais e grosseiros, observada durante o período compreendido entre agosto de 2021 e junho de 2022, em 29 estações elevatórias de sistemas de esgotamento sanitário do município de Araruama, baseados tanto no modelo CTS como SABS. Complementarmente, o trabalho estima o custo financeiro relacionado a gestão dos resíduos devida a ambos os modelos de esgotamento sanitário.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Quantificar o aporte de resíduos sólidos em sistemas de esgotamento sanitário baseados em captação em tempo seco.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Quantificar o aporte de resíduos sólidos minerais (RSM) e grosseiros (RSG) em estações elevatórias de esgoto bruto que servem aos sistemas de coleta de esgoto em tempo seco e separador absoluto;
- Desenvolver indicadores específicos de RSM e RSG correlacionando com a população atendida e vazão afluyente em períodos de tempo seco e chuvoso nas estações elevatórias de esgoto bruto que servem aos sistemas de coleta de esgoto em tempo seco e separador absoluto;
- Avaliar os impactos técnicos e econômicos sobre a gestão operacional dos sistemas de esgotamento sanitário em função do aporte de resíduos sólidos mineral e grosseiros;
- Analisar a eficiência hidráulica de interceptação de esgoto e retenção de sólidos minerais da CTS Mataruna;

3 REVISÃO DA LITERATURA

Neste capítulo será apresentada a revisão da literatura dos conceitos principais que envolvem o presente estudo, de forma a fundamentar teoricamente a elaboração dele.

3.1 RECURSOS HÍDRICOS E SUSTENTABILIDADE

A concepção mais atual dos sistemas hídricos urbanos, ao menos em alguns países centrais, preconiza a preservação, sempre que possível, e a recuperação, sempre que necessária, do ciclo hidrológico natural, a sustentabilidade das soluções ao longo do tempo, inserindo o conceito de resiliência no processo de tomada de decisões acerca do planejamento das infraestruturas urbanas, inserção de estruturas adaptativas e multifuncionais na paisagem urbana e, por fim, um desenho da cidade sensível à água.

Portanto, há uma forte tendência na integração entre as diversas disciplinas que abordam a gestão das cidades, com foco na Engenharia Hidráulica e Hidrológica e na Arquitetura e Urbanismo, agregando as ciências sociais e econômicas, biologia e outras.

O desenvolvimento do tratamento dado às águas pluviais no meio urbano possui uma forte ligação com o crescimento e ampla divulgação dos conceitos de sustentabilidade, que se popularizam a partir da década de 1970.

O rápido crescimento demográfico, o progresso industrial, a escassez de água e suas crescentes demandas, representam uma grande ameaça para as gerações futuras. Além disso, a escassez de água também tem um impacto vital no setor agrícola em todo o mundo (TSANGAS et al., 2020; ECONOMIDOU et al., 2021).

Apesar da vasta literatura, o problema da gestão da qualidade dos recursos hídricos para o desenvolvimento sustentável é pouco estudado e ainda não está resolvido, devido a uma série de lacunas de pesquisa. Uma dessas lacunas é a falta de elaboração da teoria e metodologia de mensuração da qualidade dos recursos hídricos para o desenvolvimento sustentável e a falta de uma visão consistente da qualidade. Outra lacuna é a incerteza das perspectivas da gestão não financeira da qualidade dos recursos hídricos para o desenvolvimento sustentável, visto que a maioria dos estudos reconhece as

limitações das medidas de gestão financeira e a necessidade da busca de uma alternativa a elas.

O desenvolvimento urbano necessita de água para abastecimento da população (abastecimento), de esgotamento da água utilizada, tratamento e disposição na natureza (esgotamento sanitário), da drenagem da água de chuva que precipita sobre a cidade e seu controle de quantidade e qualidade (drenagem urbana), gestão dos sólidos, resultado dos sedimentos erodidos pela chuva e os resíduos produzidos pela população (resíduos sólidos).

3.2 OS RECURSOS HÍDRICOS E A LEGISLAÇÃO

No Brasil, a legislação primária sobre gestão de recursos hídricos é chamada de Lei das Águas, Lei nº 9.433 de 1997 (BRASIL, 1997), que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) e criou o Sistema Nacional de Gestão de Recursos Hídricos (Singreh). De acordo com essa lei, os princípios centrais da Política Nacional de Recursos Hídricos são que a água é um bem público e um recurso natural finito com valor econômico; a gestão da água deve permitir usos múltiplos da água, ser descentralizada e incluir a participação do governo, usuários e comunidades; em caso de falta de água, a água deve ser utilizada para consumo humano e do gado; e Singreh e a PNRH têm jurisdição sobre as bacias hidrográficas. A PNRH contempla os seguintes instrumentos: planos de recursos hídricos; classificação de corpos d'água com base em seu uso primário de água; concessão de direitos de uso da água; cobrança pelo uso dos recursos hídricos; e sistemas de informação sobre recursos hídricos.

Em 17 de julho de 2000, a Lei nº 9.984 criou a Agência Nacional de Águas (ANA), órgão federal responsável pela implementação da PNRH do Sistema Nacional de Gestão de Recursos Hídricos (BRASIL, 2000). A ANA está estruturada de forma a fortalecer os aspectos técnicos da gestão da água.

No estado do Rio de Janeiro, a Política Estadual de Recursos Hídricos foi instituída pela Lei Estadual nº 3.239/99 (RIO DE JANEIRO, 1999), que também criou o Sistema Estadual de Gestão de Recursos Hídricos seguindo as disposições da lei federal. O objetivo dessa política é encontrar um equilíbrio entre os usos múltiplos e competitivos da água para integrar os esforços regionais de proteção, conservação e recuperação de corpos d'água e promover a limpeza de corpos d'água e aquíferos.

No Brasil, os comitês de bacia são organizações criadas para desempenhar um papel significativo no processo de planejamento e gestão dos recursos hídricos. A Lei Federal nº 9.433/97, artigo 37 especifica as funções dos comitês de bacias hidrográficas em relação às bacias, sub-bacias e grupos de bacias contíguas e sub-bacias contíguas (BRASIL, 1997). Esta lei também trata das funções dos comitês (artigo 38). Entre as funções, destacam-se a promoção de debates sobre recursos hídricos, a arbitragem inicial de conflitos relacionados a recursos hídricos e a aprovação de planos de recursos hídricos. A lei também determina que o Plano Estadual de Recursos Hídricos considere as propostas dos comitês de bacia (Art. 8º, parágrafo único). Os órgãos de gestão da água (artigo 44, X), que atuam como secretarias executivas dos comitês de bacia (artigo 41), são responsáveis pela elaboração dos planos de recursos hídricos. A Resolução nº 05/2002, artigo 1º, § 1º, do Conselho Estadual de Recursos Hídricos do Rio de Janeiro (CERHI) determina que os comitês de bacia tenham funções normativas, deliberativas e consultivas (RIO DE JANEIRO, 2002).

3.3 GESTÃO DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS

Uma bacia hidrográfica é uma área topograficamente delimitada, drenada por um sistema de córregos – é a área total acima de algum ponto em um córrego ou rio que drena além desse ponto. Uma bacia hidrográfica também é uma unidade de resposta hidrológica, uma unidade biofísica e um ecossistema holístico em termos de materiais, energia e informações que fluem através dela (WANG et al., 2016). Portanto, além de ser uma unidade útil para análises físicas, também pode ser uma unidade sócio-política adequada para o planejamento e implementação da gestão.

Com a evolução das civilizações, estas começaram a adaptar os corpos hídricos para as suas necessidades e a ocupar o solo sem uma preocupação específica com as consequências indiretas oriundas de suas ações no meio ambiente. Este processo gerou mudanças que, muitas vezes, resultaram em algumas melhorias de imediato para as comunidades de entorno, porém prejuízos em longo prazo ou para a bacia hidrográfica como um todo. Hoje em dia, as consequências desta forma de ocupação e uso dos corpos hídricos vêm à tona na forma de inundações, deslizamentos de encostas, poluição dos corpos hídricos, desequilíbrio morfológico e dos ecossistemas como um todo.

A gestão de bacias hidrográficas é o processo de organizar e orientar a terra, a água e outros recursos naturais usados em uma bacia hidrográfica para fornecer os bens e serviços apropriados, ao mesmo tempo em que mitiga o impacto sobre o solo e os recursos da bacia. Envolve inter-relações socioeconômicas, humano-institucionais e biofísicas entre solo, água e uso da terra e a conexão entre as áreas de terra firme e a jusante (FFOLLIOTT et al. 2002). Em essência, é a gestão de recursos com a bacia hidrográfica como unidade básica de organização.

A gestão integrada de bacias hidrográficas baseia-se nos princípios fundamentais para integrar várias dimensões sociais, técnicas e institucionais, bem como objetivos de conservação, sociais e econômicos (GERMAN et al. 2007). Essa integração gera um processo de planejamento de gestão multi-recurso adaptável, abrangente e integrado que busca equilibrar condições ecológicas, econômicas e culturais/sociais saudáveis dentro de uma bacia hidrográfica.

A abordagem de gestão integrada de bacias hidrográficas exemplifica a importância de observar os múltiplos usos dos recursos das bacias hidrográficas, em vez de simplesmente a hidrologia. Ele tenta equilibrar as necessidades humanas e ambientais, ao mesmo tempo em que protege os serviços ecossistêmicos e a biodiversidade (BAKKER, 2012). A gestão de bacias hidrográficas dessa forma, permite que as necessidades da sociedade e do meio ambiente sejam consideradas, mesmo com pressões populacionais crescentes e demanda por maior produtividade e usos múltiplos de florestas e paisagens degradadas.

Por meio do monitoramento e pesquisa sobre interações e processos ecológicos e socioeconômicos, o gerenciamento integrado de bacias hidrográficas pode permanecer adaptável e ajudar a desenvolver estratégias para sustentar a composição, estrutura e função do ecossistema por meio de políticas, protocolos e práticas baseadas em pesquisas sólidas.

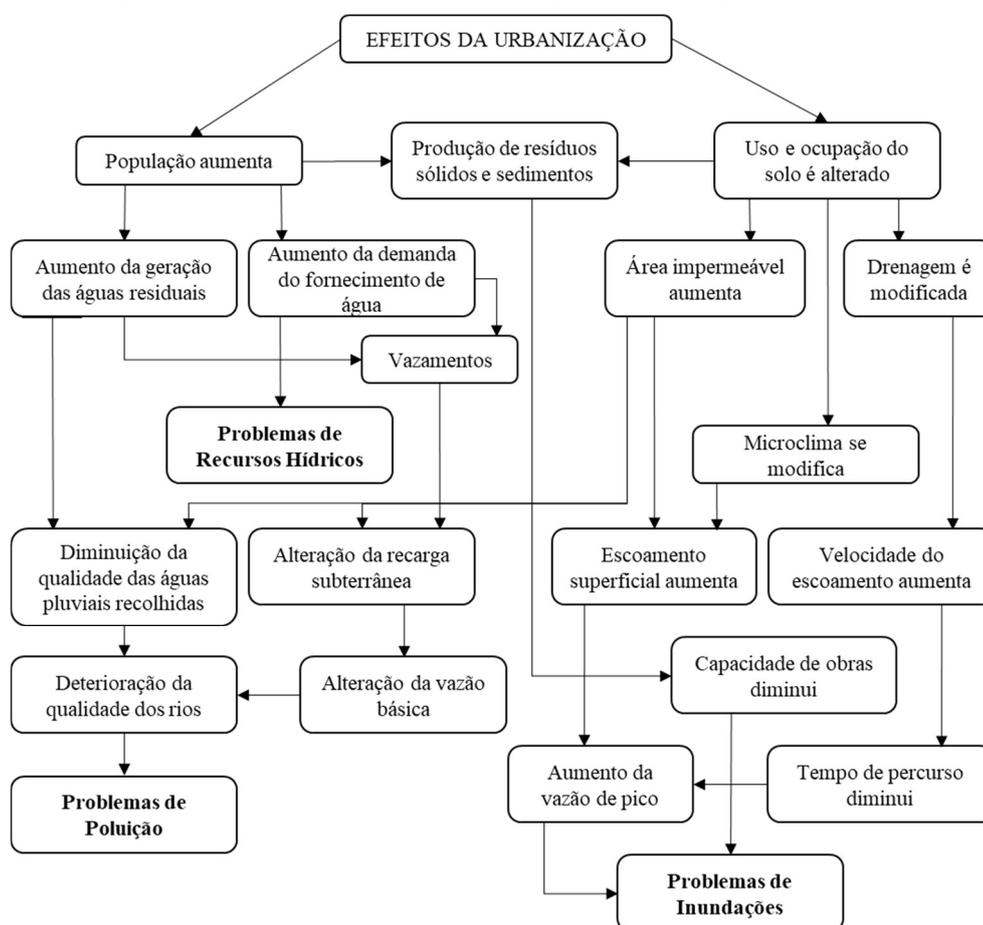
3.4 POLUIÇÃO DIFUSA

Os processos de urbanização interferem significativamente no comportamento hidrológico de uma bacia na medida em que modificam cursos d'água e impermeabilizam superfícies. Ocorre a redução da interceptação, do armazenamento e

da infiltração e um aumento da erosão e das inundações urbanas (BAPTISTA; NASCIMENTO; BARRAUD, 2005). Em ambientes ultra urbanizados os efeitos são ainda mais severos e críticos e podem levar a grandes perdas materiais e sociais (MIGUEZ; MASCARENHAS; MAGALHÃES, 2005).

Nesse contexto, onde a drenagem de áreas urbanas está desempenhando um papel cada vez mais relevante na formação da estrutura de custos das obras de infraestrutura, para que se realize um bom planejamento e se façam investimentos inteligentes, é extremamente necessário o entendimento das influências da urbanização na hidrologia urbana. A Figura 1 elenca diversos efeitos produzidos pela urbanização, indicando problemas de recursos hídricos, problemas de poluição e problemas de inundações.

Figura 1 - Conseqüências da urbanização na hidrologia urbana.

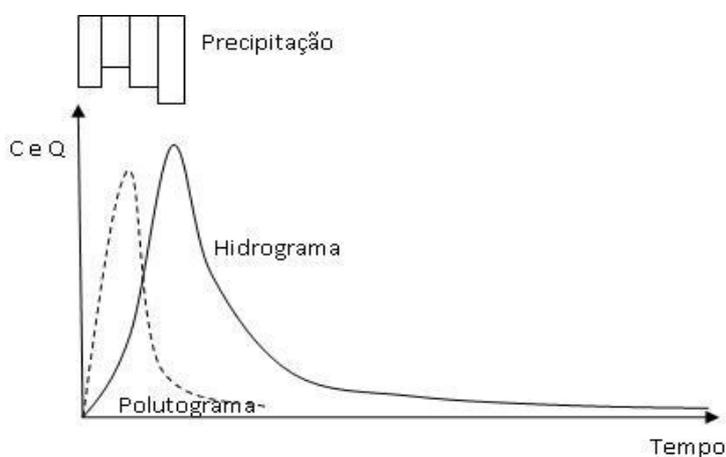


Fonte: Adaptado de São Paulo (2012).

Por estar relacionada a eventos hidrológicos, a poluição por cargas difusas é um fenômeno difícil de mapear, sendo que as concentrações de poluentes variam ao longo do tempo. Grande parte dos estudos voltados para esse problema avalia o impacto do lançamento das águas pluviais no corpo

receptor e tenta prever a distribuição temporal dos poluentes, conforme ilustrado na Figura 2, incluindo a discussão do fenômeno first-flush – também denominado carga de lavagem – que seria a remoção inicial do material acumulado entre os eventos chuvosos e apresenta pico de concentração anterior ao pico das vazões (SÃO PAULO, 2012). Em sistemas unitários, esse fenômeno é mais frequente em bacias com tempos de concentração mais curtos (SZTRUHÁR et al., 2002). O aumento de vazão que ocorre nos sistemas unitários provoca a suspensão dos sedimentos depositados na tubulação durante o período seco, caracterizando a carga de lavagem.

Figura 2 - Hidrograma e polutograma representativos de um evento chuvoso.



Fonte: Radesca (2018).

Para controlar a poluição difusa, foi necessária a adoção de uma nova abordagem do sistema de drenagem urbano. Desta maneira, os preceitos higienistas que recomendavam a rápida captação e evacuação das águas pluviais estão sendo complementados com alternativas que buscam neutralizar os efeitos da urbanização sobre os processos hidrológicos, bem como promover uma maior interação entre a gestão das águas pluviais e o planejamento urbano (BAPTISTA; NASCIMENTO; BARRAUD, 2005).

3.4.1 Natureza das Fontes de Poluição

De forma genérica, a poluição das águas decorre da adição de substâncias ou de formas de energia que, diretamente ou indiretamente, alterem as características físicas e químicas do corpo d'água de uma maneira tal, que prejudique a utilização das suas águas para usos benéficos. Torna-se importante

ressaltar a existência de duas formas distintas, pelas quais as águas poluídas atingem um determinado corpo receptor: (a) fontes pontuais e (b) fontes não-pontuais ou fontes difusas.

A primeira, denominada fonte ou poluição pontual, refere-se, como o próprio nome esclarece, à poluição decorrente de ações modificadoras localizadas. É o caso, por exemplo, da desembocadura de um rio, de efluentes de uma estação de tratamento de esgotos domésticos ou industriais, ou mesmo, a saída de um tronco coletor de esgotos domésticos sem tratamento, ou ainda a saída no mar de um emissário submarino.

A segunda, denominada poluição difusa, se dá pela ação das águas da chuva ao lavarem e transportarem a poluição nas suas diversas formas espalhadas sobre a superfície do terreno (urbano ou rural) para os corpos receptores. A poluição difusa alcança os rios, lagoas, baías etc., distribuída ao longo das margens, não se concentrando em um único local como é o caso da poluição pontual.

3.4.2 Fontes de Poluição

O entendimento das fontes potenciais de poluentes é de fundamental importância quando se estuda os impactos do lançamento dos escoamentos. A acumulação de vários poluentes dentro da área da bacia pode ser atribuída a diversas fontes e os efeitos individuais são de difícil separação.

As principais fontes poluidoras são, SARTOR e BOYD (1972):

- 1) Pavimento das ruas: Os componentes oriundos da degradação da superfície de rolamento podem fazer parte da carga da ESMU. O material agregado é o maior contribuinte e quantidades adicionais provem dos enchimentos e de qualquer substância aplicada na superfície. A quantidade de poluentes dependerá da idade e tipo de superfície, do clima e da quantidade e tipo de tráfego.
- 2) Motores dos Veículos: Os veículos podem contribuir com uma larga variedade de materiais no ESMU. O lançamento ou derramamento de combustíveis e lubrificantes, partículas advindas dos pneus ou fluidos de freio, emissões de exaustão capturadas, produtos da corrosão e partes quebradas que despencam da lataria, tudo isso vem a compor lançamentos sobre o pavimento.

- 3) Vegetação: Folhas, grama, galhos e outros tipos de plantas que caem ou são depositados na área urbana podem ser parte do problema. As quantidades irão depender da localização geográfica, estação, práticas paisagísticas e de disposição.
- 4) Superfície do solo: O tipo de cobertura encontrada na bacia de drenagem e os volumes de tráfego e de pedestres são função do uso do solo.
- 5) Lixo: O lixo domiciliar, especialmente quando não degradável, apresenta formas e volumes variáveis em sua composição. Muitas vezes, ao seguir o escoamento, colidem e aglutinam-se, formando blocos maiores e mais pesados, que tendem a se depositar no leito, agravando a propensão para o assoreamento.
- 6) Derramamentos: Este óbvio poluente superficial pode incluir quase todas as substâncias jogadas nas ruas das cidades. Sujeira, areia, entulho e cascas são os exemplos mais comuns.
- 7) Locais de construção: A erosão do solo proveniente de áreas em construção e a produção crescente do escoamento das águas superficiais causam sérios problemas econômicos, sociais e ambientais. Esses problemas podem ser resultado de uma série de atividades de desenvolvimento urbanístico como loteamentos, construções individuais de habitação, grandes projetos tais como distritos industriais, centros de lazer e compras, rodovias e prédios.

Principalmente durante períodos chuvosos, resíduos sólidos urbanos (RSU) contendo papeis, objetos plásticos e metálicos, materiais têxteis e vegetais são carregados por elementos do sistema de drenagem urbana (ARMITAGE and ROOSEBOOM, 1999; MARAIS and ARMITAGE, 2004).

3.4.3 As Enxurradas

O escoamento urbano e o carregamento de poluentes aumentam de forma permanente com o desenvolvimento da cidade e se mantém num patamar elevado durante toda a vida útil do empreendimento. Isso acontece em razão das superfícies impermeáveis como: ruas, calçadas, passeios públicos, ciclovias, estradas, telhados, quadras esportivas etc., permanentemente reduzem a infiltração das chuvas e do escoamento para o subsolo.

Taxas aceleradas de escoamento superficial também ocorrem em função da urbanização e podem aumentar de forma significativa a habilidade das águas

destacarem os sedimentos e poluentes associados a ele, carregando-os para fora do seu meio e vindo depositá-los mais a jusante. Taxas altas de escoamento também podem causar erosão dos canais e de suas margens.

3.5 SISTEMAS DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO

Os sistemas de esgotamento sanitário (SES) são o conjunto de atividades, serviços e infraestruturas responsáveis pela coleta, transporte, tratamento e disposição final de efluentes sanitários. Os efluentes são caracterizados pela presença de elevadas concentrações de poluentes e de potenciais organismos patogênicos. Desta forma, a principal função dos SES é de isolar e afastar os efluentes, promovendo também o seu tratamento para posterior disposição em um corpo receptor.

A implantação do sistema SABS no Brasil tem origem na história e esta serve para afirmar que o modelo é decorrente da compreensão da influência dos regimes de chuvas que caracterizam e distinguem os climas temperado e tropical e da otimização do funcionamento hidráulico-sanitário dos coletores de esgotos.

Atualmente somente 55,8% dos domicílios urbanos brasileiros sejam servidos por coletores de esgotos (SNIS, 2021), cabe ressaltar que os demais, embora façam uso do sistema de drenagem pluvial urbana para a coleta e o afastamento dos esgotos sanitários, não dispõem de um sistema unitário de esgotamento sanitário. Na prática, embora o uso de galerias de águas pluviais seja coloquialmente compreendido como um sistema misto, o mesmo não perfaz um sistema unitário de esgotamento sanitário, concebido e projetado para esta finalidade. O fato de elementos dos sistemas de microdrenagem pluvial ou mesmo de meso e macrodrenagem também escoarem esgotos sanitários, não significa que os mesmos tenham sido convertidos em elementos de sistemas unitários de esgotamento sanitário.

Sistemas unitários de esgotamento sanitário são concebidos e projetados para coletar, transportar e tratar 100% dos esgotos sanitários e uma parcela das águas pluviais urbanas. Dependendo do critério adotado, esta última pode alcançar valor da ordem de 2 até 5 vezes a vazão de esgotos sanitários. Para eventos pluviométricos que resultem vazões superiores a estas, sistemas unitários contam com dispositivos de extravasamento estrategicamente localizados (MAILHOT, TALBOT and LAVALLÉE, 2015).

3.6 REDES COLETORAS DE ESGOTO

Redes de distribuição de água potável e redes de coleta de águas residuais são os componentes essenciais da cadeia de valor da água urbana, que geralmente engloba a captação e tratamento de água bruta, distribuição e consumo de água potável, coleta e tratamento de águas residuais e descarte ou reutilização do efluente ou lodo final (ATKINSON et al., 2014). As redes de distribuição de água são definidas como as redes empregadas para entregar a água potável das estações de tratamento para vários consumidores residenciais e empresariais, enquanto as redes de coleta de esgoto, são as redes usadas para coletar águas residuais (esgotos residenciais e industriais, águas pluviais etc.).

Os componentes típicos que compõem uma rede de distribuição de água incluem tubos, válvulas, reservatórios/tanques e estações de bombeamento de água limpa; enquanto os principais componentes que constituem as redes coletoras de esgoto incluem: esgotos, bueiros e estações de bombeamento de esgoto (ZHAO; BEACH; REZGUI, 2016). Devido às funções distintas destas redes, seus componentes e funcionalidades dentro das redes de água são diferentes, assim como seus comportamentos hidráulicos internos. A complexidade final é que, embora a rede de distribuição de água e rede coletora de esgoto sejam parte da infraestrutura essencial para um ambiente urbano, muitas vezes são operados por diferentes concessionárias de água ou autoridades locais.

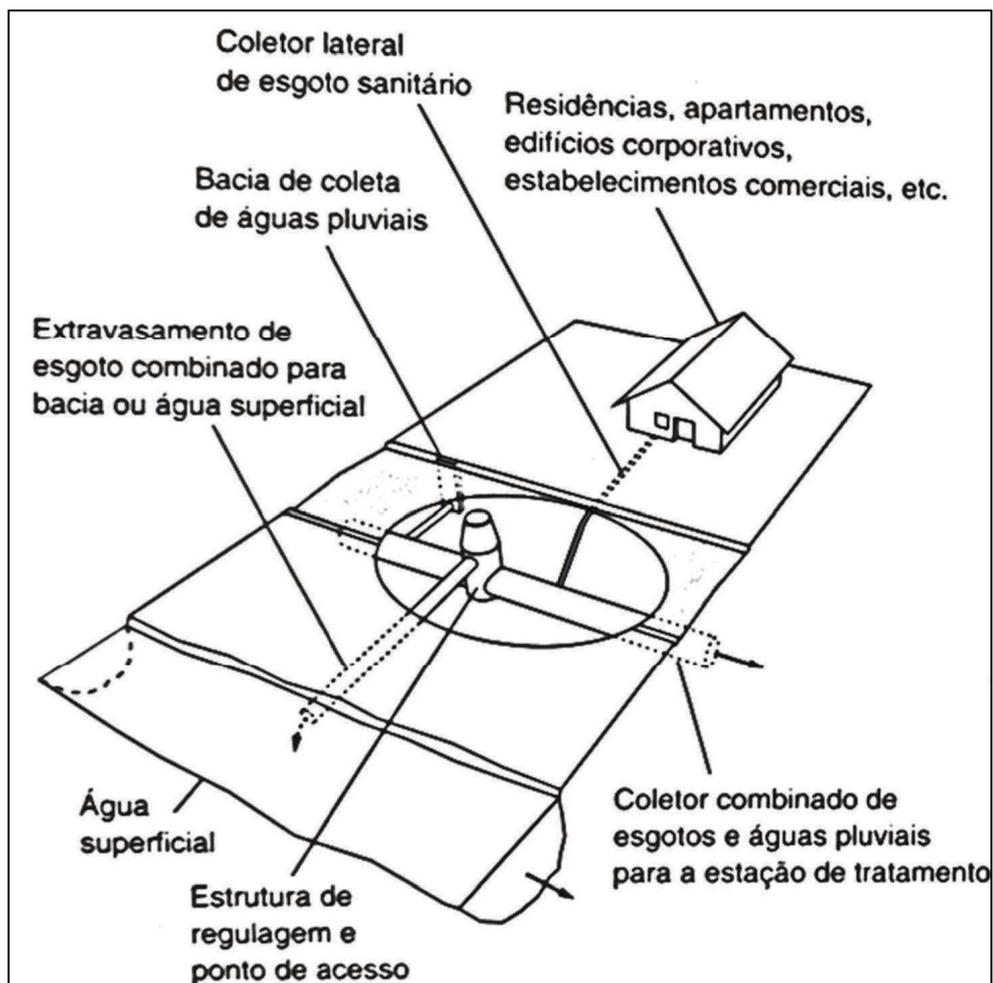
As redes coletoras de esgoto referem-se à infraestrutura hídrica usada para coletar e transportar águas residuais dos consumidores e/ou escoamentos superficiais para as ETEs. Como resultado, as águas residuais podem ser tratadas nas ETEs em vez de serem descarregadas diretamente, para proteger o meio ambiente e prevenir surtos de doenças (ALVISI; FRANCHINI, 2014). De acordo com os diferentes tipos de águas residuais (esgotos e/ou águas pluviais) recolhidos nas redes coletoras de esgotos, existem geralmente dois tipos de redes, ou seja, sistemas de esgotos combinados e sistemas de esgotos separados, denominado absoluto. Além destes sistemas, pode-se dispor do sistema de esgoto misto modificado, onde águas de outras naturezas, como por exemplo, telhados, terrenos etc., são direcionadas para as redes de esgoto (TSUTIYA; ALÉM SOBRINHO, 2011).

3.6.1 Sistemas combinados

Os sistemas combinados de esgoto (Figura 3), comuns em antigos sistemas de esgoto urbano, são dotados para transportar tanto águas pluviais, quanto esgoto no mesmo sistema (ZHAO; BEACH; REZGUI, 2016). Como os volumes de águas pluviais são difíceis de prever e podem atingir grandes quantidades em um curto período, o fenômeno de extravasamentos é razoavelmente comum, resultando em grave contaminação do meio ambiente. Estes sistemas foram adotados em locais que apresentam baixa pluviosidade, como por exemplo, nos países da Europa e América do Norte (VOLSCHAN et al., 2009). Além disso, o sistema combinado possui uma regulação de extravasamento de vazão, objetivando despejar diretamente no corpo receptor a água pluvial e de esgoto, quando o volume ultrapassar a capacidade do sistema (USEPA, 2004). Desta forma, com a ocorrência de chuva com grandes volumes, onde a capacidade de escoamento da rede coletora é menor do que o volume pluvial, o excesso é jogado diretamente no corpo receptor. De acordo com BENETTI (2011), os sistemas combinados despejam grande parte de seu escoamento diretamente nos corpos receptores, através da regulação de extravasamento de vazão, ocasionando expressivos níveis de poluição.

Alguns pontos devem ser destacados em relação aos sistemas combinados. O quantitativo de contaminantes lançados em corpos receptores pelos sistemas combinados é provável ser, em determinadas situações, menor que a quantidade advinda de sistemas absolutos, visto que as águas pluviais destes sistemas não recebem algum tratamento (DE TOFFOL; ENGELHARD; RAUCH, 2007). Além disso, as ETEs para estes sistemas são, em geral mais robustas quando comparada às ETEs para sistemas absolutos, por apresentar maior vazão e, conseqüentemente menor capacidade para remover poluentes ocasionada pela diluição do esgoto nas águas pluviais (VOLSCHAN et al., 2009).

Figura 3 - Infraestrutura do sistema de esgotamento combinado.

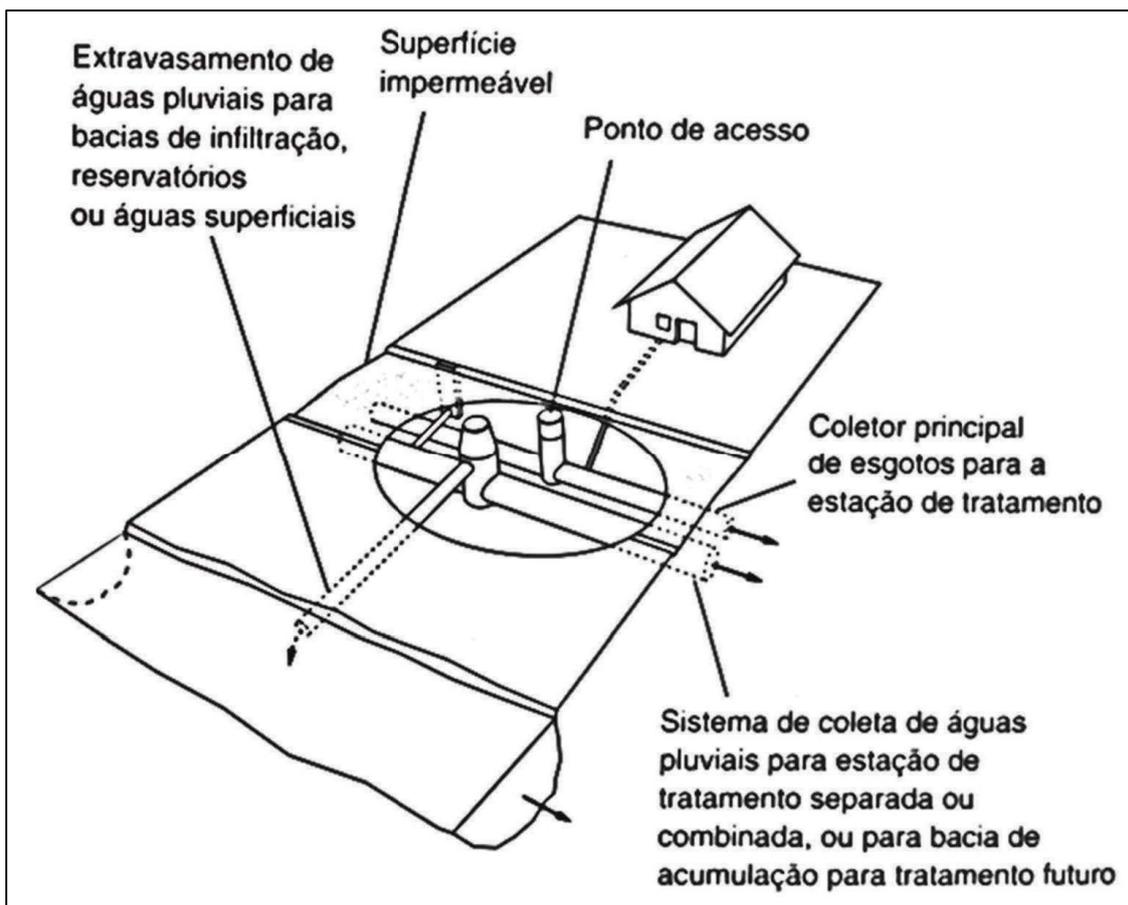


Fonte: Metcalf & Eddy (2016).

3.6.2 Sistemas separador absolutos

Os sistemas modernos de coleta de águas residuais são frequentemente compostos por sistemas de esgoto sanitário e sistemas de águas pluviais, que transportam o esgoto separado das águas pluviais (Figura 4) (COELHO; ANDRADE-CAMPOS, 2014). Por outro lado, os sistemas de esgoto sanitário são usados apenas para transportar esgoto de propriedades domésticas e águas residuais de empresas para ETEs.

Figura 4 - Infraestrutura do sistema de esgotamento absoluto.



Fonte: Metcalf & Eddy (2016).

Os sistemas de drenagem são usados para coletar e transportar águas pluviais que fluem através de superfícies, como calhas, ruas e trilhas. As águas pluviais são então direcionadas para cursos d'água com pouco ou nenhum tratamento (algumas legislações podem exigir um certo nível de tratamento de águas pluviais). Este sistema é benéfico para as regiões com maiores índices pluviométricos no verão e clima seco no inverno, visto que, não há necessidade de grandes diâmetros nas tubulações para drenar a vazão no verão por ficar ociosa no inverno (VOLCHAN et al., 2009). No Brasil, devido às ligações irregulares nas redes de drenagem, o sistema SABS, geralmente, não funcionam completamente separado (DIOGO et al., 2018).

No panorama ideal, proposto por RADESCA (2018), o sistema absoluto deveria ser implantado em todo o Brasil. Entretanto, na realidade, o referido sistema encontra-se saturado e ineficaz, devido a falhas e irregularidades. Neste sentido, é fundamental uma solução que distribua os efluentes de forma correta ao seu destino, protegendo os corpos hídricos. O Plano Estratégico de Desenvolvimento Urbano Integrado da Região Metropolitana do Rio de Janeiro,

recomenda o estabelecimento de redes de CTS, como uma saída para a transição para um sistema de SABS (QUANTA-LERNER, 2017).

3.6.3 Captação em tempo seco

A captação em tempo seco (CTS) tem como finalidade evitar o lançamento de águas residuárias nos corpos d'água, sem tratamento prévio, visando a melhoria da qualidade ambiental das bacias hidrográficas. A CTS objetiva interceptar em períodos de tempo seco, águas residuárias veiculadas pelo sistema de drenagem pluvial urbana.

De acordo com GONTIJO (2021), a Lagoa de Araruama, localizada no estado do Rio de Janeiro, sofreu durante muitos anos com a poluição das suas águas. Entretanto, nos últimos dois anos a poluição neste ambiente melhorou significativamente devido a associação de diversos fatores, tais como: investimentos pela Concessionária dos Serviços de Saneamento na ampliação da capacidade de coleta e tratamento de efluentes, implantação de CTSs, melhoria da rede de esgotamento sanitário, tecnologia aplicada na gestão do sistema de esgotamento e ingresso de água para renovação e dragagem dos sedimentos pelo Instituto Estadual do Ambiente (INEA).

Segundo GONTIJO (2021), em 1998, os municípios de Araruama, Saquarema e Silva Jardim não tinha nenhuma estação de tratamento de esgoto (ETE) e, atualmente possui 7 (4 em Saquarema, 2 em Araruama e 1 em Silva Jardim). Além disso, no Município de Araruama o sistema de esgotamento sanitário (SES) foi ampliado com a implantação de 11 CTSs e 18 estações elevatórias de esgoto bruto, que são fundamentais para manutenção da balneabilidade da Lagoa de Araruama.

Uma solução para os problemas apresentados nos sistemas de coleta de efluentes sanitários é captação ou interceptação de esgoto em tempo seco (CTS). Este sistema, considera a coleta de esgoto sanitário na rede pluvial, através da instalação de interceptores em determinados pontos. Este modelo é o tipo mais fácil de construir e instalar, mas requer elevação do perfil hidráulico a montante e configuração de uma perda de carga hidráulica singular.

O uso de sistemas de CTS, são poucos difundidos e estudados no Brasil, uma vez que as normas brasileiras preconizam a coleta de esgotos sempre via rede separadora absoluta. Entretanto, mesmo nas poucas áreas dotadas de rede

separadora absoluta no país, parte considerável dos esgotos e outras águas servidas, continuam a escoar pelas galerias pluviais, acabando assim por comprometer o resultado de se ter de fato o corpo hídrico receptor destas águas, límpido (PEREIRA; MATOS; FERREIRA, 2020). Um exemplo disso é a cidade de Florianópolis, que recentemente, após implantar SABS, não conseguiu deixar suas praias próprias ao banho, e acabou por implantar um projeto paralelo de CTS.

Os interceptores objetivam encaminhar, durante as baixas vazões na rede, o efluente para uma ETE, isto é, em dias não chuvosos, assegura-se que o efluente interceptado possuirá condições sanitárias, podendo ser destinado ao tratamento de esgotos da cidade (ROSSO; DIAS, 2011). Entretanto, algumas considerações devem ser ponderadas. As redes em CTS somente poderão ter a sua eficiência susceptível de comparação com o SABS em períodos sem chuvas substanciais. Além da restrição meteorológica, este sistema exige um maior nível de manutenção, quando comparado com o tradicional.

A estrutura física integral de uma CTS é constituída pelos seguintes elementos (COPPETEC, 2018):

- (i) unidade do sistema de micro (galeria de águas pluviais) ou meso/macrodrenagem pluvial (córregos, riachos, rios);
- (ii) dispositivo central de interceptação e principal unidade da estrutura CTS, respectivamente denominadas CTS GAP e CTS Calha Fluvial;
- (iii) sistema de derivação e interligação da vazão interceptada para o sistema convencional de esgotamento sanitário - por coletor gravitário ou por conjunto elevatório de bombeamento e recalque;
- (iv) poço de inspeção ou visita do sistema de esgotamento sanitário convencional e de recepção da vazão interceptada.

Independente do modelo de CTS a ser empregado, a estrutura hidráulica tem como principal funcionalidade (COPPETEC, 2018):

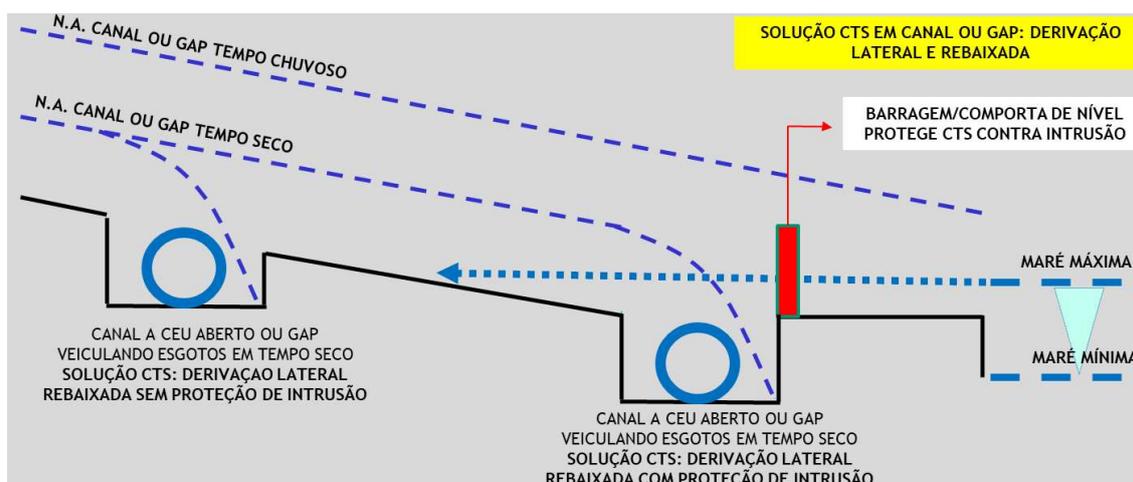
- No tempo seco (TS), interceptar deflúvios poluídos e contaminados – ditos “vazões de tempo seco”, transferi-los ao sistema convencional de esgotamento sanitário e impedir o lançamento/presença deles em corpos d’água superficiais;
- No tempo chuvoso, garantir o extravasamento dos deflúvios resultantes da mistura entre vazões de TS e águas pluviais para corpos d’água

superficiais, minimizando o aporte hidráulico deles ao sistema convencional de esgotamento sanitário.

De acordo com o exposto acima, o aporte de material mineral aumenta, consideravelmente nas unidades de bombeamento de esgoto bruto e, conseqüentemente, aumentam os custos operacionais e de manutenção do SES.

Observa-se que no tempo chuvoso a estrutura de CTS funcionará como um dispositivo de distribuição da vazão afluyente e, dependendo do modelo do dispositivo central de interceptação e dos respectivos critérios de dimensionamento hidráulico, o sistema de derivação e interligação ao sistema convencional de esgotamento sanitário estará sempre sujeito, em menor ou maior quantidade, ao aporte de águas pluviais. O desenho esquemático da Figura 5 ilustram o funcionamento da estrutura de CTS no período seco.

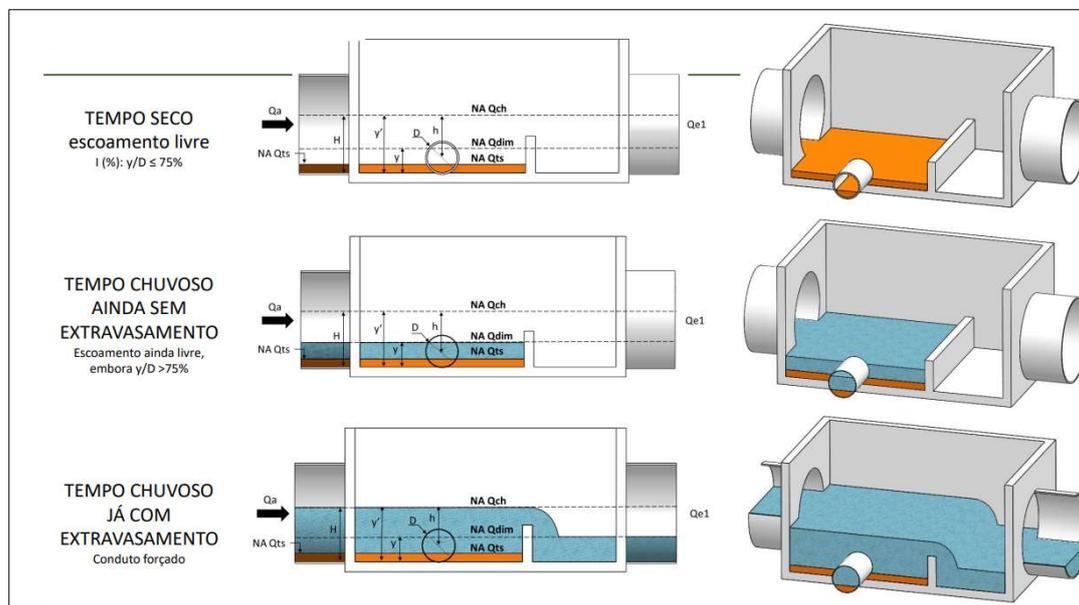
Figura 5 – Estrutura de CTS: Condições de funcionamento do modelo “vertedor de descarga livre para estrutura em cota inferior” em períodos de tempo seco e chuvoso com comporta de nível que protege a CTS contra intrusão.



A princípio, no tempo chuvoso, a concentração de poluentes no volume de extravasamento através da CTS é reduzida em função da diluição que a vazão de água pluvial, de magnitude sempre muito maior e qualidade sempre melhor, exerce sobre a vazão de TS. Ainda que o mecanismo de diluição imponha menor concentração de poluentes no volume de extravasamento, observa-se que a carga veiculada é função da totalidade da vazão, sendo a mesma somente abatida pela parcela que corresponde a vazão interceptada e

transferida para o sistema convencional de esgotamento sanitário (COPPETEC, 2018) (Figura 6).

Figura 6 – Desenho esquemático ilustrando a condição operacional da CTS em tempo seco e chuvoso.



Fonte: Adaptado de Volschan (2020).

O funcionamento hidráulico da CTS é regido pela declividade e pelo diâmetro da tubulação de interligação entre a CTS e o sistema convencional de esgotamento sanitário (cuja dimensão corresponde ao diâmetro do orifício da estrutura central de interceptação), que por sua vez define a vazão a ser admitida e efetivamente interceptada. Dimensionada somente com base no aporte da vazão de esgotos sanitários, a estrutura física da CTS admitirá, além desta vazão, o aporte adicional de águas pluviais até determinado limite, a partir do qual ocorrerá o extravasamento. Assim, em períodos chuvosos, em função do desempenho hidráulico da singularidade hidráulica do orifício, da declividade e do diâmetro da tubulação de interligação é que a CTS mostrar-se-á mais ou menos efetiva no sentido da interceptação das vazões afluentes (COPPETEC, 2018).

A unidade central da CTS pode ser classificada como do tipo GAP ou calha fluvial, de acordo com o local que venha ocorrer a intervenção, respectivamente no sistema de micro (galeria de águas pluviais) ou meso/macrodrenagem pluvial (córregos, riachos, canais, rios). A definição da localização de implantação da CTS dependerá da quantidade e da distribuição espacial das fontes de aporte de esgotos sanitários ao sistema de micro ou

meso/macrodrenagem pluvial; da topografia local; dos potenciais pontos de interligação da CTS ao SES; e da viabilidade de execução das obras de implantação, bem como de operação e manutenção de todos os seus dispositivos. A inspeção de campo em período não chuvoso permite a identificação da presença indevida de esgotos no sistema de drenagem pluvial (COPPETEC, 2018).

Da mesma forma como funcionam as ligações prediais no sistema convencional de esgotamento sanitário, entende-se que as CTS devam se localizar, prioritariamente, mais próximas às fontes de aporte indevido de esgotos, no sentido de mais prontamente interceptá-los e transferi-los ao sistema convencional. Este princípio deve sempre nortear o emprego das CTS no sistema de microdrenagem pluvial (CTS GAP), considerando que as intervenções para a construção, operação e manutenção delas sejam relativamente simples. O mesmo princípio também nortearia o emprego de CTS em calhas de canais, córregos, riachos e pequenos rios a céu aberto (CTS Calha Fluvial); entretanto, otimizar a quantidade de CTS Calha Fluvial a serem empregadas com base em criteriosa distribuição espacial pode favorecer a construção, operação e manutenção destas estruturas relativamente mais complexas (COPPETEC, 2018).

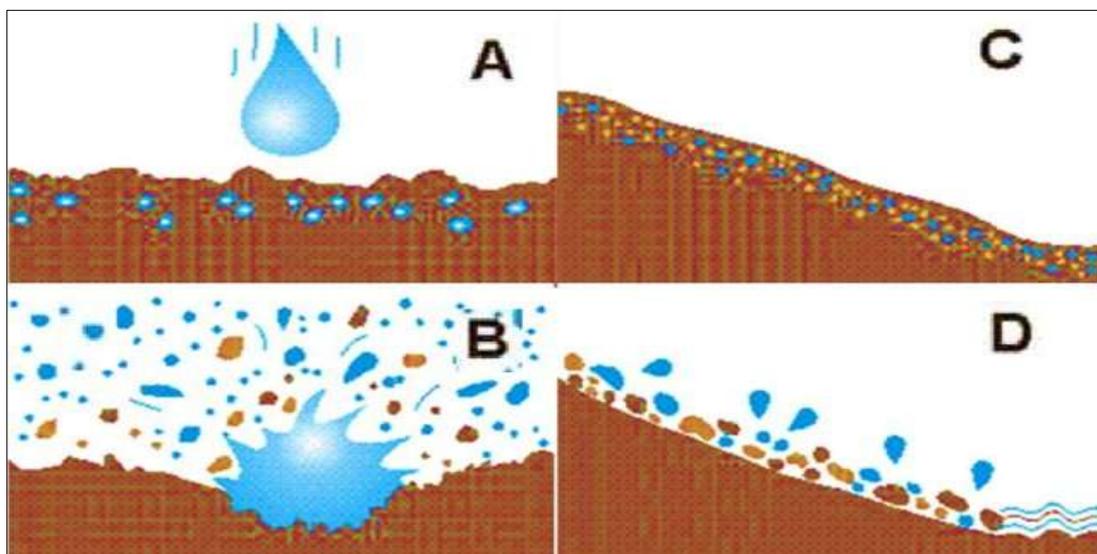
De acordo com VOLSCHAN (2020), a CTS é usada para melhorar o desempenho de sistemas absolutos. A fim de proteger ambientes aquáticos recreativos, a estratégia é aplicada principalmente para melhorar o desempenho de sistemas de esgoto em grandes cidades costeiras brasileiras, como Rio de Janeiro, Salvador e Florianópolis. No Estado do Rio de Janeiro, através da utilização de coletores em tempo seco (TS), apresenta uma cooperação positiva na recuperação das lagoas de Araruama e Saquarema. De acordo com Ramos e Johnsson (s/d): “projetos de coleta de esgotos em sistemas tipo SABS tem demonstrado que, em áreas de ocupação desordenada, a coleta atinge apenas cerca de 30% do esgoto produzido”, enquanto a adoção pela coleta de esgoto em TS na região, atingiu a coleta e tratamento de 60% do esgoto produzido, com uma redução dos custos em 50%. Com isso, evidencia-se que a coleta de esgoto em TS pode ser pensada como uma estratégia para o melhoramento da qualidade dos corpos receptores, buscando a interceptação da carga de efluente cloacal que porventura estiver presente no sistema pluvial.

3.7 GERAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DE RESÍDUO SÓLIDO MINERAL (RSM) E RESÍDUO SÓLIDO GROSSEIRO (RSG)

Processos erosivos superficiais intensos e localizados, bem como não intensos e difusos, ocorrem usualmente nas cidades, e em função da exposição de grandes áreas aos agentes de erosão, resultam em importante aporte de matéria sólida aos corpos d'água urbanos receptores. Independente da variabilidade temporal da erosão urbana, a primeira fase da erosão superficial corresponde aos impactos das gotas de chuva, de desagregação das partículas do solo e de expulsão deste material do local de origem, expondo-o às ações hidrodinâmicas do escoamento superficial. Ainda que a intensidade do processo erosivo correspondente a esta primeira fase - denominada erosão laminar, não ser pontualmente muito acentuado (baixa taxa de erosão específica), será expressiva a contribuição de matéria sólida resultante de erosão laminar quanto maior for a área de abrangência da bacia urbana (TOMAZ, 2011) (Figura 7).

A hidrosedimentologia classifica a matéria sólida, gerada nos processos erosivos urbanos, como carga de lavagem, quando constituída por frações granulométricas muito finas e sujeitas ao arraste promovido pela energia do escoamento hidráulico, e que, no caso, resultam em deposições muito modestas no leito do curso d'água e não induzem transformações morfológicas importantes. Por outro lado, a matéria sólida que efetivamente atua nos processos de alteração morfológica é classificada como carga de material de leito (TUCCI; COLLISCHONN, 2000).

Figura 7 - Erosão por salpico: (A) impacto, (B) desagregação, (C) selamento superficial, (D) escoamento superficial.



Fonte: Fernandes e Carvalho (2021).

Trechos superiores dos rios, com declividades mais acentuadas e maior energia de escoamento, apresentam maior potencial erosivo e elevada carga de lavagem. Nos trechos intermediários, sujeitos a declividades menores, ocorre um maior equilíbrio entre a capacidade de transporte e de suprimento de matéria sólida, sendo a carga de material do leito constituída principalmente por areias médias (LI et al. 2011). Já no trecho inferior, sujeito a menor declividade, o suprimento de material sólido supera a capacidade de transporte, decorrendo em tendência ao assoreamento por areias finas a siltes.

A caracterização dos processos erosivos urbanos é função de ações de natureza hídrica e/ou eólica sobre o solo, das características geológicas e geotécnicas do solo, da geomorfologia da bacia hidrográfica e da forma de uso e ocupação do espaço urbano, perfazendo grande dificuldade para o levantamento de dados complexos e a formulação de modelos quantitativos (TUCCI; COLLISCHONN, 2000). Por exemplo, a taxa de transferência de sedimentos, parâmetro que expressa a relação entre a quantidade de matéria sólida que efetivamente atinge o sistema de drenagem pluvial urbana e a quantidade de material efetivamente erodido, varia em função da retenção exercida por barreiras naturais ou construídas existentes ao longo do percurso ou da defasagem entre as velocidades de escoamento das massas líquida e sólida (TUCCI; COLLISCHONN, 2000). Por outro lado, apesar de exíguos, indicadores de natureza empírica têm sido utilizados para quantificação preliminar do potencial de processos erosivos urbanos, como indicam as Tabelas 1 e 2.

Tabela 1 - Carga sólida para diferentes usos do solo urbano.

Uso do solo	Carga Máxima (t/km².ano)	Carga Mínima (t/km².ano)	Concentração SST/evento (mg/L) (*)
Estradas	72	28	250
Industrial/Comercial	137	24	280
Residencial baixa densidade	34	6	100
Residencial média densidade	55	10	187
Residencial alta densidade	76	13	250
Estacionamentos	76	12	-
Parques	59	8	-
Áreas em construção	8.400	2.200	-

Fonte: Tucci e Collischonn (2000) (*) SST = sólidos em suspensão totais

Tabela 2 - Estimativa de material sólido na rede de drenagem de bacias urbanas brasileiras.

Local	Tipo de estimativa	Volume (m ³ /km ² . ano)
Rio Tietê, SP	material dragado	393
Rio Tietê, SP	leito dos afluentes	1.400
Represa da Pampulha, MG	Assoreamento	2.436
Arroio Dilúvio, RS	material dragado	750

Fonte: Tucci e Collischonn (2000).

No sistema SABS, o que se denomina “areia” é tipicamente material mineral, tal como areia, pedrisco, silte, escória, cascalho, até mesmo fibras, oriundos não somente da geração regular dos esgotos domésticos, como também da lavagem de pisos e áreas externas, de ligações clandestinas de águas pluviais, e principalmente da infiltração de água do lençol freático na rede coletora de esgotos. O mecanismo de funcionamento de um desarenador é através de sedimentação, os grãos de areia são depositados no fundo do tanque devido as suas maiores dimensões e densidade, enquanto a matéria orgânica permanece em suspensão, seguindo então para as unidades a jusante (VON SPERLING, 2005). Em caixas de areia convencionais retangulares por gravidade, a velocidade de fluxo horizontal é condicionada em torno de $0,30\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ para garantir a remoção de partículas com diâmetro entre 0,1 e 0,4mm. Já no sistema unitário, a presença de areia é reconhecidamente maior, uma vez que além das fontes de contribuição usuais ao sistema SABS, este também se encontra sujeito ao recebimento da carga de matéria sólida decorrente dos processos erosivos urbanos, bem como da própria lavagem dos logradouros e ambientes públicos e dos telhados e áreas externas das áreas privadas (TUCCI; COLLISCHONN, 2000).

De acordo com REDA e MELLO (2005), medições realizadas na Região Metropolitana de São Paulo, mais precisamente na rede coletora de esgoto na Zona Leste, indicam que em um dia chuvoso o pico de vazão chega a ser superior ao dobro da contribuição em TS de uma bacia urbana.

Estudos com base em dados de medições nas redes coletoras ou nas estações de tratamento, demonstram que as interferências de águas pluviais influenciam negativamente o sistema, seja na alteração da vazão ou na concentração de poluentes, por exemplo, o que prejudica o processo de transporte bem como o tratamento e, por conseguinte, o efluente que deságua no corpo receptor (REDA, 2006). TSUTIYA e BUENO (2004) relatam que a contribuição de águas pluviais em sistemas de esgoto sanitário pode ser

extremamente variável, alcançando valores que vão de 26 a 283%, em relação à vazão máxima no período seco.

Enquanto a contribuição específica de sólidos minerais ao sistema separador é compreendida entre 0,004 a 0,037 m³ areia /1000m³ de esgoto, a contribuição ao sistema unitário alcança valores entre 0,004 a 0,18 m³ areia/1000m³ de esgoto (WATER ENVIRONMENT FEDERATION, 1998). A maior quantidade de material mineral veiculada pelo sistema unitário é devida ao recebimento da carga de matéria sólida decorrente da lavagem dos logradouros de ambientes públicos e dos telhados e áreas externas das áreas privadas.

Em face da presença em maior quantidade, tendem a ser de maior magnitude os problemas decorrentes da deposição e dos efeitos abrasivos do material mineral nos elementos que compõem o sistema unitário de coleta. Não obstante, ainda que sujeito a menor presença de “areia”, o sistema SABS também convive com as mesmas preocupações (TOMAZ, 2011).

O dimensionamento da rede coletora de esgotos no sistema SABS tem a tensão trativa (Pa) como principal parâmetro de referência. Segundo a NBR 9649/ABNT, no sentido de evitar a manutenção de depósitos de sólidos orgânicos nos coletores, e conseqüente degradação anaeróbia, e, por conseguinte, a geração de gás sulfídrico e emanação de maus odores, deve-se garantir condições hidráulicas que imponham a tensão trativa mínima de 1,0 Pa. Tensão trativa é a força resultante do peso da massa d'água sobre o perímetro e a área da superfície interna do conduto, configurados a partir da seção de escoamento hidráulico. Quanto maior a tensão trativa, maior a capacidade de arraste de massa sólida de maior dimensão e densidade.

Observa-se então que no sistema SABS, os coletores de esgotos não são dimensionados para o arraste de material mineral pesado, que por apresentar partículas com dimensão maior que os sólidos orgânicos (> 0,2 mm), requereriam a imposição de valores de tensão trativa maiores do que 1,0 Pa, como indicam os dados da Tabela 3.

Tabela 3 - Tensão trativa (Pa) requerida para arraste de partículas minerais.

Caraterísticas da água	Diâmetro médio d ₅₀ (mm)					
	0,1	0,2	0,5	1,0	2,0	5,0
	Tensão trativa (Pa)					
Isenta de sedimentos finos	1,2	1,3	1,5	2,0	2,9	6,0
Pouca quantidade de sedimentos finos	2,4	2,5	2,7	2,9	3,9	8,1
Muita quantidade de sedimentos finos	3,8	3,8	4,1	4,4	5,4	9,0

Fonte: Tomaz (2011).

A premissa utilizada no dimensionamento da rede coletora do sistema SABS, é relacionada aos desarenadores e na etapa de tratamento preliminar dos esgotos, já nas ETE's, ocorre em função da remoção de areia do esgoto bruto afluente. Neste caso, entende-se não haver maior preocupação quanto à eventual deposição de areia nos coletores de esgotos e no poço das estações elevatórias, em função da menor quantidade presente (em comparação ao sistema unitário), porém admite preocupação quanto à deposição e efeitos abrasivos sobre as unidades da ETE.

Por outro lado, assim como no dimensionamento de galerias de águas pluviais, o dimensionamento da rede coletora no sistema unitário está relacionado a velocidade mínima de escoamento como parâmetro de referência para garantia do arraste do material mineral sólido presente em grandes quantidades. De forma geral, as diretrizes técnicas impostas pelos órgãos gestores dos sistemas urbanos de drenagem pluvial, preconizam, neste sentido, velocidades mínimas de escoamento compreendidas entre 0,8 e 1,0 m/s (ÁGUAS Rio, 2010).

Neste caso, entende-se, portanto, que o impedimento da deposição de grandes quantidades de material mineral evitaria o comprometimento acelerado das seções hidráulicas de escoamento e a realização frequente de serviços de limpeza e desobstrução dos coletores. Observa-se que a necessidade de realização de serviços de limpeza e de desobstrução dos coletores de esgotos devido à deposição excessiva de material mineral, envolve o emprego de profissionais e equipamentos especializados dos tipos *bucket machine*, *sewer rodder*, *sewerjet* e *vac-all*, podendo assumir maior grau de dificuldade nos casos de coletores e interceptores de grande porte e elevadas profundidades, fatores que impõem importantes custos de manutenção ao operador do sistema de esgotos (TOMAZ, 2011).

Em geral, existe grande preocupação em relação à deposição de material mineral nos poços das estações elevatórias de esgotos, uma vez que a acumulação continuada de sedimentos pode inviabilizar, por aterramento, o funcionamento do dispositivo de sucção das bombas (LI et al. 2011). Outra preocupação reside no fato de que a acumulação de matéria sólida mineral possa ocorrer na própria voluta da bomba ou em pontos específicos das tubulações de sucção e de recalque, conferindo perda de carga ao escoamento

e até o entupimento destas. As Figuras 8 e 9, ilustram a manutenção preventiva na caixa de sedimentação no poço de sucção de uma estação elevatória de esgoto (EEEB) realizada pela Concessionária Águas de Juturnaíba no município de Araruama-RJ. A atividade é programada para ser realizada mensalmente ou antecipada conforme rotina de inspeção diária pela Gestão Operacional. A iniciativa visa a proteção aos equipamentos de bombeamento e instalações hidráulicas sujeitas aos efeitos abrasivos conforme à disposição de funcionamento e influência da bacia de esgotamento.

Figura 8 – Caixa de sedimentação que precede a estação elevatória de esgoto bruto demonstrando a retenção de sólido mineral.



Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 9 - Manutenção preventiva retirando os resíduos sólidos minerais contidos na caixa de sedimentação da estação elevatória de esgoto bruto, utilizando mangote de sucção do caminhão hidrojetado combinado



Fonte: elaborado pelo autor.

TSUTYA (2005), observa que o desenvolvimento tecnológico dos equipamentos de bombeamento associado às pesquisas hidráulicas aplicadas

às elevatórias de esgoto bruto oferece inovações aos projetos hidráulicos, no sentido de evitar a acumulação de areia nos poços de sucção, sugerindo:

- Quando possível, a instalação de caixa de pré-sedimentação da areia – limitada a 6 metros em função do alcance do equipamento *vac-all*;
- A instalação de sistema de mistura e agitação da areia no próprio poço de sucção, seja por sistemas mecânicos ou por sistema de recirculação dos esgotos a partir da própria tubulação de recalque;
- Alteração do formato geométrico do fundo do poço de sucção, impondo inclinações de 60° em relação à horizontal, voltadas para o ponto de sucção da bomba – no caso de bomba submersível, ou ainda, voltadas para um outro poço menor e complementar - tipo trincheria, onde ocorreria a efetiva acumulação de areia e operação da sucção da bomba autoescorvante.

O material mineral presente no esgoto bruto apresenta potencial extremamente abrasivo aos dispositivos e equipamentos mecânicos existentes nas estações elevatórias e ETE's. Dentre outros constituintes, a sílica encontra-se em grande quantidade no material mineral, e em função de sua elevada dureza, compreendida entre 570 e 590 BHN (unidade Brinell), constitui-se no principal elemento causador de abrasão (BROSS; ADDIE, 2002). O desgaste por abrasão ocorre em função da presença de partículas minerais no campo de atrito entre o líquido e a superfície metálica de equipamentos e demais dispositivos, acarretando perda progressiva de material, e conseqüentemente, perda de eficiência do equipamento, até a sua completa interrupção operacional.

O consumo de energia elétrica utilizado nas unidades operacionais, tem relação com a eficiência do bombeamento e com o que está sendo bombeado, como mostrado por BROSS e ADDIE (2002), a eficiência hidráulica da bomba diminui em função do aumento do diâmetro das partículas em suspensão.

LI et al. (2011), também identificaram a variação da velocidade do rotor em função do tamanho da partícula e as características da abrasão na bomba, que pode aumentar o consumo de energia elétrica em função da carga de sedimento, já em relação a abrasão, os autores também identificaram que o ângulo de colisão na parede helicoidal, aumenta proporcionalmente com o aumento do tamanho da partícula, podendo ocasionar maior desgaste em função do tamanho da partícula. As imagens da Figura 10 ilustram o desgaste da

superfície metálica de componentes de equipamentos de bombeamento de esgotos, causado por efeito abrasivo de material mineral.

Figura 10 – Desgastes por abrasão da superfície metálica de componentes internos de equipamentos de bombeamento de esgoto bruto.



Fonte: elaborado pelo autor.

3.8 GESTÃO DA OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DE REDES COLETORAS DE ESGOTO

As redes coletoras de águas residuais são fundamentais na preservação da saúde pública, segurança, ambiente e economia de uma sociedade (INFRAGUIDE, 2004). Esses sistemas podem ser usados em um nível inferior ao desejável por longos períodos antes de surgirem evidências de problemas existentes. Falhas estruturais ou hidráulicas podem ser desconhecidas por um longo tempo até interrupções de serviço, colapso da rede ou inundação (KHAN et al., 2009). A ocorrência de falhas em redes fracas pode levar à exposição a patógenos, poluição de águas subterrâneas, cursos d'água e pântanos, danos a estradas, edifícios e interrupção de serviços vitais. Quando o desempenho é desejável na movimentação de águas residuais de fontes residenciais, comerciais e industriais, as tubulações de esgoto garantem um ambiente limpo e limitam a contaminação das águas subterrâneas e superficiais (BAAH et al., 2015).

O desempenho da rede coletora de efluentes está relacionado aos programas de operação e manutenção (O&M). Esses programas devem conter detalhes suficientes para serem úteis para a tomada de decisões informadas nos planos estratégicos. Esta informação é derivada de atividades como monitoramento de fluxo e inspeções in loco (HAHN et al., 2002). Fazer tal

estimativa para a rede de coleta total é um processo caro e demorado. As restrições orçamentárias só permitem a inspeção anual de uma parte da rede, geralmente cerca de 10% ao ano. Assim, o desenvolvimento de modelos que possam priorizar a inspeção de tubulações de esgoto com base em sua criticidade e nível de risco é essencial. Essa priorização reduz o nível de risco do sistema e, conseqüentemente, o número de reparos emergenciais que normalmente têm efeitos adversos graves e altos custos de gerenciamento.

Nos grandes centros urbanos, a expansão do número de construções está diretamente relacionada ao aumento das áreas impermeáveis e do volume de escoamento superficial das águas pluviais (ABOELATA, 2021). O clima e a má drenagem da camada superficial são os potencializadores do escoamento superficial que levam a inundações na maioria dos grandes centros urbanos (AL-HOURI; AL-OMARI, 2021). O processo de urbanização afeta drasticamente o ciclo da água, pois a adição de edificações e superfícies pavimentadas à paisagem reduz a infiltração das águas pluviais e as taxas de evapotranspiração, causando aumento nas vazões e no volume de escoamento das águas pluviais. Além disso, favorece o surgimento de problemas com inundações e estresse nos sistemas de abastecimento e drenagem (ALIM et al., 2021).

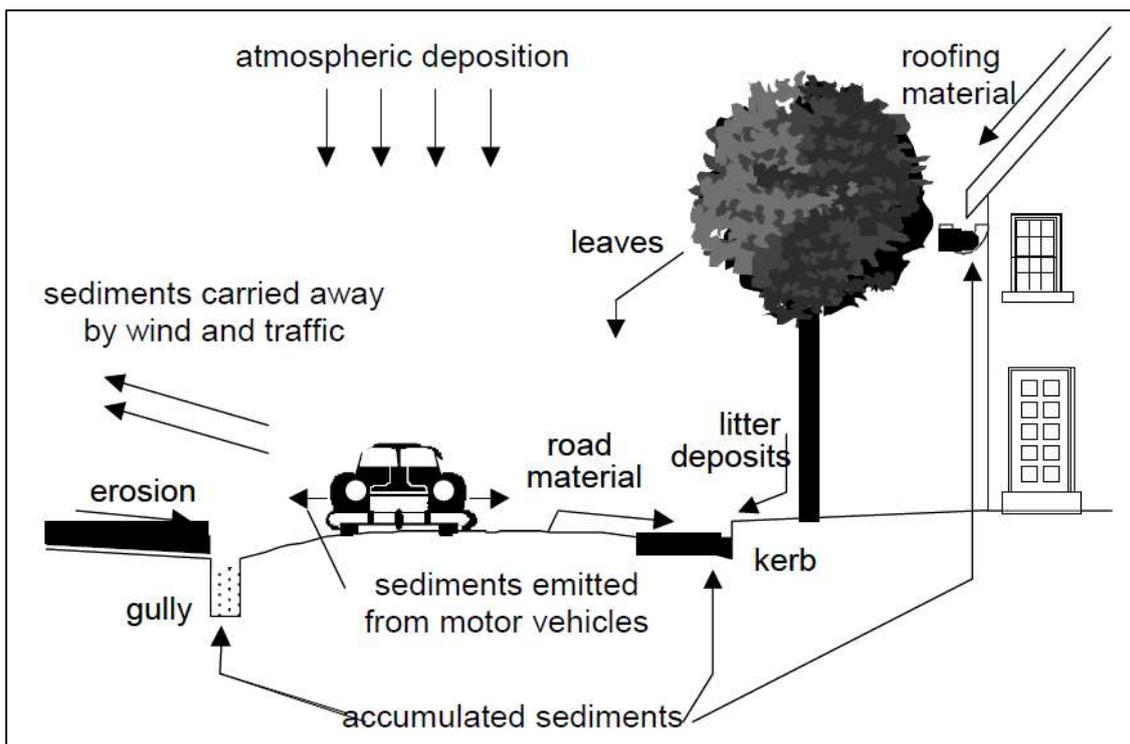
As cidades urbanas precisam de uma estrutura mínima para que possa disponibilizar qualidade de vida à sociedade. Neste sentido, para apresentarem um elevado desenvolvimento urbano, é necessário ter o controle da poluição por esgoto, através de uma infraestrutura de esgoto adequada e, o controle, deve ser fundamentado tanto em indicadores de qualidade da água, quanto com indicadores de gestão de infraestrutura (VOLSCHAN, 2020). Em alguns casos, a interferência das águas pluviais nos sistemas de esgoto pode ser benéfica, desde que projetadas e dimensionadas para esse fim, reduzindo as demandas bioquímicas e químicas brutas, promovendo aumento da vazão no interior das tubulações e conseqüente autolimpeza e auxiliando na sua limpeza e redução da produção de gases resultantes de processos anaeróbios (LI et al., 2019). Quando a comunicação entre essas redes não está prevista, provoca efeitos indesejáveis, como sobrecarga das tubulações, estações elevatórias e de tratamento, arraste de materiais sólidos, aumento de custos e redução de intervalos nas manutenções não previstas e alterações no desempenho do tratamento de esgoto (RASHID; LIU, 2020).

O tráfego intenso também degrada as superfícies das estradas e aumenta as cargas de sólidos. Em áreas residenciais, folhas caídas e resíduos de vegetação, incluindo aparas de grama, dominam a composição do lixo das ruas durante o outono. Uma árvore madura pode produzir de 15 a 25 kg de resíduo orgânico foliar (peso seco) que contém quantidades significativas de nutrientes (HEANEY; HUBER, 1973). A Figura 11 mostra os elementos importantes do transporte e acumulação de sólidos nas superfícies das ruas.

Os sólidos minerais são transportados através de esgotos pluviais ou ao longo dos cursos d'água. Desta forma, os projetos de redes de esgoto em TS, devem contemplar câmara de remoção de areia para evitar a deposição de partículas minerais nos esgotos a jusante, abrasão de bombas e tubulações e cargas excessivas de sólidos sedimentáveis que entram nas estações de tratamento de águas residuais (VOLSCHAN, 2020).

O acúmulo de areia nos reservatórios das estações de bombeamento pode elevar devido a interrupções no bombeamento. Além disso, os acúmulos também podem encontrar-se no interior dos equipamentos e tubulações de entrada e descarga, levando a perdas de carga hidráulica e entupimento. Neste sentido, a configuração geométrica dos reservatórios deve ser otimizada para evitar a sua deposição (LI et al. 2019). Os sólidos minerais suspensos no esgoto também são potencialmente abrasivos devido à presença de sílica, e as forças de atrito levam a uma perda gradual de material das palhetas do rotor da bomba e das entradas de sucção. Para minimizar a diminuição da eficiência da bomba, os equipamentos podem ser protegidos contra abrasão aplicando revestimentos cerâmicos ou usando aço com alto teor de cromo.

Figura 11 - Transporte e acumulação de sólidos em superfícies urbanas.



Fonte: Butler & Clark (1995).

O objetivo da operação, manutenção e reabilitação do sistema de tubulação é garantir a viabilidade geral do sistema de transporte: (1) mantendo a integridade estrutural, (2) limitando a exfiltração e seu potencial de contaminação das águas subterrâneas e outros impactos ambientais negativos e (3) reduzindo a quantidade de fluxos estranhos. Programas eficazes de manutenção e reabilitação exigem uma compreensão completa da condição e do desempenho de um sistema e de quaisquer outros fatores contribuintes (TAFURI; SELVAKUMAR, 2002).

Condições do solo, condições de estresse, níveis de água subterrânea, acidez do esgoto/solo, níveis de oxigênio dissolvido, campos elétricos e magnéticos podem afetar negativamente o desempenho a longo prazo do sistema. Os fatores de decisão devem incluir uma avaliação das condições internas, com base em alguma forma de inspeção visual, e das condições que cercam o tubo. Ferramentas de apoio à decisão que incorporam metodologias de avaliação de tubulações são necessárias para quantificar e classificar a condição de uma tubulação com base em fatores estruturais, hidráulicos, de qualidade da água e econômicos (TAFURI; SELVAKUMAR, 2002).

Os procedimentos de reabilitação de tubulações geralmente envolvem alguma forma de limpeza para remover materiais estranhos antes de outras fases de reabilitação. A remoção de raízes, sedimentos e detritos é necessária para manter condições adequadas de fluxo e para reduzir a infiltração e exfiltração e os danos estruturais à tubulação. Muitos métodos de reabilitação (além do rejunte ou vedação e rompimento de tubos) reduzem a área da seção transversal do tubo e podem reduzir o desempenho hidráulico. Tal redução é frequentemente aceitável, mas deve ser levada em conta na avaliação da reabilitação (WATER ENVIRONMENT FEDERATION, 1994). Novos métodos de vedação de esgoto devem ser avaliados antes que uma grande reabilitação ou substituição seja realizada.

A construção de conexões com os esgotos da rua (laterais da casa ou do serviço) pode contribuir com 70-80% da carga de infiltração (USEPA, 1985). A flutuação das águas subterrâneas, as características e condições variáveis do solo, o tráfego, a erosão, as lavagens etc., causam enormes tensões nos tubos e juntas laterais da casa / serviço. Conectores e acessórios, em muitos casos, não mantêm sua integridade estanque enquanto se ajustam a esses fatores. Algumas conexões reagem ao ácido do solo e podem se desintegrar totalmente em poucos anos. Essas condições geralmente resultam na geração de grandes pontos de infiltração na conexão da casa/serviço lateral à lateral da rua ou principal. Com a tecnologia atual, a reabilitação de conexões prediais pode não ser economicamente viável devido ao número de conexões de cisalhamento. O problema é crítico e sensível por causa da propriedade privada e dos custos associados à perturbação do ocupante e à destruição de um valioso paisagismo (TAFURI; SELVAKUMAR, 2002).

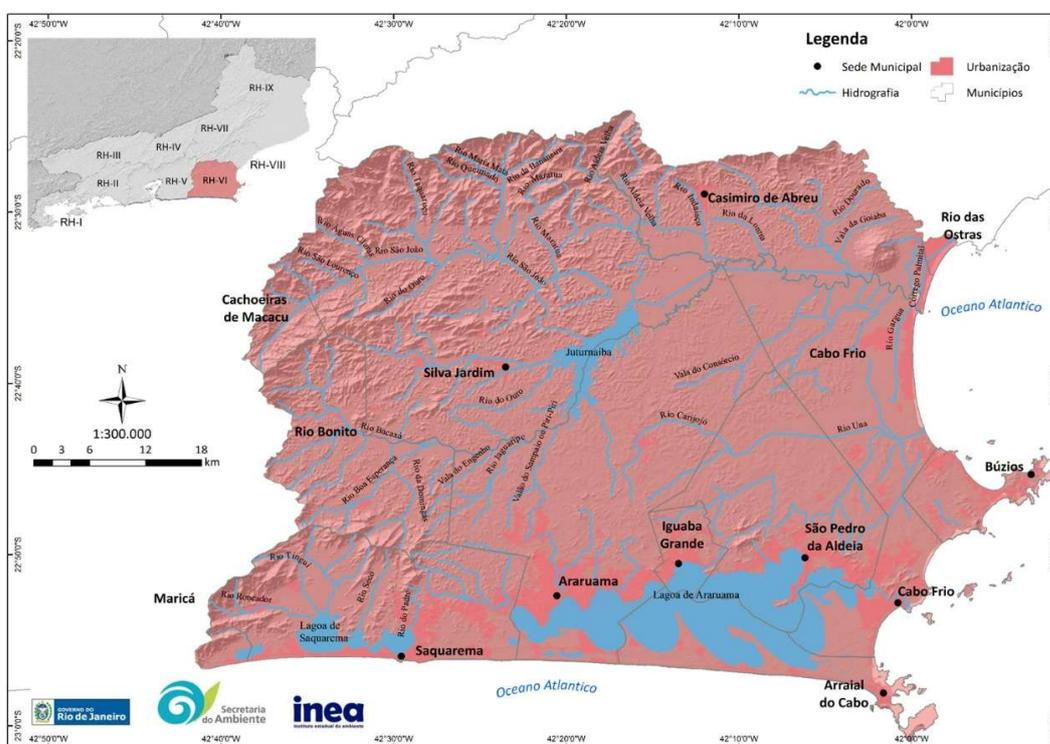
A seleção de métodos de reabilitação e materiais adequados para várias partes do sistema de coleta de águas residuais continua a ser um problema. A questão está parcialmente relacionada à falta de compreensão das capacidades de cada método em relação ao problema. Além disso, falta um desempenho confiável do produto de reabilitação em condições reais de campo. Os dados sobre a eficácia e a longevidade das tecnologias e materiais de reabilitação e as informações sobre os custos do ciclo de vida serão úteis para determinar se a reabilitação ou a substituição são mais rentáveis (TAFURI; SELVAKUMAR, 2002).

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 LOCAL DE ESTUDO E SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO

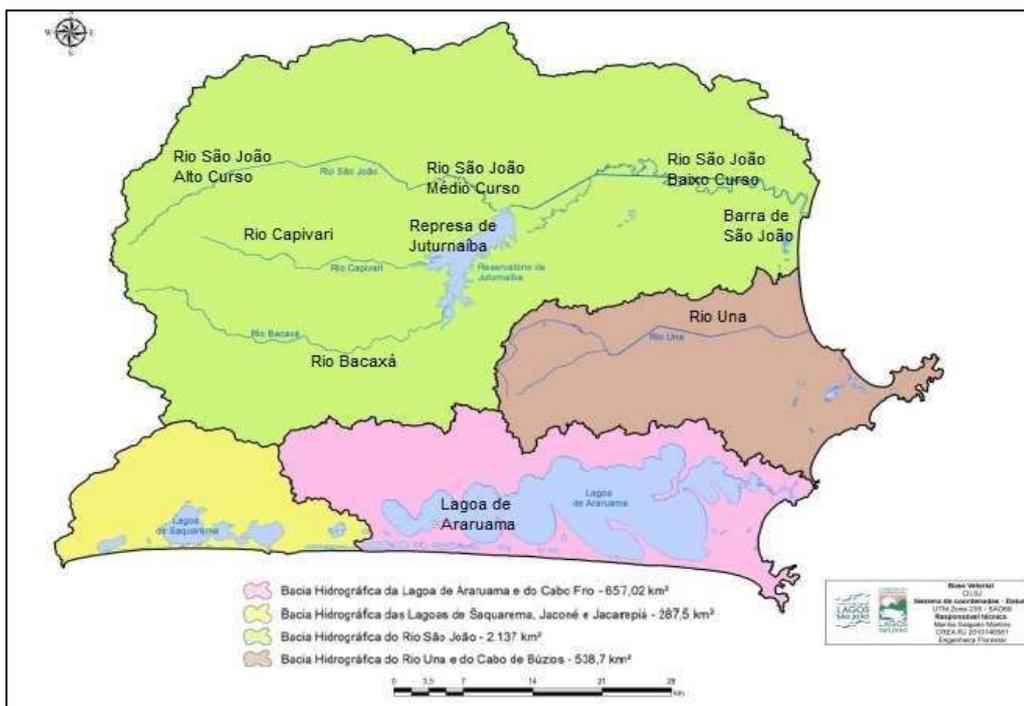
O estado do Rio de Janeiro possui 9 regiões hidrográficas, de acordo com a resolução do Conselho Estadual de Recursos Hídricos nº 107, de 22 de maio de 2013 (Figura 12). O município de Araruama compõe um dos municípios da Região Hidrográfica 6, denominada Lagos São João (Figura 13). Esta região hidrográfica possui uma área de 3,8 mil km², abrangendo total ou parcialmente 13 municípios (CILSJ, 2005).

Figura 12 - Mapa das Regiões Hidrográficas do Estado do Rio de Janeiro.



Fonte: INEA (2013).

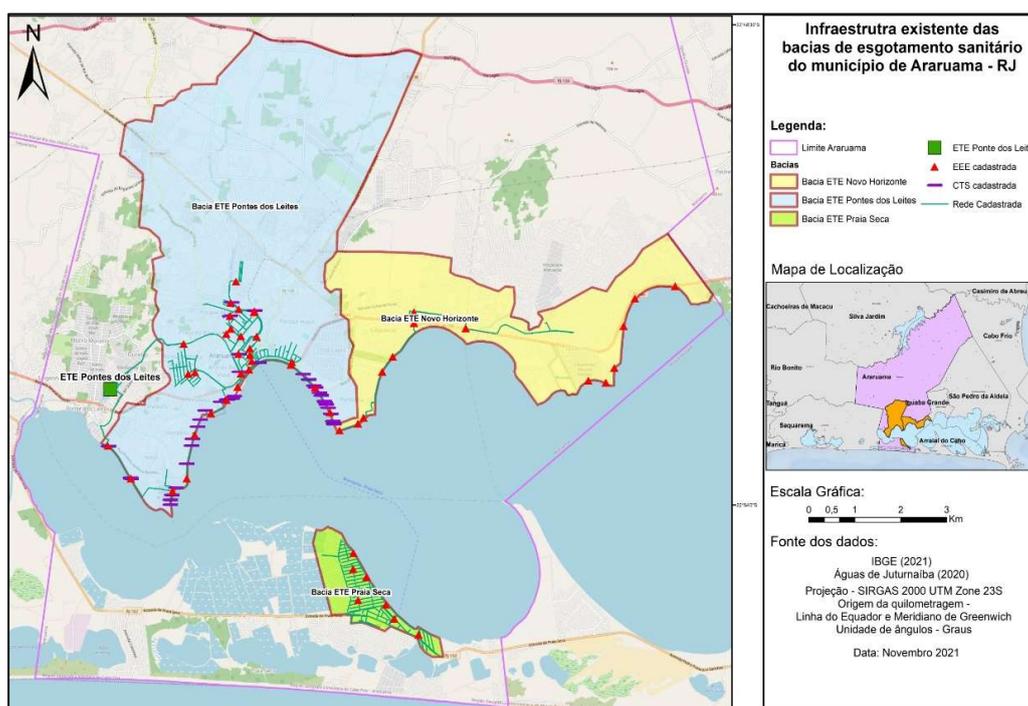
Figura 13 - Região hidrográfica Lagos São João e suas bacias hidrográficas.



Fonte: Comitê das Bacias Hidrográficas das Lagoas de Araruama e Saquarema e dos Rios São João e Una (s.d.).

O município de Araruama é atendido por 03 bacias de esgotamento sanitário entorno da Lagoa de Araruama (Figura 14), sendo elas: Bacias ETE Pontes dos Leites, ETE Novo Horizonte e Praia Seca.

Figura 14 - Bacias de esgotamento e as respectivas infraestrutura dos sistemas de esgotamento sanitário do município de Araruama.

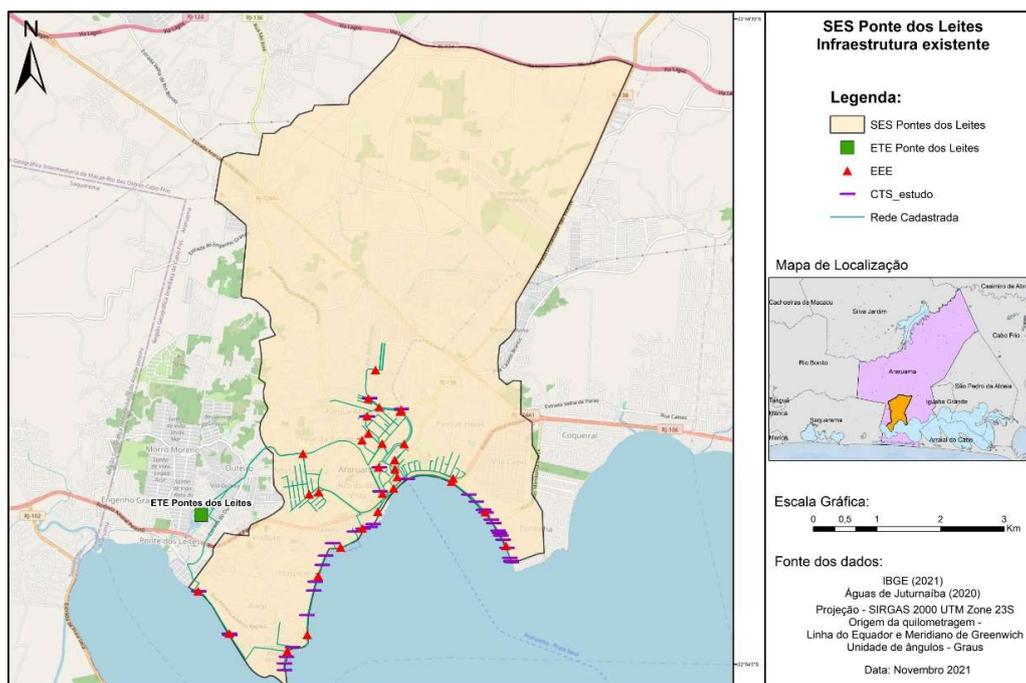


Fonte: IBGE (2021).

De acordo com as informações disponíveis no site da concessionária Águas de Juturnaíba, responsável pela distribuição, coleta e tratamento de esgoto na cidade de Araruama, esta possui três sistemas de esgotamento sanitário, bacia ETE Ponte dos Leites, bacia ETE Novo Horizonte e a bacia ETE Praia Seca. A ETE Pontes dos Leites é a maior Estação de Tratamento de Esgoto da América Latina, que utiliza o sistema *wetland*. A estação chama a atenção por utilizar plantas aquáticas e cascalhos no tratamento do esgoto, sem adição de produtos químicos. Assim, todo o processo é feito de forma sustentável e sem mau cheiro. A ETE foi inaugurada em 2005 e, com a ampliação, em fevereiro de 2009, aumentou sua capacidade de tratamento de esgoto de 100 para 200 litros por segundo (“Início”, [s.d.]). Neste sentido, as coletas das informações que compõem esta dissertação, foram realizadas nas diferentes unidades de bombeamento do sistema da bacia ETE Pontes do Leites.

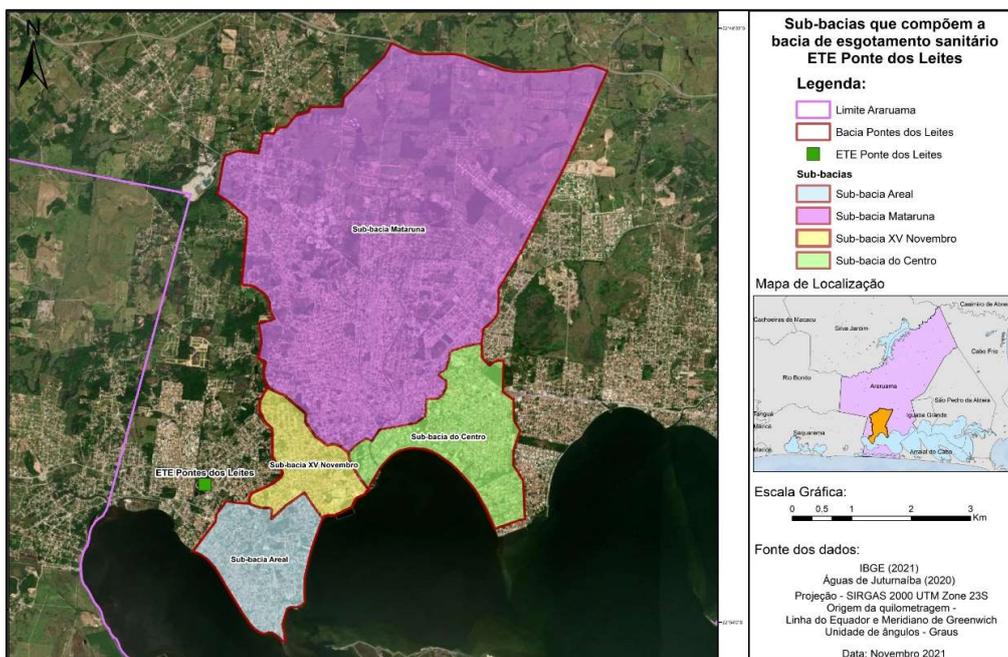
O sistema ETE Pontes dos Leites possui uma rede de 71,5 km em uma área de 36,4 km². Possui 29 estações elevatórias de esgoto bruto, sendo 09 EEEB servem ao sistema SABS e 20 EEEB ao sistema CTS além de 75 unidades de CTSs (Figura 15). Neste sentido, na Figura 16 podemos observar as sub-bacias que compõem o SES ETE Ponte dos Leites e, na Figura 17, a infraestrutura do SES por sub-bacia da ETE Ponte dos Leites.

Figura 15 - Sistema de esgotamento sanitário Bacia ETE Ponte dos Leites.



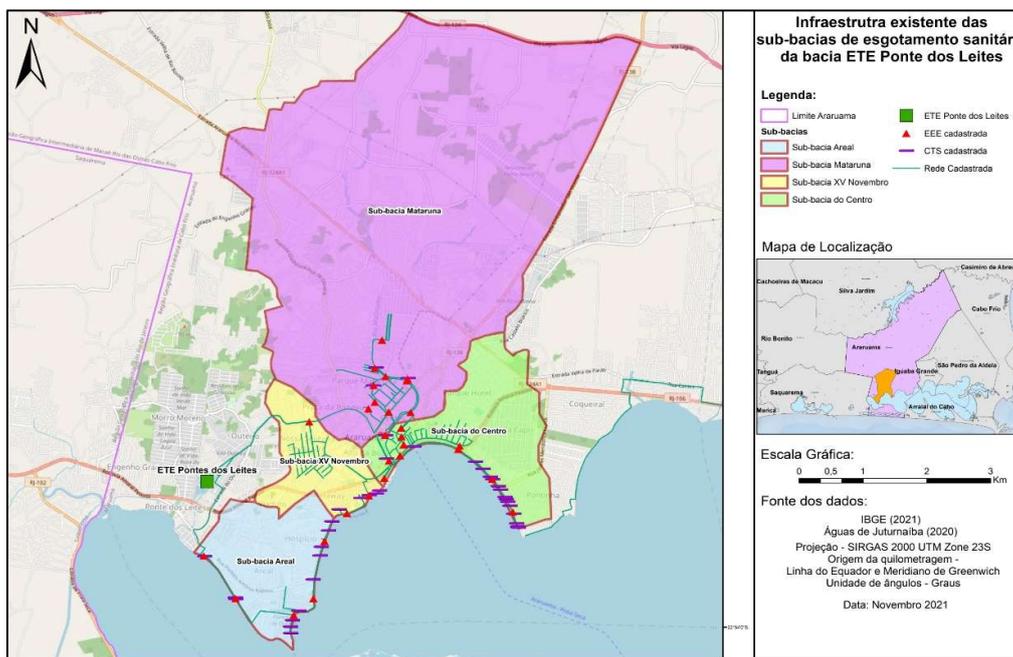
Fonte: IBGE (2021).

Figura 16 – Delimitação geográfica do sistema de esgotamento sanitário Bacia ETE Ponte dos Leites e suas respectivas sub-bacias.



Fonte: IBGE (2021).

Figura 17 – Infraestrutura do sistema de esgotamento sanitário existente nas sub-bacias que estão contidas na Bacia ETE Pontes dos Leites.



Fonte: IBGE (2021).

4.2 QUANTIFICAÇÃO DO APORTE DE RSM E RSG NAS ESTAÇÕES ELEVATÓRIAS DE ESGOTO BRUTO

Foram realizadas quantificações diárias, durante o período de agosto/2021 até junho/2022, dos resíduos sólidos minerais (RSM) e grosseiros

(RSG) nas unidades de bombeamento, tanto no sistema de SABS, quanto no sistema de CTS, utilizando caminhão combinado hidro a vácuo. O caminhão apresenta um sistema de bombeamento, com uma vazão de sucção. Na unidade de bombeamento, coloca-se o mangote de sucção do caminhão hidrojato combinado, se necessário faz o jateamento com água para facilitar a remoção do RSM e inicia-se a coleta do resíduo mineral da estação elevatória, monitorando o tempo de sucção (Figura 18) para posterior cálculo do da vazão de sucção.

Figura 18 – Manutenção preventiva da unidade de CTS, realizando a remoção de resíduo sólido mineral contidos no poço de sucção da estação elevatória de esgoto, utilizando mangote de sucção do caminhão hidrojato combinado.



Fonte: elaborado pelo autor.

O material coletado é acondicionado dentro do tanque reservatório do caminhão hidrojato combinado e encaminhado até uma unidade operacional, onde o resíduo mineral é disposto em uma caçamba para obtenção do volume

em m³ dos resíduos. Desta forma, elabora-se uma relação efetiva entre o tempo de sucção e o volume, para realização das medições nas outras unidades.

4.3 COLETA DE DADOS PLUVIOMÉTRICOS

As informações pluviométricas foram obtidas a partir dos dados disponibilizados pelo Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais – CEMADEN. Os dados gerados pelos pluviômetros automáticos estão disponíveis para a sociedade através do Mapa Interativo, acessível pelo website do Cemaden (www2.cemaden.gov.br/mapainterativo).

O Mapa Interativo apresenta os ícones de cada equipamento, conforme sua localização, com um rótulo do acumulado pluviométrico das últimas 24 horas. Cada ícone conduz o usuário aos gráficos individuais do equipamento, sendo possível fazer o download da série histórica de dados dos equipamentos, ou período de interesse, para posterior manipulação dos dados conforme as diferentes necessidades.

4.4 TRANSPORTE E DESTINAÇÃO DE RESÍDUOS

As informações do resíduo sólido mineral coletado, foram registradas no Manifesto de Transporte de Resíduos (MTR). O MTR é um documento obrigatório que registra as informações da movimentação de resíduos, desde a fonte geradora até a sua destinação final. Através desse registro é possível monitorar a geração, o transporte e a destinação adequada dos resíduos sólidos no Estado do Rio de Janeiro. O MTR é gerado através de um sistema online, no qual o requerente/usuário faz o seu cadastro e, em seguida, insere as informações sobre os resíduos que gera/transporta/destina.

A regulamentação que estabelece esta metodologia, é a Norma Operacional para o Sistema Online de Manifesto de Transporte de Resíduos (NOP Inea 35 – Sistema MTR), aprovada pela Resolução CONEMA nº 79, e estabeleceu as condições de controle da geração, transporte e destinação adequada dos resíduos no Estado do Rio de Janeiro. Após a elaboração do MTR, os resíduos foram encaminhados para compostagem ou aterro sanitário, dependendo do tipo de resíduo obtido.

4.5 GESTÃO DA COLETA DE DADOS E INDICADORES

De acordo com o sistema de esgotamento sanitário, foram elaboradas planilhas para coleta e registro dos dados obtidos nas estações elevatórias de esgoto bruto que servem aos sistemas de coleta de esgoto em tempo seco e separador absoluto. Para isso, a coleta dos dados foi acrescentada como parte da gestão diária, adequando a rotina operacional da empresa e, desta forma, a coleta dos dados foi realizada diariamente, durante o período de agosto/2021 a junho/2022, na Tabela 4, são apresentados o resumo mensal da gestão da Bacia ETE Ponte dos Leites, contendo as vazões, volumes de esgoto, precipitação acumulada e respectivos volumes de resíduos sólidos (RSM e RSG) coletado no SES estudado.

Tabela 4 - Resumo da gestão operacional mensal, com registros das vazões, volumes de esgoto, precipitação acumulada e volumes resíduos (RSM e RSG) - Bacia ETE Ponte dos Leites.

Mês	Q _{méd} Esg. l/s	Vol. Esg. m ³	Precip. Acum. mm	Vol. RSM m ³	Vol. RSG m ³
ago/21	170,23	455.955,32	65	79,02	14,42
set/21	174,73	452.897,32	25	41,08	10,49
out/21	170,44	456.502,17	134	134,61	17,01
nov/21	172,92	448.216,31	80	111,49	13,75
dez/21	175,74	470.708,55	227	199,42	23,77
jan/22	170,22	455.912,55	190	180,96	18,47
fev/22	179,29	433.736,56	110	109,07	18,70
mar/22	173,55	464.829,00	10	72,90	10,56
abr/22	176,80	458.265,60	151	135,37	18,23
mai/22	177,35	475.011,00	52	69,75	12,75
jun/22	178,13	461.724,00	40	62,23	13,12
	174,49	457.614,40	1.084	1195,89	171,27

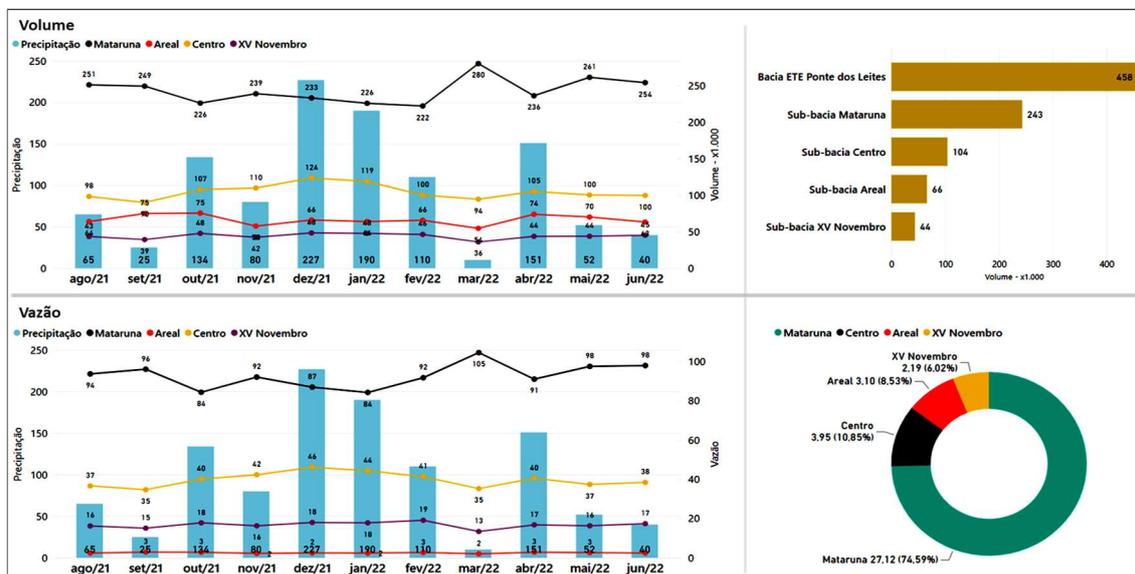
Fonte: elaborado pelo autor.

Após a coleta dos dados de campo, utilizou-se o *software Power BI*[®] e Microsoft Excel como ferramenta de gestão (Figura 19). Desta forma, após a inserção dos dados no software, foi estruturado um banco de dados, que gerou os seguintes indicadores, tanto para resíduo sólido mineral quanto para resíduo sólido grosseiro:

- Volume de resíduo sólido (m³);
- Volume de resíduo sólido por habitante (m³/hab.);
- Volume de resíduo sólido por volume de esgoto (m³/m³ esg.);
- Volume de resíduo sólido por quilômetro quadrado (m³/Km²);

- Precipitação mensal / sub-bacia;
- Gestão dos custos envolvido na gestão dos resíduos.

Figura 19 – Ilustração do painel de gestão mensal dos volumes de esgoto da bacia ETE Ponte dos Leites.



Fonte: elaborado pelo autor.

4.6 ANÁLISE DA EFICIÊNCIA HIDRÁULICA DE INTERCEPTAÇÃO DE ESGOTO E RETENÇÃO DE SÓLIDOS MINERAIS NA CAPTAÇÃO EM TEMPO SECO (CTS) MATARUNA

A eficiência de uma CTS dependerá da intensidade, duração e frequência dos eventos pluviométricos; da dimensão e declividade da bacia hidrográfica; de sua forma de ocupação e uso do solo e respectiva densidade populacional. Eventos pluviométricos frequentes, de elevada intensidade e maior duração, e sujeitos a maior dinâmica da energia de propagação do fluxo através da bacia hidrográfica, contribuirão para a menor eficiência da CTS (ZAWILSKI and BRZEZIŃSKA, 2014).

Para realizar a análise hidráulica da CTS Mataruna (Figura 21), preliminarmente realizou-se o monitoramento do vertedouro para o cálculo da vazão do rio Mataruna. Neste sentido, a medição do nível do canal foi realizada através do uso de um sensor de nível ultrassônico (Figura 20) onde, após a obtenção dos dados de 5 em 5 minutos, estes foram encaminhados através de painel de telemetria para a Central de Controle de Operações da Concessionária (CCO).

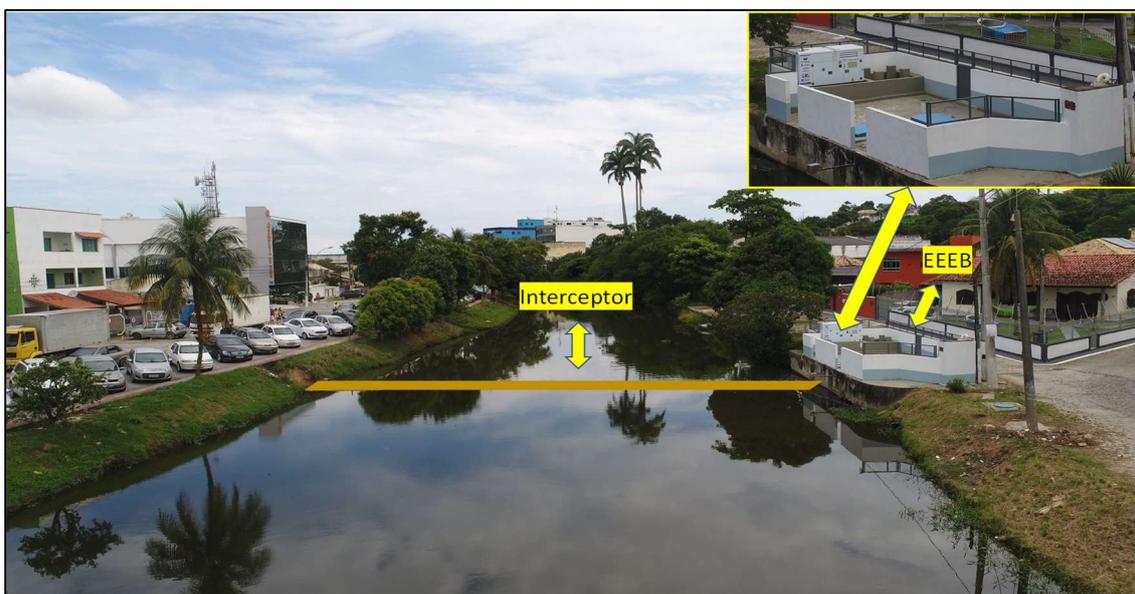
Para realização do cálculo da vazão do canal, os dados obtidos pelo Centro de Controle Operacional (CCO) foram planilhados no Excel, para aplicação da fórmula de Francis para o cálculo da vazão de vertedouros, considerando um vertedouro retangular de parede delgada, sem contrações. O período de realização do monitoramento, compreendeu de 01/10/2020 a 30/06/2022, onde foram obtidos 181.001 dados de monitoramento do nível e, conseqüentemente, a vazão do Rio Mataruna.

Figura 20 - CTS Mataruna com interceptor de efluentes por vertedouro retangular sem contrações. A seta amarela destaca a localização do sensor ultrassônico com a finalidade de monitorar nível, que será utilizado para cálculo das vazões extrasada neste ponto.



Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 21 – CTS Mataruna com interceptor de efluentes por vertedouro retangular que direciona água residuária para EEEB.



Fonte: elaborado pelo autor.

Com apoio do *Microsoft Excel*, foi aplicada a fórmula de Francis para o cálculo da vazão do vertedouro da CTS Mataruna, considerando um vertedouro retangular de parede delgada, sem contrações.

Valores do Coeficiente de Vazão C_D

Fórmula de Francis (1905): $C_D = 0,615 \left[1 + 0,26 \left(\frac{H}{H+P} \right)^2 \right]$
($0,25 < H < 0,80$ m; $P > 0,30$ m e $H < P$)

Q vertedouro – Francis (Área Bacias x Precipitação)

Para $P/H > 3,5$, $C_D = 0,623$, logo:

$$Q = 1,838 \cdot L \cdot H^{3/2}$$

Onde:

Q – Vazão de escoamento do vertedor (m^3/s)

H – Altura da lâmina d'água (m)

L – Comprimento da soleira (m)

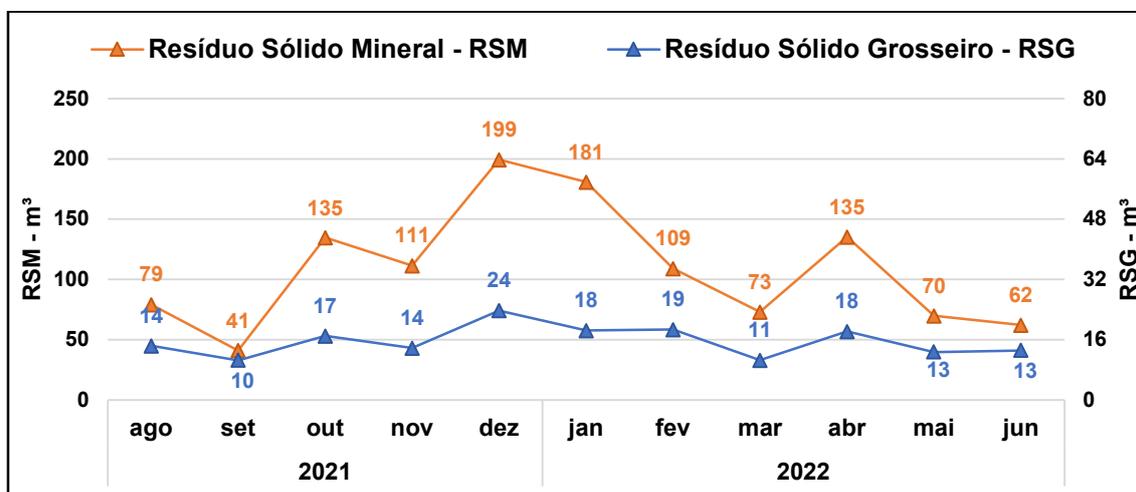
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 QUANTIFICAÇÃO DE RSM E RSG NAS EEEB

De acordo com objetivo específico de quantificar o aporte de RSM e RSG nas estações elevatórias de esgoto bruto que servem aos sistemas de CTS e SABS, a Planilha de Dados da Gestão Operacional de RSM e RSG da Bacia ETE Ponte dos Leites que consta no Anexo A e Tabela 5 do presente documento, resume os principais resultados obtidos.

De forma a fomentar a discussão dos mesmos, a Figura 22 apresentam o registro das quantidades totais mensais de RSM e RSG retidas nas 29 estações elevatórias que servem a ambos os sistemas SABS e CTS e, durante o período compreendido entre agosto/2021 e junho/2022. Estas indicam a acumulação total de 1.195,9 m³ de RSM e 171,3 m³ de RSG, a qual representa a acumulação média mensal de 41,2 m³ e 5,9 m³, respectivamente por estação elevatória de esgoto.

Figura 22 - Valor de RSM (m³/mês) e RSG (m³/mês) acumulado durante o período de agosto/2021 a junho/2022, nas 29 estações elevatórias de esgoto bruto que servem aos sistemas SABS e CTS.



Fonte: elaborado pelo autor.

Tabela 5 – Resumo da gestão operacional com dados de RSM, RSG, indicadores específicos da Bacia ETE Pontes dos Leites, precipitações, vazões médias por sub-bacias de esgotamento, sistema coletor, área por sub-bacia/sistema coletor, EEEB, população

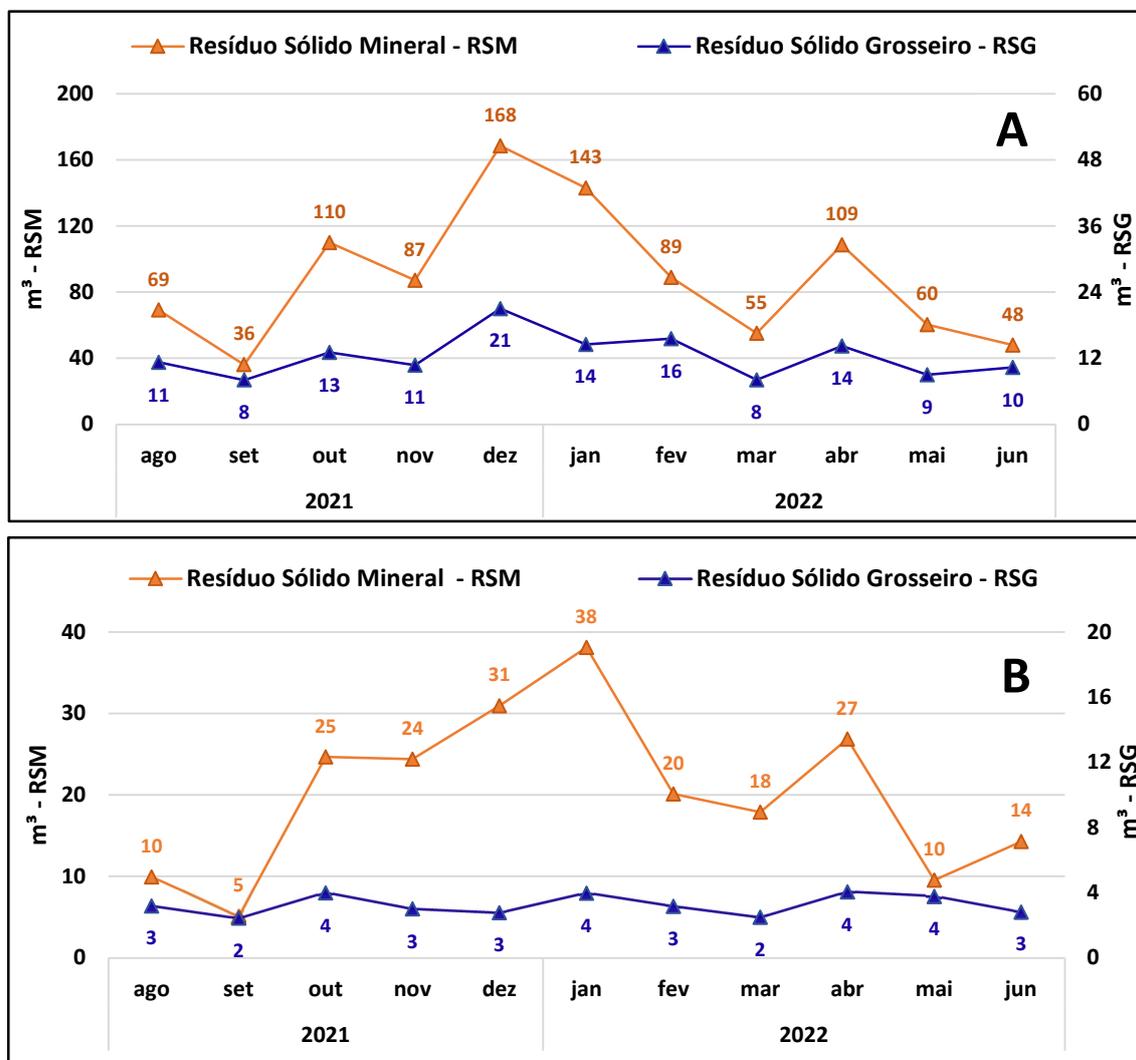
Bacia SES	Sub-bacias	População Atendida	Vazão média Sub Bacia - L/s	Sistema Coletor	Área km ²	Hidrografia	EEEB	Qm / EEEB L/s	Potência cv	Pop. 2021
ETE Pontes dos Leites	SB Mataruna	49.827	92,76	Absoluto	0,41	-	EEEB Baby Club	4,65	2,50	2.806
							EEEB Brizolão	5,77	3,00	3.482
							EEEB Casa da Alegria	4,55	3,00	2.746
				CTS	26,29	Rio Mataruna	EEEB Borracheiro	1,44	1,00	715
							EEEB Constituição	6,63	4,00	3.293
							EEEB Edmundo Silva	92,76	110,00	1.763
							EEEB Mataruna	42,57	15,00	21.143
							EEEB Oscar Clark	3,73	2,00	1.853
							EEEB Parque das Araras	11,95	11,00	5.935
							EEEB Ponte Alta	5,68	4,00	2.821
	EEEB Regional	5,79	5,50	2.876						
	SB Centro	13.781	46,29	Absoluto	0,46	-	EEEB Casa de Caridade	12,16	20,00	3.702
							EEEB Centro	0,81	0,50	285
							EEEB Clube Xadrez	1,34	1,00	472
							EEEB Padaria Invicta	0,76	0,50	268
							EEEB Sabor e Cor	0,81	0,50	285
				CTS	3,43	Canal sem Id.	EEEB Ary Parreira	46,29	110,00	765
							EEEB Nilo Peçanha	13,56	22,50	3.453
							EEEB Pirata	6,84	11,00	1.984
							EEEB Pontinha 1	5,12	6,00	1.485
							EEEB Pontinha 2	4,89	4,00	1.418
	SB Areal	11.162	18,74	CTS	3,10	Canal sem Id.	EEEB 3 Nascentes	18,74	5,50	1.423
							EEEB Areal	5,72	10,00	2.841
EEEB Goiabeira							3,36	4,00	1.669	
EEEB Hospício							3,79	4,00	1.882	
EEEB Ponta							5,84	10,00	2.901	
SB XV Novembro	9.938	16,74	Absoluto	0,32	-	EEEB Carlos Leal	6,94	34,00	5.094	
						EEEB Darcy Ribeiro	3,97	4,00	2.069	
			CTS	1,87	-	EEEB Litorânea	5,83	13,00	3.280	

Período chuvoso: Out/21 à Mar/22									Período Seco: Ago e Set/21 e Abril à Jun/22								
Precipitação acum.: 751 mm									Precipitação acum.: 333mm								
Vol. Méd. Esgoto - m³	RSG				RSM				Vol. Méd. Esgoto - m³	RSG				RSM			
	m³	m³/ 1000hab	m³/1000 m³ esg.	m³/km²	m³	m³/ 1000hab	m³/1000 m³ esg.	m³/km²		m³	m³/ 1000hab	m³/1000 m³ esg.	m³/km²	m³	m³/ 1000hab	m³/1000 m³ esg.	m³/km²
15.543	1,63	0,10	0,02	2,70	16,96	1,01	0,18	23,83	15.810	1,56	0,09	0,02	2,80	6,22	0,44	0,08	10,48
19.287	3,28	0,16	0,03		24,77	1,19	0,22		19.617	2,71	0,14	0,03		9,08	0,52	0,09	
15.209	1,72	0,10	0,02		16,90	1,03	0,19		15.470	1,46	0,09	0,02		6,19	0,45	0,08	
3.785	1,02	0,24	0,05	0,26	10,33	2,41	0,41	1,88	3.850	0,44	0,10	0,02	0,18	4,52	1,26	0,23	1,19
17.427	4,59	0,23	0,04		30,79	1,56	0,31		17.725	1,94	0,10	0,02		13,35	0,81	0,15	
9.329	12,82	1,21	0,23		106,96	10,11	1,83		9.489	7,66	0,74	0,16		67,76	7,69	1,43	
111.896	7,62	0,06	0,01		51,58	0,41	0,19		113.811	5,44	0,04	0,01		28,67	0,27	0,05	
9.804	1,05	0,09	0,02		14,98	1,35	0,24		9.972	0,65	0,06	0,01		6,49	0,70	0,13	
31.411	8,85	0,25	0,05		34,89	0,98	0,22		31.948	5,05	0,15	0,03		15,13	0,51	0,09	
14.930	2,49	0,15	0,03		18,50	1,09	0,21		15.186	1,59	0,09	0,02		8,02	0,57	0,11	
15.219	2,77	0,16	0,03		28,10	1,63	0,31		15.480	1,31	0,08	0,02		12,18	0,85	0,16	
20.504	5,06	0,23	0,04	3,02	34,45	1,55	0,31	22,11	20.855	4,82	0,22	0,05	3,16	17,86	0,96	0,17	13,42
1.581	0,81	0,47	0,09		6,94	4,05	0,64		1.608	0,49	0,28	0,06		3,48	2,44	0,43	
2.615	0,99	0,35	0,06		9,90	3,50	0,54		2.660	0,56	0,20	0,04		4,75	2,01	0,36	
1.483	0,60	0,37	0,07		4,11	2,56	0,41		1.509	0,43	0,27	0,06		2,28	1,70	0,30	
1.581	0,88	0,52	0,09		5,62	3,28	0,50		1.608	0,98	0,57	0,12		2,50	1,75	0,31	
4.048	7,87	1,71	0,32	1,13	72,67	15,84	2,63	9,09	4.117	7,34	1,61	0,36	0,92	41,35	10,81	2,01	5,38
18.272	7,05	0,34	0,06		45,94	2,22	0,44		18.585	3,90	0,19	0,04		19,92	1,15	0,21	
10.498	3,86	0,32	0,06		30,79	2,59	0,47		10.678	2,13	0,18	0,04		13,35	1,35	0,25	
7.858	2,38	0,27	0,05		20,44	2,29	0,41		7.993	1,32	0,15	0,03		10,16	1,37	0,25	
7.505	2,06	0,24	0,05		17,24	2,03	0,36		7.634	1,14	0,13	0,03		7,48	1,05	0,20	
7.530	6,25	0,73	0,14	0,73	46,15	5,41	0,96	6,71	7.659	4,90	0,57	0,13	0,64	20,01	2,81	0,52	3,49
15.035	2,44	0,14	0,03		21,34	1,25	0,24		15.292	1,64	0,09	0,02		9,25	0,65	0,12	
8.832	1,01	0,10	0,02		12,07	1,21	0,22		8.983	0,65	0,06	0,01		5,23	0,63	0,12	
9.962	1,43	0,13	0,02		15,29	1,35	0,25		10.133	1,14	0,10	0,02		6,63	0,70	0,13	
15.350	2,44	0,14	0,03		30,04	1,73	0,33		15.613	1,64	0,09	0,02		13,02	0,90	0,17	
28.212	4,36	0,14	0,03	2,27	36,46	1,19	0,24	18,99	28.695	3,23	0,11	0,02	2,02	13,36	0,52	0,09	8,35
10.948	1,11	0,09	0,02	0,44	15,76	1,27	0,23	3,94	11.136	0,56	0,05	0,01	0,31	6,83	0,66	0,12	2,05
17.356	3,79	0,19	0,04		28,48	1,45	0,28		17.654	2,33	0,13	0,03		12,35	0,75	0,14	

Fonte: elaborado pelo autor.

A Figura 23 destaca o registro das quantidades mensais de RSM e RSG retidas nas estações elevatórias que servem especificamente a cada modelo de sistema de esgotamento sanitário – CTS e SABS, durante o mesmo período compreendido entre agosto/2021 e junho/2022 (Anexo A).

Figura 23 - Quantificação mensal de RSM (m³) e RSG (m³) retidas nas EEEB que servem especificamente aos sistemas de coleta de esgoto em CTS (A) e SABS (B).



Fonte: elaborado pelo autor.

De acordo com a Figura 23A, o sistema de CTS indica a acumulação total no período de 974,1 m³ de RSM e 135,7 m³ de RSG, nas 20 EEEB avaliadas, resultando em volume médio por estação elevatória de 48,7 m³ e 6,7 m³, respectivamente.

Quando analisamos a Figura 23B, o sistema SABS indica a acumulação total no mesmo período de 221,8 m³ de RSM e 35,6 m³ de RSG, nas 9 EEEB avaliadas, resultando em acumulação média por estação elevatória 24,7 m³ e 3,9 m³, respectivamente.

Os resultados anteriores evidenciam que, o sistema de CTS gera maior quantidade de RSM e RSG quando comparado ao sistema SABS, tanto em relação a quantidade total acumulada no período observado, como também em relação as respectivas quantidades mensais.

Analisando o resultado das 29 estações elevatórias de esgotamento bruto, sendo 20 do sistema de CTS e 09 estações do sistema de SABS, que configura o sistema de esgotamento sanitário (SES) estudado, pode-se afirmar que o sistema de CTS foi capaz de acumular volumes, em termos absolutos, de RSM e RSG, 4 vezes maior quando comparado ao sistema SABS, ou seja, o sistema de CTS respondeu por aproximadamente 81,2% dos volumes totais de RSM e RSG acumulados no período. Observamos ainda que o volume de RSM por estação elevatória de esgoto bruto do SES em CTS é 49,3% superior que o SES com SABS, enquanto o volume de RSG por EEEB é 63,2%. A coluna (m^3/km^2) da Tabela 5 apresenta os valores a produção de RSM e RSG por área de esgotamento (km^2), que desta forma, sendo admissível fornecer valores possíveis de comparação com outras bacias de esgotamento com características semelhantes a região litorânea do Estado do Rio de Janeiro.

Como esperado, os resultados obtidos diferem em função da capacidade nominal das estações elevatórias, com tendência de correlação sempre positiva. Neste sentido, optou-se pela quantificação específica de RSM e RSG acumulados com base na população contribuinte e a vazão de esgotos afluentes.

Portanto, nas Tabelas 6 e 7, são apresentados os valores da estatística descritiva dos resultados, incluindo a média aritmética, mediana, desvio-padrão e coeficiente de variação dos indicadores: volume acumulado por habitante contribuinte ($m^3RSM/hab.$), volume acumulado por volume de esgoto afluente (m^3RSM/m^3), volume acumulado por habitante contribuinte ($m^3RSG/hab.$) e volume acumulado por volume de esgoto afluente (m^3RSG/m^3) do SES baseado na estratégia de CTS.

Tabela 6 – Estatística descritiva dos resultados dos indicadores volume acumulado por habitante contribuinte ($m^3RSM/hab.$) e volume acumulado por volume de esgoto afluente (m^3RSM/m^3) – sistema CTS (período de agosto/21 a junho/22).

Indicador	Média	Mediana	Desv. Pad.	Coef. Var.
$m^3RSM/1000hab$	2,39	2,31	1,15	0,575
$m^3RSM/1000m^3\ esg.$	0,45	0,45	0,21	0,568

Fonte: elaborado pelo autor.

Tabela 7 – Estatística descritiva dos resultados dos indicadores volume acumulado por habitante contribuinte ($m^3RSG/hab.$) e volume acumulado por volume de esgoto afluyente ($m^3RSG/m^3esg.$) – sistema CTS (período de agosto/21 a junho/22).

Indicador	Média	Mediana	Desv. Pad.	Coef. Var.
$m^3 RSG/1000hab$	0,31	0,29	0,12	0,449
$m^3 RSG/1000m^3 esg.$	0,06	0,06	0,02	0,436

Fonte: elaborado pelo autor.

Nas Tabela 8 e 9, são apresentados os valores da estatística descritiva dos resultados, incluindo a média aritmética, mediana, desvio-padrão e coeficiente de variação dos seguintes indicadores: volume acumulado por habitante contribuinte ($m^3RSM/hab.$) e volume acumulado por volume de esgoto afluyente (m^3RSM/m^3), volume acumulado por habitante contribuinte ($m^3RSG/hab.$) e volume acumulado por volume de esgoto afluyente (m^3RSG/m^3) dos sistemas de esgotamento sanitário baseado em captação em tempo seco (CTS) e separador absoluto (SABS). Considerando o período observado e resguardados os resultados ao estudo de caso avaliado, obteve-se:

Tabela 8 – Estatística descritiva dos resultados dos indicadores volume acumulado por habitante contribuinte ($m^3RSM/hab.$) e volume acumulado por volume de esgoto afluyente (m^3RSM/m^3) – sistema SABS (período de agosto/21 a junho/22).

Indicador	Média	Mediana	Desv. Pad.	Coef. Var.
$m^3 RSM/1000hab$	1,63	1,75	0,92	0,604
$m^3 RSM/m^3 1000esg.$	0,31	0,32	0,15	0,512

Fonte: elaborado pelo autor.

Tabela 9 – Estatística descritiva dos resultados dos indicadores específicos - volume acumulado por habitante contribuinte ($m^3RSG/hab.$) e volume acumulado por volume de esgoto afluyente (m^3RSG/m^3) – sistema SABS (período de agosto/21 a junho/22).

Indicador	Média	Mediana	Desv. Pad.	Coef. Var.
$m^3 RSG/1000hab$	0,24	0,23	0,12	0,459
$m^3 RSG/m^3 1000esg.$	0,05	0,05	0,02	0,358

Fonte: elaborado pelo autor.

Analisando os dados dos indicadores de RSM ($m^3RSM/hab.$ e $m^3RSM/m^3 esg.$) e RSG ($m^3RSG/hab.$ e $m^3RSG/m^3 esg.$) obtidos pela estatística descritiva para o sistema de esgotamento sanitário (SES) estudado, foi possível observar através da mediana que ambos os indicadores foram maiores no SES baseado na estratégia de CTS comparando com sistema SABS, respectivamente 32%, 40%, 26% e 20%. As variações entre os indicadores, ocorrem em função

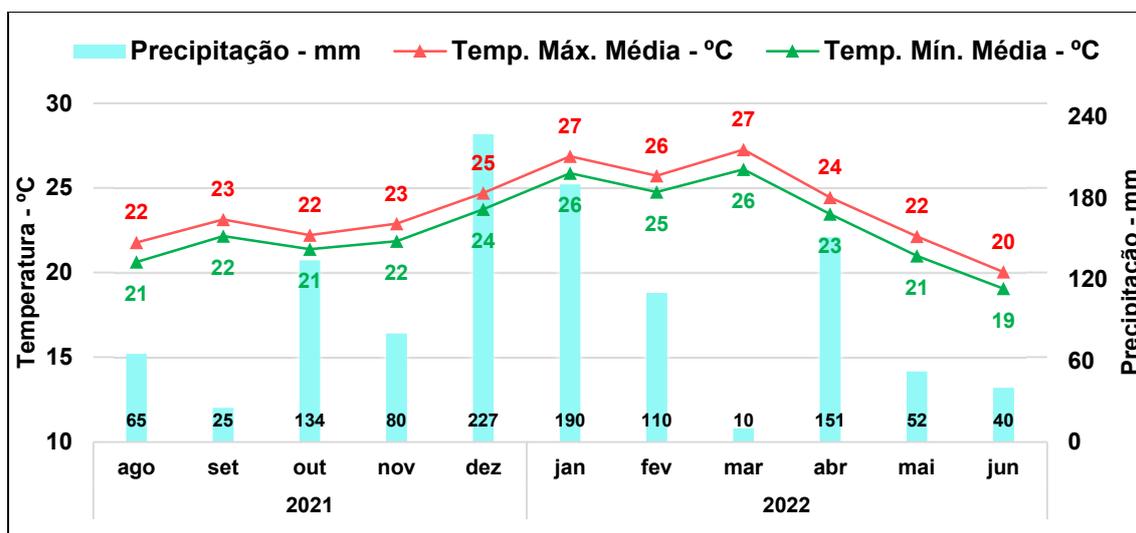
população contribuinte e a vazão afluyente às elevatórias do sistema de CTS serem maiores do que no sistema SABS.

Como esperado, tanto os valores absolutos acumulados quanto os valores específicos dos indicadores do SES baseada na estratégia de CTS são superiores aos valores do sistema SABS. Conclui-se, portanto, que especificamente, o sistema de CTS, no caso estudado, é capaz de acumular maior quantidade de resíduos, quando comparado com o sistema SABS.

Notadamente, os indicadores específicos ($\text{m}^3\text{RSM}/\text{hab.}$, $\text{m}^3\text{RSM}/\text{m}^3$, $\text{m}^3\text{RSG}/\text{hab.}$ e $\text{m}^3\text{RSG}/\text{m}^3$) do SES estudado são fortemente influenciadas pela ocorrência dos eventos de precipitação pluviométrica, que têm repercussão sobre a quantidade de resíduos carreados e acumulados nas respectivas estações elevatórias.

Neste sentido, para fomentar a discussão, na Figura 24 são apresentados os valores de precipitação mensal e temperatura da Bacia ETE Ponte dos Leites. Observa-se que a sazonalidade compreendida entre os meses agosto e setembro de 2021 e abril e junho de 2022 possa caracterizar o período de estação seca e a sazonalidade compreendida entre os meses de outubro de 2021 e março de 2022 caracterize o período de estação chuvosa.

Figura 24 - Precipitação média mensal e temperatura.



Fonte: elaborado pelo autor.

Portanto, a elucidar os efeitos da precipitação pluviométrica sobre a vazão afluyente às elevatórias, e notadamente às elevatórias do sistema de CTS, na Tabela 10 são apresentados os dados da estatística descritiva dos indicadores

volume de RSM e volume de RSG ($m^3RSM/hab.$, $m^3RSG/hab.$, m^3RSM/m^3esg e $m^3RSG/m^3esg.$), incluindo a média aritmética, mediana, desvio-padrão e coeficiente de variação, discretizados de acordo com os períodos seco e chuvoso.

Tabela 10 - Estatística descritiva dos resultados dos indicadores específicos - volume acumulado por habitante contribuinte ($m^3RSM/1000hab$ e $m^3RSG/1000hab$) e volume acumulado por volume de esgoto afluente ($m^3RSM/1000m^3$ esgoto e $m^3RSG/1000m^3$ esgoto) – sistemas CTS e SABS para os períodos seco e chuvoso.

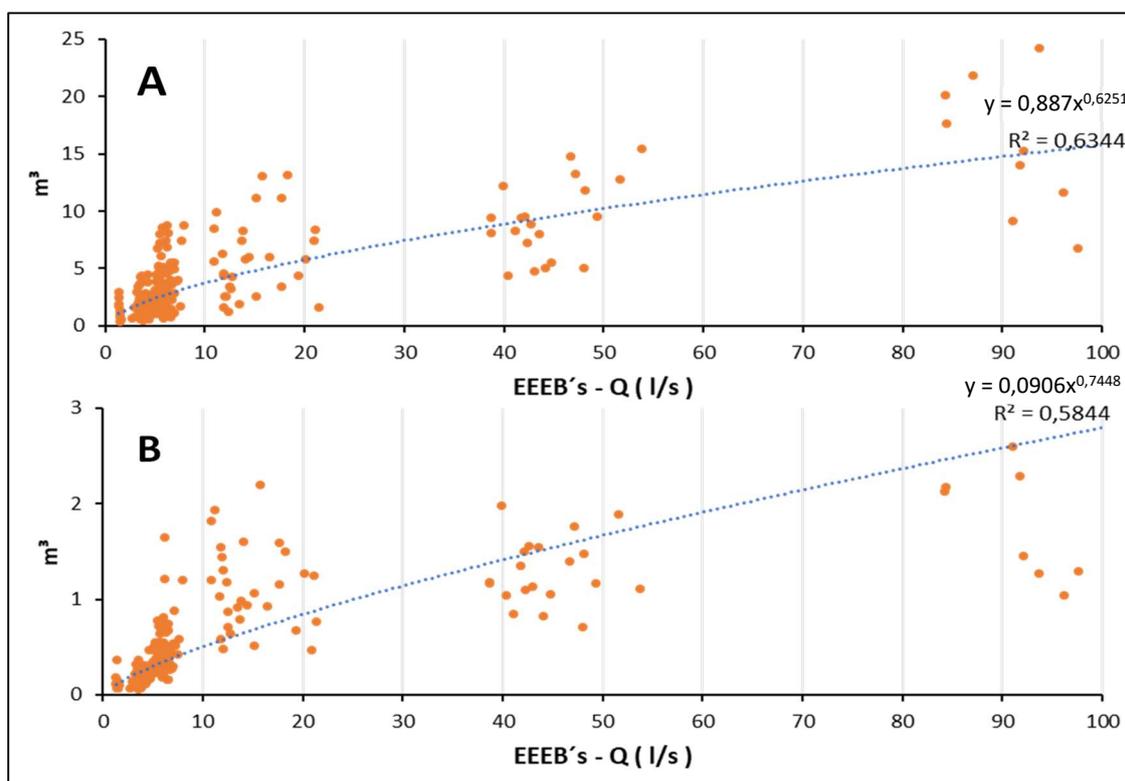
Período chuvoso: outubro/21 a março/22					
	Indicador	Média	Mediana	Desv. Pad.	Coef. Var.
CTS	$m^3RSM/1000hab$	2,91	2,73	1,06	0,455
	$m^3RSM/m^31000esg.$	0,55	0,52	0,19	0,439
	$m^3RSG/1000hab$	0,33	0,33	0,14	0,462
	$m^3RSG/m^31000esg.$	0,06	0,06	0,02	0,441
SABS	$m^3RSM/1000hab$	2,15	2,10	0,63	0,319
	$m^3RSM/m^31000esg.$	0,39	0,38	0,11	0,312
	$m^3RSG/1000hab$	0,27	0,25	0,12	0,387
	$m^3RSG/m^31000esg.$	0,05	0,04	0,02	0,393
Período seco: agosto e setembro/21 e abril a junho/22					
	Indicador	Média	Mediana	Desv. Pad.	Coef. Var.
CTS	$m^3RSM/1000hab$	1,78	1,58	0,96	0,624
	$m^3RSM/m^31000esg.$	0,33	0,29	0,18	0,627
	$m^3RSG/1000hab$	0,28	0,28	0,08	0,302
	$m^3RSG/m^31000esg.$	0,05	0,05	0,01	0,294
SABS	$m^3RSM/1000hab$	1,00	0,87	0,82	0,867
	$m^3RSM/m^31000esg.$	0,21	0,18	0,12	0,626
	$m^3RSG/1000hab$	0,21	0,24	0,1	0,490
	$m^3RSG/m^31000esg.$	0,05	0,05	0,01	0,253

Fonte: elaborado pelo autor.

Os valores evidenciados na Tabela 10, apresentam a estatística descritiva dos resultados dos indicadores específicos, volume acumulado por habitante contribuinte ($m^3RSM/1000hab$ e $m^3RSG/1000hab$) e volume acumulado por volume de esgoto afluente ($m^3RSM/1000m^3$ esg. e $m^3RSG/1000m^3$ esg.) para os sistemas CTS e SABS nos períodos seco e chuvoso, demonstrando uma análise

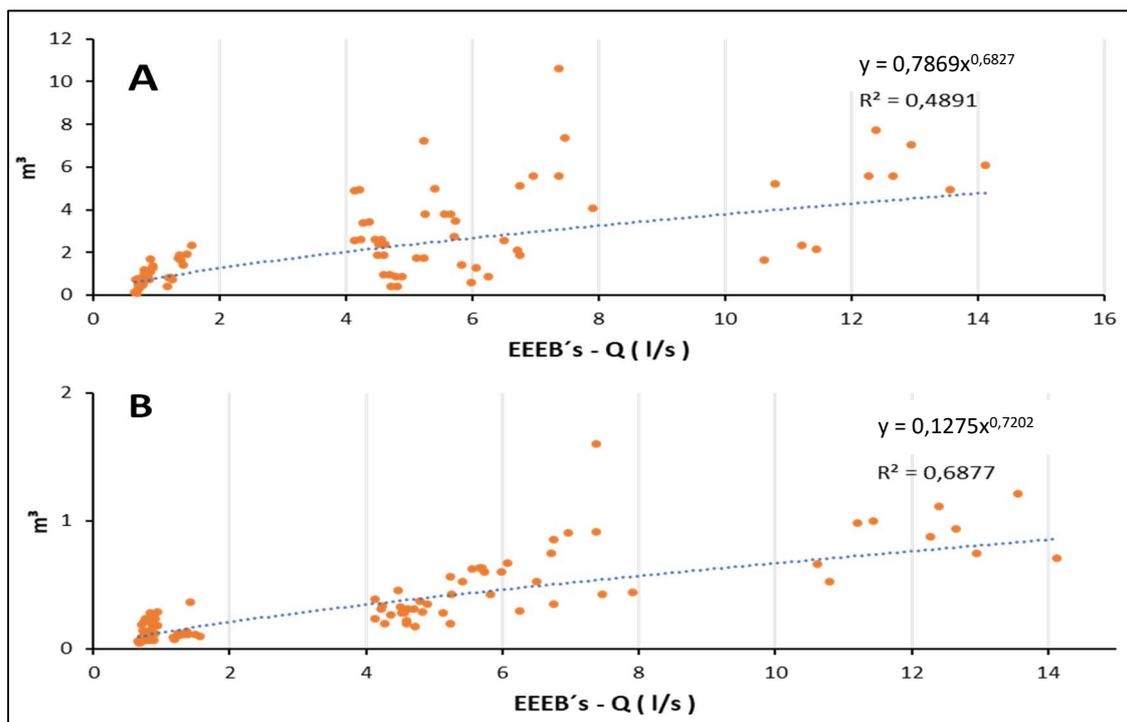
comparativa dos indicadores específicos entre os sistemas de coleta e a sazonalidade. Considerando que, o sistema de esgotamento sanitário da Bacia Pontes dos Leites é composto por 29 estações elevatórias de esgoto bruto (EEEB's), com capacidade de bombeamento variando entre 1,3 e 104 L/s e o quantitativo populacional do município, são apresentadas as correlações do volume de acúmulo de RSM e RSG/mês pela vazão das EEEB's nos sistemas de CTS (Figura 25), e RSM e RSG/mês pela vazão nos sistemas de SABS (Figura 25), indicando correlação positiva do volume dos resíduos acumulados em função da vazão das unidades de captação de efluentes, isto é, quanto maior a vazão, maior será o acúmulo de resíduo sólido mineral e grosseiro.

Figura 25 - Correlação do volume de acúmulo de resíduos $m^3/mês$ x Q (vazão) nos sistemas de CTS da Bacia ETE Pontes dos Leites. A: resíduo sólido mineral; B: resíduo sólido grosseiro.



Fonte: elaborado pelo autor.

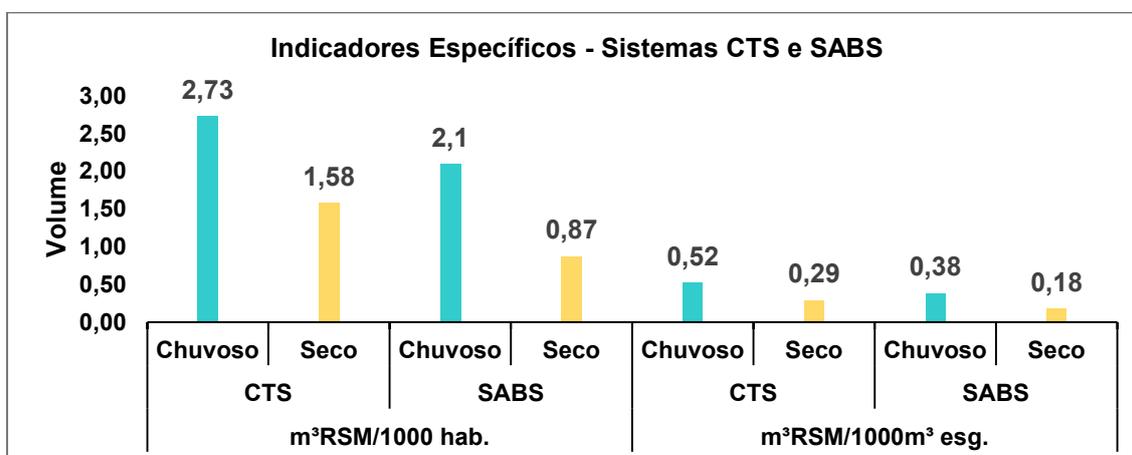
Figura 26 - Correlação do volume de acúmulo de resíduos $m^3/mês$ x Q (vazão) nos sistemas de SABS da Bacia ETE Pontes dos Leites. A: resíduo sólido mineral; B: resíduo sólido grosseiro.



Fonte: elaborado pelo autor.

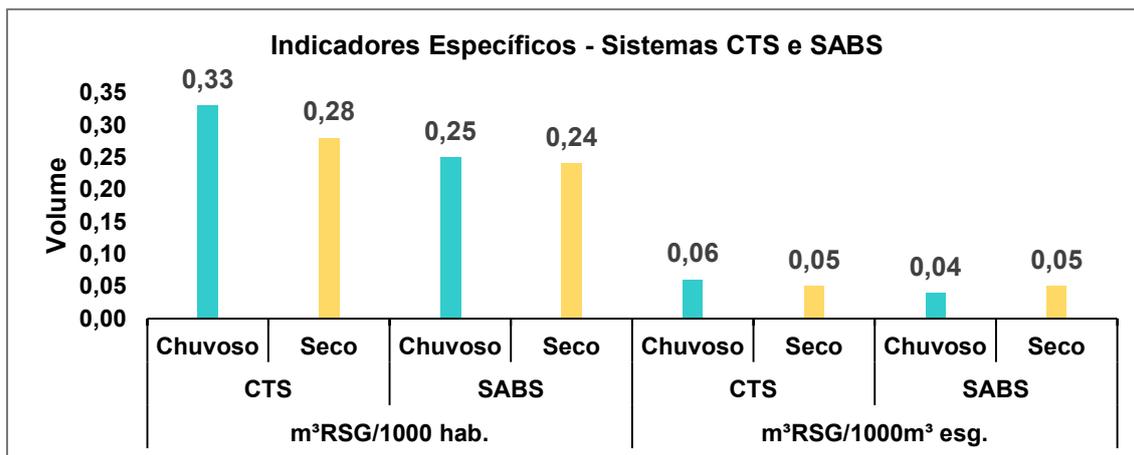
Dessa forma, para a caracterização da tendência central dos resultados das estatísticas descritivas dos indicadores específicos, por tipo de sistema (CTS e SABS) e por sazonalidade (tempo seco e chuvoso), foi escolhida o valor da mediana. Considerando o período observado e resguardados os resultados ao estudo elaborado, obteve-se os seguintes indicadores (figuras 27 e 28):

Figura 27 - Indicadores Específicos ($m^3RSM/1000hab$ e $m^3RSM/1000m^3$ esg) - sistemas CTS e SABS para os períodos seco e chuvoso.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 28 - Indicadores Específicos ($m^3RSG/1000hab$ e $m^3RSG/1000m^3$ esg) - sistemas CTS e SABS para os períodos seco e chuvoso.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Com base nos resultados obtidos, conclui-se, que o sistema de captação em tempo seco (CTS) gera uma quantidade maior de resíduos sólidos minerais e grosseiros (RSM e RSG) em comparação com o sistema separador absoluto (SABS), tanto em períodos chuvosos quanto em períodos secos. Durante períodos chuvosos, o sistema de CTS produz uma quantidade maior de RSM e RSG do que o sistema SABS. No entanto, no sistema SABS, a quantidade de RSM é maior, enquanto o volume específico de RSG é praticamente o mesmo. A razão pela qual o sistema de CTS gera mais resíduos do que o sistema SABS está relacionado ao fato de que, durante a chuva, os resíduos, como partículas do solo e sedimentos, são transportados pelo escoamento superficial para o sistema de água pluvial. Por outro lado, no sistema SABS, durante a chuva, o lençol freático tende a subir, aumentando a carga hidráulica sobre a rede coletora. Essa condição resulta em uma maior vazão de infiltração e no transporte de partículas do solo para o interior da rede coletora. Portanto, durante períodos de chuva, a quantidade de RSM gerada é maior do que em períodos sem chuva. No que diz respeito ao RSG, a presença ou ausência de chuva não influencia sua quantidade.

De acordo com JORDÃO e VOLSCHAN (2012), a empresa Águas de Niterói reportou a operação de 40 CTSs, as quais impõem à ETE Icaraí, a contribuição específica do volume de $0,20m^3$ areia/ $1000m^3$ de esgoto, valor ainda superior aos anteriormente indicados para os sistemas unitários da cidade de Niterói. A Tabela 11 resume a contribuição específica de material mineral às ETE's operadas pela mesma empresa no município de Niterói. Pode-se observar

o volume cerca de 5 vezes maior na ETE Icaraí, que recebe maiores contribuições de descargas de TS, quando comparada com as demais ETE da cidade.

Tabela 11 - Contribuição específica de material mineral às ETE's do município de Niterói.

ETE	Vazão média esgotos		Vazão areia (m ³ /mês)	Contribuição específica (m ³ areia/1000m ³ esgoto)
	(L/s)	m ³ /mês		
Icaraí	850	2.203.200	450	0,20
Itaipú	80	207.360	10	0,05
Camboinhas	80	207.360	10	0,05
Barreto	50	129.600	5	0,04
Toque-Toque	250	648.000	20	0,03

Fonte: Jordão e Volschan (2012).

Quando comparamos a contribuição específica de RSM por volume de esgoto coma ETE Icaraí (Tabela 11), obtivemos um valor médio anual de RSM de 0,29 m³areia/1000m³ esgoto em tempo seco e 0,52m³ areia /1000m³ esgoto no período chuvoso. A Figura 29 ilustra a estrutura da captação de tempo localizada no canal Ari Parreiras, em Niterói, e que permite em tempo seco, o desvio da vazão fluvial para a ETE Icaraí. Pode-se observar o material mineral acumulado e separado na lateral da calha fluvial, aguardando remoção.

Figura 29 - Estrutura da captação de tempo localizada no canal Ari Parreiras.



Fonte: Jordão e Volschan (2012).

As contribuições específicas de material mineral reportam que o mesmo modelo de captação em tempo seco, observado no município de Niterói, é também praticado nos municípios de Araruama e Petrópolis. Em todos os casos, a estratégia impõe aos serviços de operação e manutenção, cuidados extras para a limpeza e remoção de material mineral, tanto no próprio local da tomada, como na rede coletora, nas elevatórias e nos desarenadores. Em geral, os pontos de maior acumulação de areia exigem serviços frequentes de remoção por caminhão tipo *vac-all*. Por fim, cabe observar que a variabilidade da presença de areia, expressa pela razão entre o volume máximo e o volume médio

observados, tende a ser evidentemente maior no sistema unitário no município de Niterói.

Conforme mencionada pela WATER ENVIRONMENT FEDERATION (1998), a contribuição específica de sólidos minerais ao sistema separador é compreendida entre 0,004 a 0,037 m³ areia/1000m³ de esgoto, a contribuição ao sistema unitário alcança valores entre 0,004 a 0,18 m³ areia/1000m³ de esgoto.

5.2 IMPACTOS TÉCNICOS E ECONÔMICOS SOBRE A GESTÃO OPERACIONAL DOS RESÍDUOS SÓLIDOS MINERAIS E GROSSEIROS

De acordo com objetivo específico de avaliar os impactos técnicos e econômicos sobre a gestão operacional dos sistemas de esgotamento sanitário em função do acúmulo do RSM e RSG, como se vê a seguir, a Tabela 12 apresenta os custos envolvidos na gestão e o quantitativo mensal de resíduos, em toneladas de massa desidratada após armazenamento, destinado ao aterro sanitário gerado no período de agosto/2021 a junho/2022. A composição dos custos operacionais é representada pelos gastos diretos e indiretos com pessoal, com insumos e materiais de operação e manutenção, com serviços de terceiros e outros gastos gerais para destinação final dos resíduos, incluindo transporte e aterro sanitário.

Tabela 12 – Resumo dos quantitativos de volumes mensais de esgoto (m³), disposição final de resíduos (T), custos (R\$) e representatividade da Gestão Operacional SES baseado na estratégia de CTS e SABS na tarifa residencial de água da Concessionária (%).

Período	Bacia ETE Ponte dos Leites		Gestão de RSM e RSG Destinação final ¹			Tarifa Res. Água	Representatividade R\$/m ³ esg./Tarifa - %	
	Q _{méd.} - L/s	Vol. - m ³	Aterro T	R\$/mês	R\$/m ³ esg.	R\$/m ³		
2021	ago	170,35	456.955	15,55	39.534,69	0,087	9,48	0,91
	set	174,73	452.897	17,13	39.282,69	0,088	9,48	0,91
	out	170,44	456.502	35,45	38.383,05	0,084	9,48	0,89
	nov	172,92	448.216	30,75	41.544,05	0,092	9,48	0,98
	dez	175,74	470.709	30,72	45.918,25	0,097	9,48	1,03
2022	jan	170,22	455.913	68,11	50.009,91	0,109	9,48	1,16
	fev	179,29	433.737	13,37	43.631,97	0,101	9,48	1,06
	mar	173,55	464.829	29,89	38.138,45	0,082	9,48	0,87
	abr	176,80	458.266	20,52	44.680,45	0,098	11,31	0,86
	mai	177,35	475.011	26,59	40.651,45	0,086	11,31	0,76
	jun	178,13	461.724	16,87	43.848,68	0,095	11,31	0,84

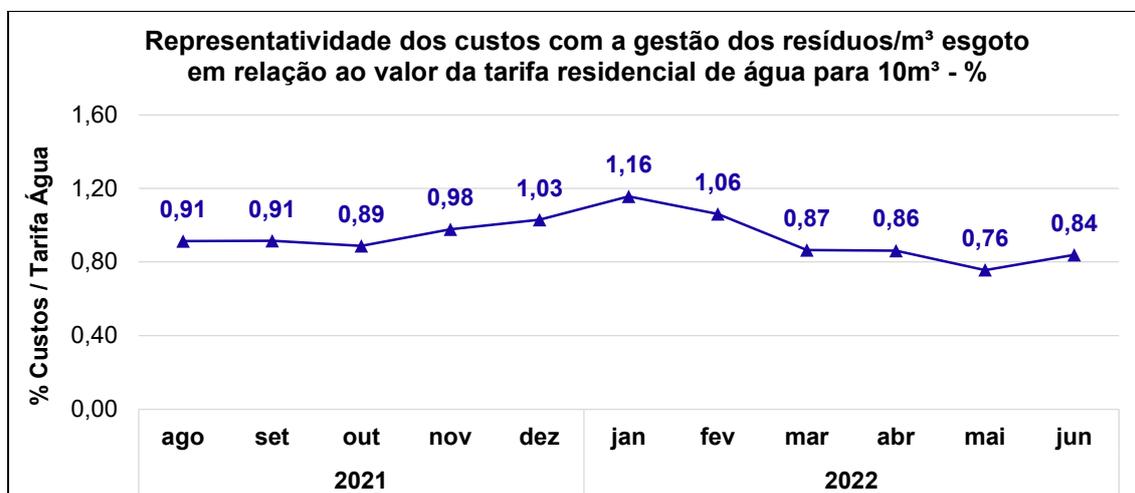
Fonte: elaborado pelo autor.

¹ Os custos de destinação final são compostos pelos gastos diretos e indiretos com pessoal, insumos, materiais de operação e manutenção, serviços de terceiros e outros gastos gerais incluindo transporte e aterro sanitário.

Conforme exposto no relatório SNIS (2020), foi registrada uma despesa total de R\$ 67.173.580,90 para a exploração dos serviços de saneamento no município de Araruama. Essa despesa abrange o período de levantamento de dados entre agosto de 2020 e junho de 2021, o que corresponde a 11 meses. Dentro desse montante, a despesa específica relacionada a gestão de RSM e RSG foi de R\$ 465.623,64, **o que representa 0,76% do custo total de despesa de exploração**. Neste sentido, R\$ 377.155,15 foram aplicados no sistema de CTS, representando 81% do montante e, R\$ 88.468,49 no sistema de SABS, representando 19% do custo. Esses dados são relevantes para compreender a alocação dos recursos de *opex* para gestão de RSM e RSG dos sistemas de esgotamentos sanitário mistos (CTS e SABS).

A partir da gestão operacional dos resíduos sólidos minerais e grosseiros da Concessionária de Saneamento, foi possível calcular a representatividade dos custos na tarifa da prestação do serviço por 10 m³ de água (consumo mínimo), em termos de porcentagem, como se vê a seguir na Figura 30. Desta forma, o custo médio mensal foi de 0,93% ($\pm 0,11$) da tarifa.

Figura 30 - Custo com a gestão de RSM e RSG, em porcentagem, em relação a tarifa da prestação do serviço.

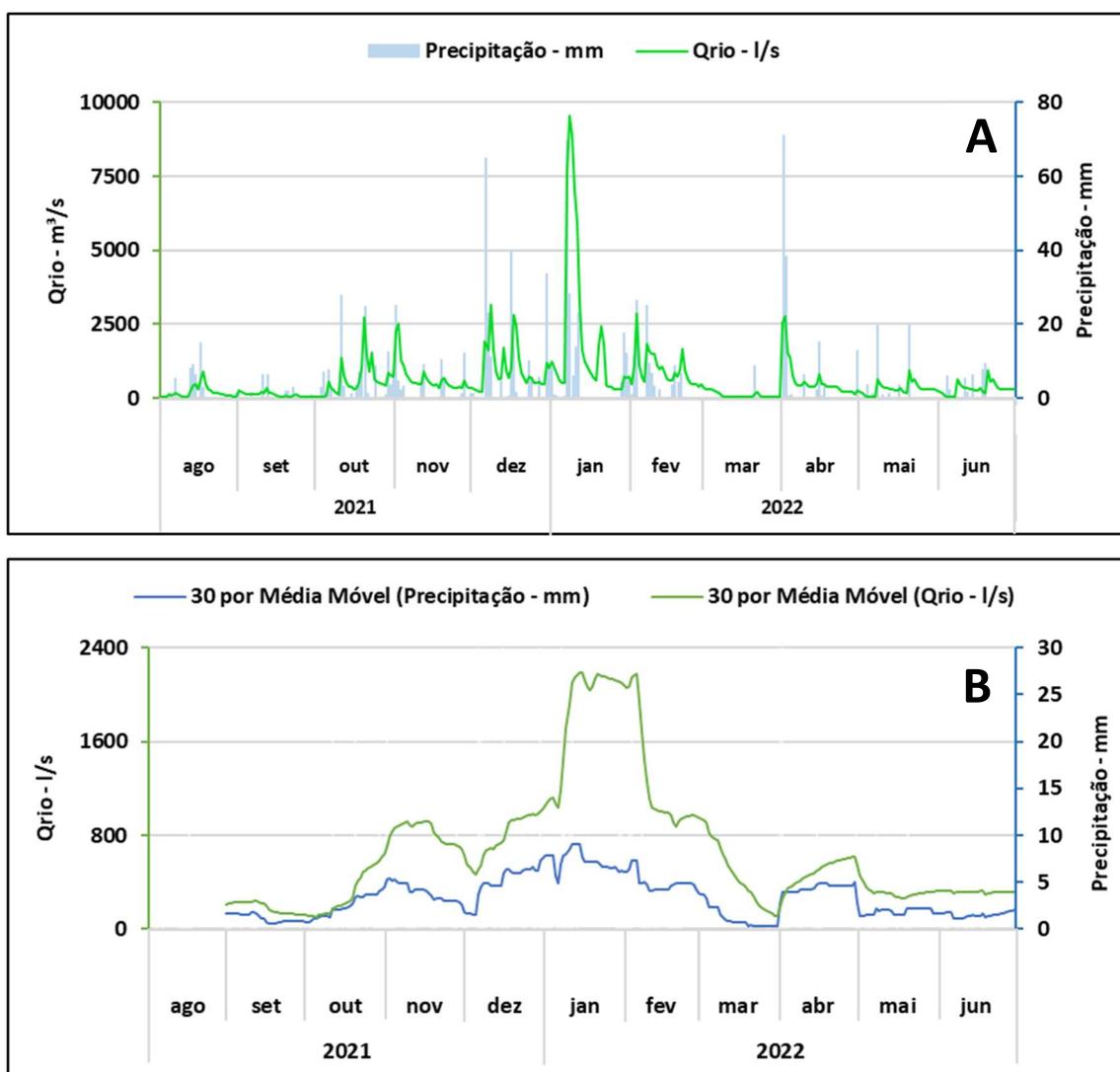


Fonte: elaborado pelo autor.

5.3 ANÁLISE DA EFICIÊNCIA HIDRÁULICA DE INTERCEPTAÇÃO DE ESGOTO E RETENÇÃO DE RSM DA CAPTAÇÃO TEMPO SECO MATARUNA

De acordo com objetivo específico de analisar eficiência hidráulica de interceptação de esgoto e retenção de sólidos minerais e grosseiros da CTS Mataruna, a Figura 31 apresenta os registros hidrológico sobre a bacia hidrográfica do Rio Mataruna, na qual a avaliação da efetividade do funcionamento da CTS está diretamente relacionada com o regime pluviométrico local, do balanço hídrico no entorno de cada CTS e dos equipamentos eletromecânicos disponíveis na unidade operacional.

Figura 31 - Vazão do vertedouro do Rio Mataruna calculada através da fórmula de Francis a partir dos dados obtidos pelo monitoramento de nível do canal.

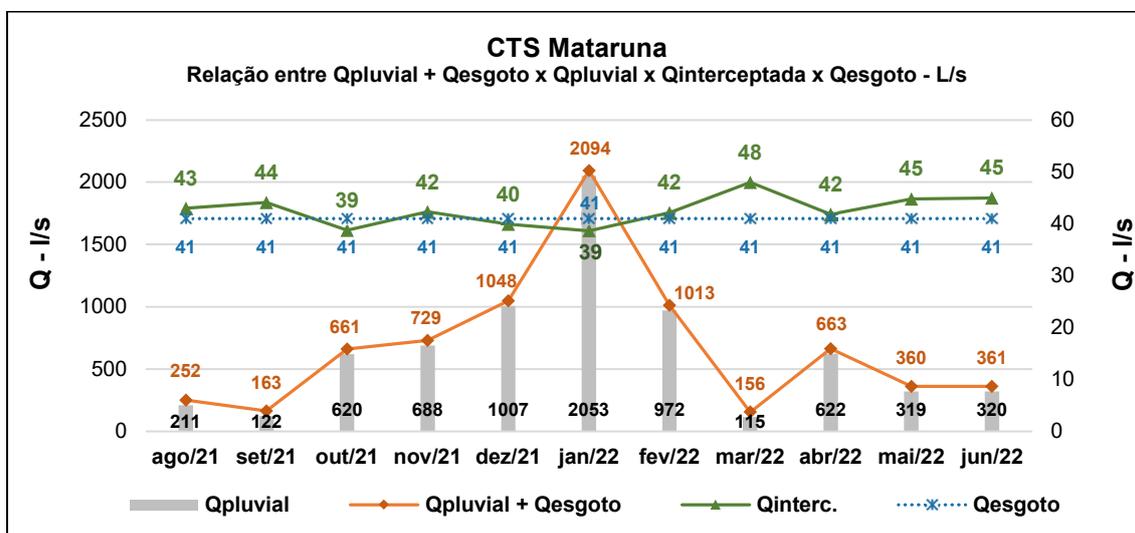


Fonte: elaborado pelo autor.

A finalidade do sistema é destinar o volume interceptado para tratamento, deve-se fazer atenção para que, em períodos de chuvas mais intensas não ocorram intercorrências que possam comprometer o sistema de tratamento dos efluentes em função do aumento da diluição do efluente coletado.

Considerando a atual situação urbana da sub-bacia CTS Mataruna e vazão de interceptação ligeiramente acima da vazão calculada de contribuição sanitária (Q_{esg}) – Figura 32, portanto, garante-se que em períodos de tempo seco ou com baixos índices de precipitação, toda a vazão de esgoto, resíduos minerais e grosseiros são interceptadas.

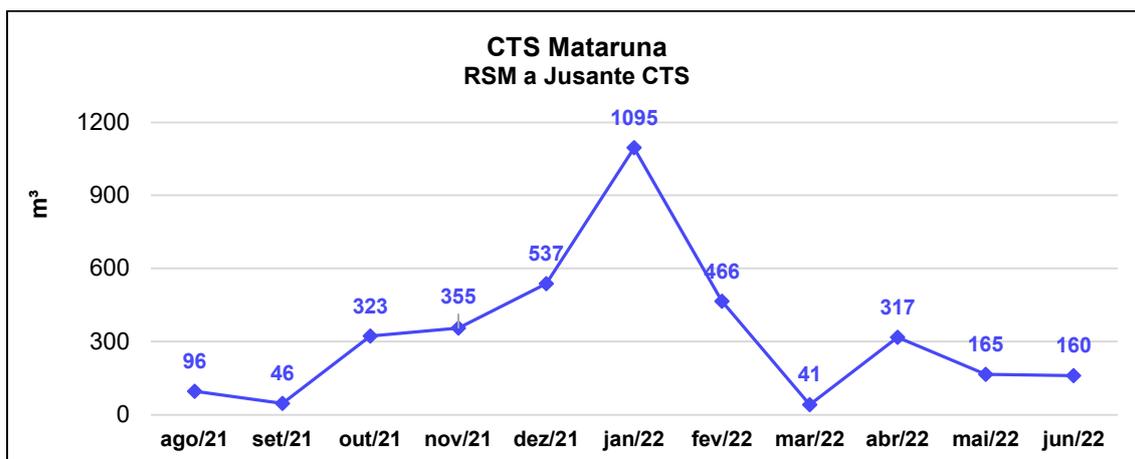
Figura 32 - Relação entre a vazão média mensal, vazão média vertida e vazão média interceptada na CTS Mataruna entre o período de Ago/21 e Jun/22.



Fonte: elaborado pelo autor.

Com o desenvolvimento deste trabalho, e quantificar o aporte de resíduos sólidos minerais e grosseiros nas estações elevatórias de esgoto bruto (EEEB's) que sevem aos sistemas de esgotamento sanitário do município de Araruama, em específico ao sistema de captação em tempo seco (CTS), utilizando o balanço de massa e volumes esgotados mensalmente da bacia hidrográfica analisada, demonstrou por meio do indicador específico de RSM (m^3/m^3 esgoto) do sistema de CTS, que podemos estimar a quantidade de RSM carreados a jusante do vertedouro da CTS Mataruna, como ilustra a Figura 33.

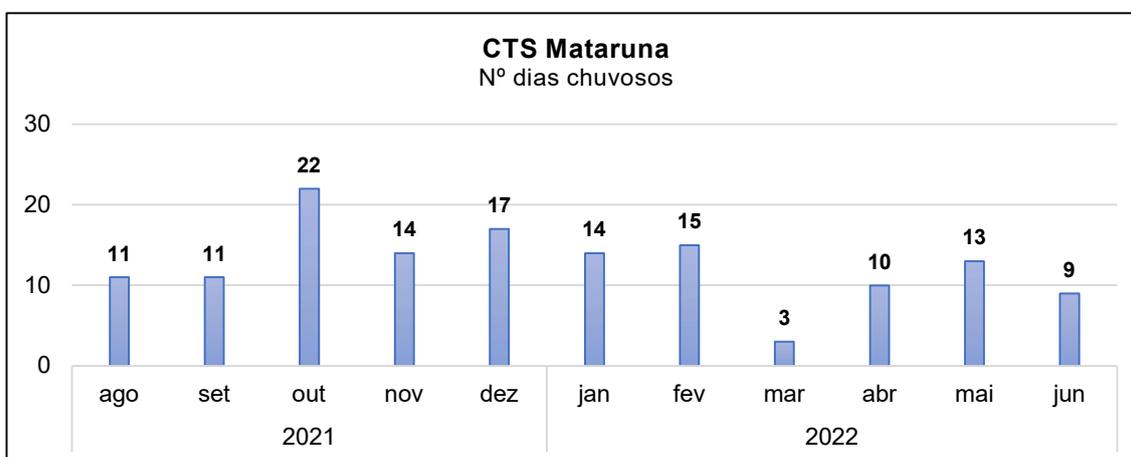
Figura 33 – Estimativa do volume de RSM vertido na CTS Mataruna, obtidos a partir indicador específico de RSM (m^3/m^3 esgoto) correlacionado com a vazão média vertida ao longo do período estudado.



Fonte: elaborado pelo autor.

Analisando o sistema estudado, foram contabilizados os dias com chuvas durante o período desta pesquisa, totalizando o número de dias chuvosos como evidencia a Figura 34, ou seja, do total de 334 dias, 195 dias foram não chuvosos, portanto, um percentual de aproximadamente 58% de dias não chuvosos na região da sub-bacia estudada.

Figura 34 – Número de dias chuvosos ocorridos entre o período de Ago/21 e Jun/22.



Fonte: elaborado pelo autor.

A coleta de esgoto em tempo seco tem sua máxima eficiência quando da baixa contribuição pluvial no sistema, neste trabalho, ao observarmos o período de pesquisa, notamos que em 58% dos dias, todo efluente interceptado foi destinado para a ETE bem como a retenção de resíduos sólidos minerais e grosseiros retidos. Tem-se, portanto, um bom indicativo do funcionamento operacional da captação em tempo analisado, no caso, CTS Mataruna.

6 CONCLUSÕES

Os resultados obtidos nesta dissertação contribuem para a produção de dados operacionais do modelo de esgotamento sanitário baseado no emprego de captações em tempo seco.

Considerando que a aplicação deste modelo, como estratégia de implantação gradual do sistema separador absoluto ou como estrutura complementar e redundante, encontra-se respaldada pelo Marco Legal do Saneamento, torna-se fundamental conhecer resultados operacionais com foco na manutenção preventiva das instalações.

Neste sentido, justifica-se o cumprimento dos objetivos deste trabalho, no sentido da quantificação do acúmulo de resíduos minerais e grosseiros em modelos distintos de esgotamento sanitário.

Em relação a quantidade total de resíduos gerados na bacia ETE Pontes Leite (1.195,90 m³ de RSM e 171,30 m³ de RSG) em todo o horizonte de projeto, o modelo baseado no emprego de captação em tempo seco foi responsável pela geração de 81,45% de RSM (974,07m³) e 79,21% de RSG (135,68m³).

A maior geração de RSM e RSG pelo modelo baseado no emprego de captação em tempo seco ocorreu tanto em meses de período seco (Ago/21 e Set/21 e Abr/22 a Jun/22) como em meses de período chuvoso (de Out/21 a Mar/22).

No período chuvoso, em função do carreamento de sedimentos pelo sistema de drenagem pluvial urbana, o modelo baseado no emprego de captação em tempo seco esteve sujeito ao aumento de 104% do volume de RSM em relação ao período seco.

De forma geral, o modelo baseado no emprego de captação em tempo seco gerou um volume total de resíduos (RSM e RSG) 4 vezes maior, quando comparado ao sistema separador absoluto, correspondendo por aproximadamente 81% do volume total de resíduos gerados no período observado.

Estes resultados permitem a geração de indicadores específicos comparativos com base na população contribuinte e na vazão afluyente a ambos os modelos, os quais podem servir como ser parâmetros referenciais, desde que resguardadas as características da bacia de esgotamento estudada, a saber:

Indicadores	Sistema	Período	Valor
m³RSM/1000 hab.	CTS	Chuvoso	2,73
		Seco	1,58
	SABS	Chuvoso	2,10
		Seco	0,87
m³RSM/1000m³ esg.	CTS	Chuvoso	0,52
		Seco	0,29
	SABS	Chuvoso	0,38
		Seco	0,18
m³RSG/1000 hab.	CTS	Chuvoso	0,33
		Seco	0,28
	SABS	Chuvoso	0,25
		Seco	0,24
m³RSG/1000m³ esg.	CTS	Chuvoso	0,06
		Seco	0,05
	SABS	Chuvoso	0,04
		Seco	0,05

Em relação aos custos operacionais com a gestão de resíduos, observa-se que o modelo baseado no emprego de captação seco respondeu por 81% da totalidade das despesas ocorridas no período.

REFERÊNCIAS

- ABBAS, A. et al. Modelling data of an urban drainage design using a Geographic Information System (GIS) database. **Journal of Hydrology**, v. 574, p. 450–466, jul. 2019.
- ABOELATA, A. Assessment of green roof benefits on buildings' energy-saving by cooling outdoor spaces in different urban densities in arid cities. **Energy**, v. 219, p. 119514, mar. 2021.
- ACHLEITNER, S.; MÖDERL, M.; RAUCH, W. CITY DRAIN © – An open source approach for simulation of integrated urban drainage systems. **Environmental Modelling & Software**, v. 22, n. 8, p. 1184–1195, ago. 2007.
- ADEKUNLE, S. A.; DAKARE, O. Sustainable manufacturing practices and performance of the Nigerian table water industry: a structural equation modeling approach. **Management of Environmental Quality**, v. 31, n. 4, p. 1003-1022. 2020.
- AFIFI, S.; ALNAHHAL, S.; ABDELALL, S. Developing an Integrated Sustainable Sanitation System for Urban Areas: Gaza Strip Case study. **Procedia CIRP**, v. 26, p. 767–774, 2015.
- ÁGUAS, Rio. **Instruções técnicas para elaboração de estudos hidrológicos e dimensionamento hidráulico de sistemas de drenagem urbana**. Subsecretaria de gestão de bacias hidrográficas–Rio Águas, Secretaria Municipal de Obras, Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, Brasil, 2010.
- AHUJA, R. K.; MAGNANTI, T. L.; ORLIN, J. B. **Network flows: theory, algorithms, and applications**. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey. 1993.
- AL-HOURI, Z.; AL-OMARI, A. Assessment of rooftop rainwater harvesting in Ajloun, Jordan. **Journal of Water Reuse and Desalination**, 24 nov. 2021.
- ALLAN, C. et al. Adaptive Management and Watersheds: A Social Science Perspective1. **JAWRA Journal of the American Water Resources Association**, v. 44, n. 1, p. 166–174, fev. 2008.
- ALÉM SOBRINHO, P.; TSUTIYA, M. T. **Coleta e transporte de esgoto sanitário**. 3ª edição. São Paulo, 1999.
- ALIM, M. A. et al. Experimental investigation of an integrated rainwater harvesting unit for drinking water production at the household level. **Journal of Water Process Engineering**, v. 44, p. 102318, dez. 2021.
- ALVISI, S.; FRANCHINI, M. A Procedure for the Design of District Metered Areas in Water Distribution Systems. **Procedia Engineering**, v. 70, p. 41–50, 1 jan. 2014.

ARAÚJO, R. S. et al. Water resource management: A comparative evaluation of Brazil, Rio de Janeiro, the European Union, and Portugal. **Science of The Total Environment**, v. 511, p. 815–828, abr. 2015.

ARMITAGE, N. P. and ROOSEBOOM, A. (1999) 'The removal of litter from stormwater conduits in the developing world', in **Water Science and Technology**. doi: 10.1016/S0273-1223(99)00242-5.

ARNBJERG-NIELSEN, K. et al. Impacts of climate change on rainfall extremes and urban drainage systems: a review. **Water Science and Technology**, v. 68, n. 1, p. 16–28, jul. 2013.

ASHLEY, R. M. et al. (2000) 'The management of sediment in combined sewers', **Urban Water**. doi: 10.1016/s1462-0758(01)00010-3.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 9.649: Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário**. Rio de Janeiro, 1986.

ATKINSON, S. et al. Reliability Indicators for Water Distribution System Design: Comparison. **Journal of Water Resources Planning and Management**, v. 140, n. 2, p. 160–168, fev. 2014.

BAAH, K. et al. A risk-based approach to sanitary sewer pipe asset management. **Science of The Total Environment**, v. 505, p. 1011–1017, fev. 2015.

BAKKER, K. Water Security: Research Challenges and Opportunities. **Science**, v. 337, n. 6097, p. 914–915, 23 ago. 2012.

BAPTISTA, M.; NASCIMENTO, N.; BARRAUD, S. **Técnicas compensatórias em drenagem urbana**. 1ª. ed. Porto Alegre: ABRH, 2005. 266 p.

BARON, S. et al. Comprehensive scenario management of sustainable spatial planning and urban water services. **Water Science and Technology**, p. wst2015578, 16 nov. 2015.

BEENEKEN, T. et al. Real time control (RTC) of urban drainage systems – A discussion of the additional efforts compared to conventionally operated systems. **Urban Water Journal**, v. 10, n. 5, p. 293–299, out. 2013.

BENETTI, A. D. **Options to Manage Wastewater Treatment in Cities with Poorly Designed Combined Systems in Place**. In: 12nd International Conference on Urban Drainage; Porto Alegre, Brazil, 8p. 2011.

BIKORIMANA, G.; SHENGMIN, S. Socioeconomic and demographic forecasters of upgraded water and sanitation facilities admittance in Rwanda. **International Journal of Social Economics**, v. 47, n. 2, p. 190-206. 2019.

BOFF, Leonardo. **Sustentabilidade: o que é-o que não é**. Editora Vozes Limitada, 2017.

BRASIL, 1997. **Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

BRASIL, 2000. **Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000**. Dispõe sobre a criação da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), entidade federal de implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos, integrante do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (Singreh) e responsável pela instituição de normas de referência para a regulação dos serviços públicos de saneamento básico.

BRASIL. Agência Nacional de Água e Saneamento—ANA. Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil 2017: Relatório Pleno. Agência Nac. Águas. 2017. Disponível online: https://www.snirh.gov.br/portal/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/conj2017_rel-1.pdf (acessado em 27 de junho de 2022).

BRASIL. Lei Federal nº 14.026, de 15 de julho de 2020. Atualiza o marco legal do saneamento básico; altera as Leis nº 9.984, de 17 de julho de 2000, nº 10.768, de 19 de novembro de 2003, nº 11.107, de 6 de abril de 2005, nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, nº 13.089, de 12 de janeiro de 2015, nº 13.529, de 4 de dezembro de 2017. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 16 jan. 2020.

BREVIOLIERI, G. V.; OSÓRIO, G. I. D. S.; LEFÈVRE, G. B. New instruments for water management in Brazil. **RAUSP Management Journal**, v. 55, n. 1, p. 55-69. 2019.

BROSS, S.; ADDIE, G. Prediction of impeller nose wear behaviour in centrifugal slurry pumps. **Experimental Thermal and Fluid Science**, v. 26, n. 6-7, p. 841–849, ago. 2002.

BUTLER, D.; CLARK, P.; CONSTRUCTION INDUSTRY RESEARCH AND INFORMATION ASSOCIATION. **Sediment management in urban drainage catchments**. London: Construction Industry Research And Information Association, 1995.

CARDOSO, M. *et al.* (2004) 'Performance assessment of water supply and wastewater systems', **Urban Water Journal**. doi: 10.1080/15730620410001732053.

CEMBRANO, G. Optimal control of urban drainage systems. A case study. **Control Engineering Practice**, v. 12, n. 1, p. 1–9, jan. 2004.

CHEN, X. *et al.* Processing Technology Selection for Municipal Sewage Treatment Based on a Multi-Objective Decision Model under Uncertainty. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 15, n. 3, p. 448, 5 mar. 2018.

CILSJ – Consórcio Intermunicipal para Gestão das Bacias Hidrográficas da Região dos Lagos, Rio São João e Zona Costeira. **Plano das Bacias**

Hidrográficas da Região dos Lagos e do Rio São João. Documento elaborado por: Bidegain, P. P.; Pereira, L. F. M. São Pedro da Aldeia, 2005.

COELHO, B.; ANDRADE-CAMPOS, A. Efficiency achievement in water supply systems—A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 30, p. 59–84, fev. 2014.

CNRH – Conselho Nacional de Recursos Hídricos. **Resolução nº. 15, de 11 de janeiro de 2001.** Estabelece diretrizes gerais para a gestão de águas subterrâneas.

Comitê das Bacias Hidrográficas das Lagoas de Araruama e Saquarema e dos Rios São João e Una 1 REGIMENTO INTERNO COMITÊ DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DAS LAGOAS DE ARARUAMA E SAQUAREMA E DOS RIOS SÃO JOÃO E UNA. [s.l: s.n.]. Disponível em: <http://www.inea.rj.gov.br/wp-content/uploads/2019/01/CBH-LSJ_Regimento-Interno.pdf>. Acesso em: 19 out. 2022.

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº. 396, de 03 de abril de 2008.** Dispõe sobre a Classificação e Diretrizes Ambientais para o Enquadramento das Águas Subterrâneas e dá Outras Providências.

COPPETEC (Fundação COPPETEC). **Viabilidade técnica e econômica da implantação de estruturas de captação de esgotos sanitários em tempo seco na bacia de Barra da Tijuca e Jacarepaguá, Rio de Janeiro, Brasil.** 2018.

COSTA Jr., N. R. **Tratamento de esgotos – desafios e oportunidades.** Revista SANEAS, Ano X. Edição 61. Março a Maio de 2017.

DARSONO, S.; LABADIE, J. W. Neural-optimal control algorithm for real-time regulation of in-line storage in combined sewer systems. **Environmental Modelling & Software**, v. 22, n. 9, p. 1349–1361, set. 2007.

DE TOFFOL, S.; ENGELHARD, C.; RAUCH, W. Combined sewer system versus separate system - a comparison of ecological and economical performance indicators. **Water Sci. Technol.**, v. 55, n. 4, p. 255 – 264. 2007.

DOS SANTOS, V.M.N.; DE BACCI, D.L.C. Proposta para governança ambiental ante os dilemas socioambientais urbanos. **Estudos Avançados.** V. 31, p. 199–212. 2017.

DE TOFFOL, S.; ENGELHARD, C.; RAUCH, W. Combined sewer system versus separate system – a comparison of ecological and economical performance indicators. **Water Science and Technology**, v. 55, n. 4, p. 255–264, fev. 2007.

DIOGO, A. F. et al. An effective and comprehensive model for optimal rehabilitation of separate sanitary sewer systems. **Science of The Total Environment**, v. 612, p. 1042–1057, 15 jan. 2018.

DU, J.; KUANG, B.; YANG, Y. A Data-Driven Framework for Smart Urban Domestic Wastewater: A Sustainability Perspective. **Advances in Civil Engineering**, v. 2019, p. 1–15, 3 nov. 2019.

DUQUE, N. et al. Sewer Network Layout Selection and Hydraulic Design Using a Mathematical Optimization Framework. **Water**, v. 12, n. 12, p. 3337, 27 nov. 2020.

ECONOMIDOU, Y.; DOULA, M. K.; ZORPAS, A. A. Mitigation of the effects of climate change in the agricultural sector of Cyprus, through optimization of benefit. **Water Supply**, v. 21, n. 6, p. 2947-2958, 2021.

EGAN, M. & AGYEMANG, G. Progress towards sustainable urban water management in Ghana. **Sustainability Accounting, Management and Policy Journal**, v. 10, n. 2, p. 235-259. 2019.

FADEL, A.; DORNELLES, F. Eficiência da interceptação de esgoto sanitário em rede pluvial na bacia do Arroio Capivara, Porto Alegre, RS / Efficiency of foul sewage diversion into a storm drainage system in the Arroio Capivara watershed basin - Porto Alegre/RS. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 20, n. 4, p. 970–979, 2015.

FRANÇA, J. S. et al. Student monitoring of the ecological quality of neotropical urban streams. **Ambio**, v. 48, n. 8, p. 867–878, 17 nov. 2018.

FFOLLIOTT, P. F.; BAKER, M. B.; EDMINSTER, C. B.; DILLON, M.C.; KORA, K. L. (eds) (2002) **Land stewardship through watershed management, perspective for 21st Century**. Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York, p 137.

FU, G.; BUTLER, D.; KHU, S.-T. Multiple objective optimal control of integrated urban wastewater systems. **Environmental Modelling & Software**, v. 23, n. 2, p. 225–234, fev. 2008.

GAROFALO, G. et al. A distributed real-time approach for mitigating CSO and flooding in urban drainage systems. **Journal of Network and Computer Applications**, v. 78, p. 30–42, jan. 2017.

GEMA, M. D. S. et al. Agricultural drainage water characterization to determine the desalination possibilities for irrigation in a semi-arid environment. **Desalination and Water Treatment**, v. 227, p. 34-41, 2021.

GERMAN, L. et al. Participatory integrated watershed management: Evolution of concepts and methods in an ecoregional program of the eastern African highlands. **Agricultural Systems**, v. 94, n. 2, p. 189–204, maio 2007.

GONÇALVES, M. B. V. B. Privatização da CEDAE: na contramão do movimento mundial de remunicipalização dos serviços de saneamento / Privatization of CEDAE: opposite to the global trend of sanitation services remunicipalization. **Geo UERJ**, v. 0, n. 31, 30 dez. 2017.

GONTIJO, C. A. V. **Lagoa de Araruama limpa novamente atrai moradores e turistas**. Disponível em: <<https://portalcostadosol.com.br/lagoa-de-araruama-limpa-novamente-atrai-moradores-e-turistas/>>. Acesso em: 16 dez. 2022.

GOVERNO DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO, 2013. **Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Rio de Janeiro**. R4 — Relatório Gestão de Recursos Hídricos. Revisão 03. Fundação Coppetec. Laboratório de Hidrologia e Estudos do Meio Ambiente, SEA/INEA, Rio de Janeiro (outubro).

GREENLAND, S.; LEVIN, E.; DALRYMPLE, J. F.; O'MAHONY, B. Sustainable innovation adoption barriers: water sustainability, food production and drip irrigation in Australia. **Social Responsibility Journal**, v. 15, n. 6, p. 727-741. 2019.

HAHN, M. A. et al. Expert System for Prioritizing the Inspection of Sewers: Knowledge Base Formulation and Evaluation. **Journal of Water Resources Planning and Management**, v. 128, n. 2, p. 121–129, mar. 2002.

HEANEY, J. P.; HUBER, W. C. **Stormwater Management Model. Refinements, testing and decisionmaking**. Department of Environmental Engineering and Sciences, University of Florida, Gainesville, Florida, USA. 1973.

HUGHES, J. et al. Impacts and implications of climate change on wastewater systems: A New Zealand perspective. **Climate Risk Management**, v. 31, p. 100262, 2021.

IBGE—Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Perfil dos Municípios Brasileiros: 2020; **IBGE: Rio de Janeiro**, RJ, Brasil, 2021.

INFRAGUIDE. Assessment and Evaluation of Storm and Wastewater Collection system. DMIP Best Practice. **National Research Council of Canada**, Ottawa, Canada. 2004.

Início. Disponível em: <<https://www.grupoaguasdobrasil.com.br/aguas-juturnaiba>>. Acesso em: 19 out. 2022.

JEAN, M.-È. et al. Selection of rainfall information as input data for the design of combined sewer overflow solutions. **Journal of Hydrology**, v. 565, p. 559–569, out. 2018.

JORDÃO, E. P.; PESSÔA, C. A. **Tratamento de esgotos domésticos**. ABES, 8ª Ed., 916 p. 2017.

JORDÃO, E. P.; VOLSCHAN Jr., I. **Estudo de Avaliação da Aplicabilidade de Unidade de Desarenação no Contexto da Solução “Canal do Mangue - Captação de Esgoto Difuso”**. Relatório Final - NOV/2012 - Rev. 0, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 31 p. 2012.

LI, Q. et al. (2019) ‘**Optimization of tank bottom shape for improving the anti-deposition performance of a prefabricated pumping station**’, *Water (Switzerland)*. doi: 10.3390/w11030602.

LOPES, ACR. et al. **Captações de esgotos sanitários em tempo seco em galerias de águas pluviais: proposta de discussão sobre critérios e parâmetros de dimensionamento.** Revista DAE, São Paulo. v.71, n.239, p. 188–204, 2022. <https://doi.org/10.36659/dae.2023.014>

KHAN, Z.; ZAYED, T.; MOSELHI, O. Simulating impact of factors affecting sewer network operational condition. In: Proc., CSCE 2009 **Annual General Conf. Montreal**, pp. 285e294. 2009.

KILIÇ, Zeyneb. The importance of water and conscious use of water. **International Journal of Hydrology**, v. 4, n. 5, p. 239-241, 2020.

KIPARSKY, M. et al. Barriers to Innovation in Urban Wastewater Utilities: Attitudes of Managers in California. **Environmental Management**, v. 57, n. 6, p. 1204–1216, 18 mar. 2016.

KRISHNAN, S. Humanitarian WASH (water, sanitation and hygiene) technologies: exploring recovery after recurring disasters in Assam, India. **Disaster Prevention and Management**, v. 29, n. 4, p. 629-642. 2020.

LI, J. et al. Real-time prediction of rain-impacted sewage flow for on-line control of chemical dosing in sewers. **Water Research**, v. 149, p. 311–321, fev. 2019.

LI, Y. et al. Abrasion characteristic analyses of solid-liquid two-phase centrifugal pump. **Journal of Thermal Science**, v. 20, n. 3, p. 283–287, 21 maio 2011.

MAIER, H. R. et al. Evolutionary algorithms and other metaheuristics in water resources: Current status, research challenges and future directions. **Environmental Modelling & Software**, v. 62, p. 271–299, dez. 2014.

MAILHOT, A.; TALBOT, G.; LAVALLÉE, B. Relationships between rainfall and Combined Sewer Overflow (CSO) occurrences. **Journal of Hydrology**, v. 523, p. 602–609, abr. 2015.

MANUELLI, S.; HOFER, T.; VITA, A. FAO's Work on Sustainable Mountain Development and Watershed Management. **Mountain Research and Development**, v. 34, n. 1, p. 66–70, fev. 2014.

MARAI, M. and ARMITAGE, N. (2004) 'The measurement and reduction of urban litter entering stormwater drainage systems: Paper 2 - Strategies for reducing the litter in the stormwater drainage systems', **Water SA**. doi: 10.4314/wsa. v30i4.5100.

MEIJER, D. et al. Identifying Critical Elements in Sewer Networks Using Graph-Theory. **Water**, v. 10, n. 2, p. 136, 31 jan. 2018.

MENA-RIVERA, L. et al. Ecosystemic Assessment of Surface Water Quality in the Virilla River: Towards Sanitation Processes in Costa Rica. **Water**, v. 10, n. 7, p. 845, 26 jun. 2018.

MERRITT, L. V. B. and ENFINGER, K. L. (2019) 'Tractive Force: A Key to Solids Transport in Gravity Flow Drainage Pipes', in *Pipelines 2019*:

Multidisciplinary Topics, Utility Engineering, and Surveying - Proceedings of Sessions of the Pipelines 2019 Conference. doi: 10.1061/9780784482506.037.

METCALF & EDDY. Tradução: Ivanildo Hespanhol, José Carlos Mierzwa. **Tratamento de efluentes e recuperação de recursos.** 5ª edição. Porto Alegre: AMGH, 2016.

MIGUEZ, M. G.; MASCARENHAS, F. C. B.; MAGALHÃES, L. P. C. Multifunctional landscapes for urban flood control in developing countries. **International Journal of Sustainable Development and Planning**, v. 2, n. 2, p. 153–166, 26 set. 2007.

MOEINI, R.; AFSHAR, M. H. Arc Based Ant Colony Optimization Algorithm for optimal design of gravitational sewer networks. **Ain Shams Engineering Journal**, v. 8, n. 2, p. 207–223, jun. 2017.

MORRIS, L. et al. Municipal wastewater effluent licensing: A global perspective and recommendations for best practice. **Science of The Total Environment**, v. 580, p. 1327–1339, fev. 2017.

NANSUBUGA, I. et al. A review of sustainable sanitation systems in Africa. **Reviews in Environmental Science and Bio/Technology**, v. 15, n. 3, p. 465–478, 2016.

NAVIN, P. K.; MATHUR, Y. P.; KUMAR, D. Layout Optimization of Sewer Network Using Minimum Cumulative Flow in the Sewer Network. In: Kalamdhad, A.S., Singh, J., Dhamodharan, K. (Eds.), *Advances in Waste Management.* **Springer Singapore**, Singapore, pp. 333–343. 2019.

NYAMWANZA, A. M. 2018. Local institutional adaptation for sustainable water management under increasing climatic variability and change: A case in the mid-Zambezi Valley, Zimbabwe. **International Journal of Climate Change Strategies and Management**, v. 10, n. 3, p. 453-471. 2018.

PEREIRA, L. F. M.; MATOS, J. S.; FERREIRA, F. S. Inserção do sistema de drenagem na concepção dos projetos de esgotamento sanitário – sua pertinência, viabilidade e admissibilidade. **XIII Encontro Nacional de Águas Urbanas**, p. 1 – 10. 2020.

PETIT-BOIX, A. et al. Assessing the Energetic and Environmental Impacts of the Operation and Maintenance of Spanish Sewer Networks from a Life-Cycle Perspective. **Water Resources Management**, v. 29, n. 8, p. 2581–2597, 5 mar. 2015.

PLEAU, M. et al. Global optimal real-time control of the Quebec urban drainage system. **Environmental Modelling & Software**, v. 20, n. 4, p. 401–413, abr. 2005.

QUANTA-LERNER, C. **Plano Estratégico de Desenvolvimento Urbano Integrado da Região Metropolitana do Rio de Janeiro (PEDUI/RMRJ).** Rio de Janeiro: Câmara Metropolitana de Integração Governamental (CMIG), 2017.

RADESCA, FERNANDA DIAS. **Uso de sistemas unitários de esgoto e drenagem como estratégia alternativa e escalonada no tempo para o saneamento ambiental**. Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2018.

RAMOS, M.; JOHNSON, R. M. Água, gestão e transição para uma economia verde no Brasil - Propostas para o setor público. [S.l.]: **Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável**. Rio de Janeiro, (s/d).

RANKOANA, S. A. Climate change impacts on water resources in a rural community in Limpopo province, South Africa: a community-based adaptation to water insecurity, **International Journal of Climate Change Strategies and Management**, v. 12, n. 5, 587-598. 2020.

RASHID, S. S.; LIU, Y.-Q. Assessing environmental impacts of large centralized wastewater treatment plants with combined or separate sewer systems in dry/wet seasons by using LCA. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 27, n. 13, p. 15674–15690, 20 fev. 2020.

REDA, A. L. L.; MELLO, G. S. L. Drenagem de tormentas urbanas: Impacto sobre vazão e qualidade do esgoto coletado. In: Encontro Estadual de Saneamento Ambiental, 5. 1-2 jun. 2005. Lins. **Anais**. Lins: AESABESP, 2005. 13p.

REDA, A. L. L. Gestão de qualidade da água em sistema fluvial durante tormenta - Parte I: reconhecendo um problema no sistema de esgoto. In: Simpósio de Engenharia de Produção, SIMPEP, 13. 6–8 nov. 2006, Bauru. **Anais**. Bauru: UNESP, 2006. 10p.

RIO DE JANEIRO, 1999. **Lei Estadual nº. 3.239**. Institui a política Estadual de Recursos Hídricos; cria o sistema estadual de gerenciamento de recursos hídricos; regulamenta a Constituição Estadual, em seu artigo 261, parágrafo 1º, inciso VII; e dá outras providências.

RIO DE JANEIRO, 2002. **Resolução nº 05, de 25 de setembro de 2002**. Estabelece diretrizes para a formação, organização e funcionamento de Comitê de Bacia Hidrográfica. Conselho Estadual de Recursos Hídricos— CERHI Rio de Janeiro, Brasil.

ROSSMAN, L. A. Supply W. Storm water management model, quality assurance report: dynamic wave flow routing. **US Environmental Protection Agency**, Office of Research and Development, National Research Management Research Laboratory; 2006.

ROSSO, T. C. A.; DIAS, A. P. Análise dos elementos atípicos do sistema de esgoto – separador absoluto – na cidade do Rio de Janeiro. **Engevista**, v. 13, n. 3, 10 abr. 2011.

SÃO PAULO (Município). **Manual de drenagem e manejo de águas pluviais: aspectos tecnológicos; fundamento**. São Paulo: SMDU, 2012. v. 2, 220 p. ISBN 978-85-66381-02-3.

SARTOR, J.D. e BOYD, G.B. (1972) **Water Pollution Aspects of Street Surface Contaminants**, USEPA Report EPA-R2-72-081.

SCHUTZE, M. et al. Real time control of urban wastewater systems—where do we stand today? **Journal of Hydrology**, v. 299, n. 3-4, p. 335–348, 1 dez. 2004.

SILVA, J. A. R. S. M.; LAMBARRY-VILCHIS, F.; FLORES, M. M. T. Integral drinking water management model in Iztapalapa, Mexico City. **Management of Environmental Quality**, v. 30, n. 4, p. 768-782. 2019.

SITZENFREI, R. et al. A multi-layer cellular automata approach for algorithmic generation of virtual case studies: VIBe. **Water Science and Technology**, v. 61, n. 1, p. 37–45, 1 jan. 2010.

SITZENFREI, R.; RAUCH, W. Investigating Transitions of Centralized Water Infrastructure to Decentralized Solutions – An Integrated Approach. **Procedia Engineering**, v. 70, p. 1549–1557, 2014.

SNIS, 2020. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/diagnostico-agua-e-esgotos/diagnostico-ae-2020>. (Acessado em 04 de julho de 2022).

SNIS, 2021. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/diagnostico-agua-e-esgotos/diagnostico-ae-2021>. (Acessado em 19 de setembro de 2022).

SZTRUHÁR, D. et al. Comprehensive assessment of combined sewer overflows in Slovakia. **Urban Water**, v. 4, p. 237–243, 2002.

TAFURI, A. N.; SELVAKUMAR, A. Wastewater collection system infrastructure research needs in the USA. **Urban Water**, v. 4, n. 1, p. 21–29, mar. 2002.

TANG, L.; LI, K.; JIA, P. Impact of Environmental Regulations on Environmental Quality and Public Health in China: Empirical Analysis with Panel Data Approach. **Sustainability**, v. 12, n. 2, p. 623, 2020.

TSUTIYA, M. T.; BUENO, R. C. R. Contribuição de Águas Pluviais em Sistema de Esgoto Sanitário no Brasil. In: **Seminários Redes de Esgoto Sanitários e Galerias de Águas Pluviais: Interferências e Interconexões**. São Paulo. 2004.

TSUTIYA, M. T. **Abastecimento de Água**. 2ª ed. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2005.

TOMAZ, P. **Cálculos hidrológicos e hidráulicos para obras municipais**. São Paulo: Navegar Editora, 2011

TSANGAS, Michail et al. Life cycle analysis in the framework of agricultural strategic development planning in the Balkan region. **Sustainability**, v. 12, n. 5, p. 1813, 2020.

TSUTIYA, M. T.; ALÉM SOBRINHO, P. **Coleta e transporte de esgoto sanitário**. 3ª edição. Rio de Janeiro: ABES, 2011.

TUCCI, C. E. M.; COLLISCHONN, W. **Drenagem urbana e controle de erosão**. In: Carlos E. M. Tucci; David da Motta Marques. (Org.). Avaliação e controle da drenagem urbana. Porto Alegre, RS: EDUFRGS, 2000.

USEPA – United States Environmental Protection Agency. **Demonstration of service lateral testing and rehabilitation techniques**. USEPA Office of Research and Development, February, EPA/600/2-85/131. 1985.

USEPA - United States Environmental Protection Agency. **Report to Congress on Impacts and Control of Combined Sewer Overflows and Sanitary Sewer Overflows**. Report. EPA 833-R-04-001. August 2004.

URICH, C. et al. An agent-based approach for generating virtual sewer systems. **Water Science and Technology**, v. 62, n. 5, p. 1090–1097, 1 set. 2010.

VAHID, Hojat Dehghani et al. An investigation into the qualitative and quantitative effects of climate change on rivers in Iran. **International Journal of Review in Life Sciences**, v. 6, n. 2, p. 6-13, 2016.

VOLSCHAN, I.; TSUTIYA, M. T.; MARTINS, R. H. O.; YAZAKI, L. F. O. Sistema unitário x sistema separador absoluto qual o mais atraente para as condições brasileiras. **Revista DAE**. v. 180. p. 40-43. 2009.

VOLSCHAN JR., I. The challenge of dry-weather sewage intakes as a sustainable strategy to develop urban sanitation in the tropics. **Water Practice and Technology**. v.15, n.1, p. 38–47, 2020. <https://doi.org/10.2166/wpt.2019.084>.

VON SPERLING, M. (2015) '**Wastewater Characteristics, Treatment and Disposal**', *Water Intelligence Online*. doi: 10.2166/9781780402086.

WANG, G. et al. Integrated watershed management: evolution, development and emerging trends. **Journal of Forestry Research**, v. 27, n. 5, p. 967–994, 30 jun. 2016.

WATER ENVIRONMENT FEDERATION. **Existing sewer evaluation and rehabilitation**. WEF Manual Practice FD-6, ASCE Manuals and Reports on Engineering Practice No. 62 1994.

WATER ENVIRONMENT FEDERATION (1998) **Design of municipal wastewater treatment plants: WEF manual of practice 8, WEF Manual of Practice No. 8**.

ZAHERI, M. M.; GHANBARI, R.; AFSHAR, M. H. A two-phase simulation–optimization cellular automata method for sewer network design optimization. **Engineering Optimization**, v. 52, n. 4, p. 620–636, 24 maio 2019.

ZAWILSKI, M. and BRZEZIŃSKA, A. (2014) 'Areal rainfall intensity distribution over an urban area and its effect on a combined sewerage system', **Urban Water Journal**. doi: 10.1080/1573062X.2013.831909.

ZHANG, D. et al. Manage Sewer In-Line Storage Control Using Hydraulic Model and Recurrent Neural Network. **Water Resources Management**, v. 32, n. 6, p. 2079–2098, 15 fev. 2018.

ZHAO, W.; BEACH, T. H.; REZGUI, Y. Optimization of Potable Water Distribution and Wastewater Collection Networks: A Systematic Review and Future Research Directions. **IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems**, v. 46, n. 5, p. 659–681, maio 2016.

ZLATANOVIC, S. S.; STOJKOVIC, M.; MITKOVIC, M. Current state and perspective of water management policy in terms of climate change: Case study of the Velika Morava River, **International Journal of Climate Change Strategies and Management**, v. 10, n. 5, p. 796-811. 2018.

ZORPAS, Antonis A. **Sustainability behind sustainability**. Nova Publishers, 2014.

ZORPAS, Antonis A.; VOUKKALI, Irene; PEDREÑO, Jose Navarro. Tourist area metabolism and its potential to change through a proposed strategic plan in the framework of sustainable development. **Journal of cleaner production**, v. 172, p. 3609-3620, 2018.

ANEXO A – GESTÃO DE RSM E RSG DA BACIA ETE PONTES DOS LEITES

Tabela 13 - Dados da gestão operacional de RSM e RSG da Bacia ETE Pontes dos Leites.

Sub-bacias	População Atendida	Vazão média Sub Bacia (L/s)	Sistema Coletor	Área - km ²	Hidrografia	EEEB	Qm / EEEB (L/s)	Potência (cv)	Pop. 2021
SB Mataruna	49827	92,76	Absoluto	0,41	-	Baby Club	4,65	2,50	2806
						Brizolão	5,77	3,00	3482
						Casa da Alegria	4,55	3,00	2746
			CTS	26,29	Rio Mataruna	Borracheiro	1,44	1,00	715
						Constituição	6,63	4,00	3293
						Edmundo Silva	92,76	110,00	1763
						Mataruna	42,57	15,00	21143
						Oscar Clark	3,73	2,00	1853
						Parque das Araras	11,95	11,00	5935
						Ponte Alta	5,68	4,00	2821
						Regional	5,79	5,50	2876
SB Centro	13781	46,29	Absoluto	0,46	-	Casa de Caridade	12,16	20,00	3702
						Centro	0,81	0,50	285
						Clube Xadrez	1,34	1,00	472
						Padaria Invicta	0,76	0,50	268
						Sabor e Cor	0,81	0,50	285
			CTS	3,43	Canal sem Id.	Ary Parreira	46,29	110,00	765
						Nilo Peçanha	13,56	22,50	3453
						Pirata	6,84	11,00	1984
						Pontinha 1	5,12	6,00	1485
						Pontinha 2	4,89	4,00	1418
						3 Nascentes	18,74	5,50	1423
SB Areal	11162	18,74	CTS	3,10	Canal sem Id.	Areal	5,72	10,00	2841
						Goiabeira	3,36	4,00	1669
						Hospício	3,79	4,00	1882
						Ponta	5,84	10,00	2901
						Carlos Leal	6,94	34,00	5094
SB XV Novembro	9938	16,74	Absoluto	0,32	-	Darcy Ribeiro	3,97	4,00	2069
						Litorânea	5,83	13,00	3280

Continuação da Tabela 13 – dados mensais.

Agosto/2021									
Precipitação 65 mm									
Q (L/s)	Volume Esgoto - m³	RSG				RSM			
		m³	m³/1000hab	m³/1000m³ esg	m³/km²	m³	m³/1000hab	m³/m³1000 esg	m³/km²
4,70	15644	0,31	0,11	0,02	2,26	0,98	0,35	0,06	8,23
5,83	19412	0,42	0,12	0,02		1,43	0,41	0,07	
4,60	15308	0,20	0,07	0,01		0,97	0,35	0,06	
1,45	3810	0,07	0,1	0,02	0,18	0,77	1,08	0,20	1,49
6,70	17540	0,33	0,1	0,02		2,28	0,69	0,13	
93,70	9389	1,27	0,72	0,14		24,18	13,72	2,58	
43,00	112622	1,14	0,05	0,01		4,71	0,22	0,04	
3,77	9868	0,11	0,06	0,01		1,11	0,60	0,11	
12,07	31615	1,31	0,22	0,04		2,58	0,43	0,08	
5,74	15027	0,29	0,1	0,02		1,37	0,49	0,09	
5,85	15318	0,22	0,08	0,01		2,08	0,72	0,14	
11,21	20637	1,14	0,31	0,06	3,29	2,32	0,63	0,11	9,67
0,75	1591	0,11	0,37	0,07		0,74	2,59	0,46	
1,24	2632	0,12	0,25	0,04		0,84	1,78	0,32	
0,70	1493	0,09	0,34	0,06		0,28	1,05	0,19	
0,75	1591	0,06	0,21	0,04		0,27	0,95	0,17	
42,67	4074	1,56	2,04	0,38	1,01	8,83	11,55	2,17	5,11
12,50	18391	0,87	0,25	0,05		3,40	0,98	0,18	
6,30	10566	0,48	0,24	0,04		2,28	1,15	0,22	
4,72	7909	0,29	0,20	0,04		1,73	1,17	0,22	
4,51	7554	0,25	0,18	0,03		1,28	0,90	0,17	
17,66	7579	1,15	0,81	0,15	0,76	3,41	2,40	0,45	2,98
5,39	15133	0,39	0,14	0,03		1,58	0,56	0,10	
3,17	8889	0,15	0,09	0,02		0,89	0,54	0,10	
3,57	10027	0,27	0,14	0,03		1,13	0,60	0,11	
5,50	15450	0,39	0,13	0,03		2,22	0,77	0,14	
6,72	28395	0,74	0,15	0,03	2,33	2,10	0,41	0,07	6,56
3,84	11019	0,14	0,07	0,01	0,37	1,17	0,56	0,11	1,75
5,64	17469	0,55	0,17	0,03		2,11	0,64	0,12	

Continuação da Tabela 13.

Setembro/2021									
Precipitação: 25 mm									
Q (L/s)	Volume Esgoto - m³	RSG				RSM			
		m³	m³/1000hab	m³/1000m³ esg	m³/km²	m³	m³/1000hab	m³/m³1000 esg	m³/km²
4,82	15539	0,29	0,10	0,02	2,59	0,41	0,15	0,03	3,47
5,98	19282	0,60	0,17	0,03		0,60	0,17	0,03	
4,71	15205	0,17	0,06	0,01		0,41	0,15	0,03	
1,49	3784	0,07	0,09	0,02	0,15	0,38	0,53	0,10	0,82
6,87	17422	0,27	0,08	0,02		1,09	0,33	0,06	
96,10	9326	1,04	0,59	0,11		11,58	6,57	1,24	
44,10	111866	0,82	0,04	0,01		5,02	0,24	0,04	
3,86	9802	0,09	0,05	0,01		0,53	0,29	0,05	
12,38	31402	1,18	0,20	0,04		1,24	0,21	0,04	
5,88	14926	0,24	0,08	0,02		0,66	0,23	0,04	
6,00	15215	0,18	0,06	0,01		1,00	0,35	0,07	
10,62	20499	0,66	0,18	0,03	2,33	1,63	0,44	0,08	6,09
0,81	1581	0,07	0,25	0,05		0,31	1,09	0,20	
1,17	2615	0,09	0,19	0,03		0,43	0,90	0,16	
0,76	1483	0,06	0,23	0,04		0,14	0,54	0,10	
0,51	1581	0,19	0,67	0,12		0,29	1,03	0,19	
40,41	4047	1,04	1,36	0,26	0,68	4,34	5,67	1,07	2,48
11,84	18267	0,59	0,17	0,03		1,63	0,47	0,09	
5,97	10495	0,32	0,16	0,03		1,09	0,55	0,10	
4,47	7856	0,20	0,13	0,03		0,83	0,56	0,11	
4,27	7503	0,17	0,12	0,02		0,61	0,43	0,08	
21,40	7528	0,77	0,54	0,10	0,51	1,64	1,15	0,22	1,43
6,53	15031	0,26	0,09	0,02		0,76	0,27	0,05	
3,84	8829	0,10	0,06	0,01		0,43	0,26	0,05	
4,33	9959	0,18	0,09	0,02		0,54	0,29	0,05	
6,67	15346	0,26	0,09	0,02		1,06	0,37	0,07	
6,25	28205	0,30	0,06	0,01	0,94	0,88	0,17	0,03	2,76
3,58	10945	0,06	0,03	0,01	0,15	0,56	0,27	0,05	0,84
5,25	17352	0,23	0,07	0,01		1,01	0,31	0,06	

Continuação da Tabela 13.

Outubro/2021									
Precipitação: 134 mm									
Q (L/s)	Volume Esgoto - m³	RSG				RSM			
		m³	m³/1000hab	m³/1000m³ esg	m³/km²	m³	m³/1000hab	m³/m³1000 esg	m³/km²
4,23	15663	0,33	0,12	0,02	2,42	2,59	0,92	0,17	21,80
5,25	19436	0,42	0,12	0,02		3,78	1,08	0,19	
4,14	15326	0,24	0,09	0,02		2,58	0,94	0,17	
1,31	3814	0,18	0,25	0,05	0,28	1,66	2,32	0,44	1,87
6,03	17561	0,81	0,25	0,05		4,95	1,50	0,28	
84,37	9401	2,17	1,23	0,23		17,59	9,98	1,87	
38,72	112757	1,17	0,06	0,01		9,42	0,45	0,08	
3,39	9880	0,26	0,14	0,03		2,41	1,30	0,24	
10,87	31652	1,82	0,31	0,06		5,61	0,95	0,18	
5,17	15045	0,50	0,18	0,03		2,97	1,05	0,20	
5,27	15336	0,55	0,19	0,04		4,52	1,57	0,29	
12,27	20662	0,87	0,24	0,04	3,05	5,60	1,51	0,27	22,10
0,82	1593	0,15	0,53	0,09		1,18	4,12	0,74	
1,35	2636	0,16	0,34	0,06		1,75	3,71	0,67	
0,77	1495	0,15	0,56	0,10		0,62	2,30	0,41	
0,82	1593	0,07	0,25	0,04		1,02	3,57	0,64	
46,73	4079	1,39	1,82	0,34	0,90	14,75	19,29	3,62	9,80
13,69	18413	0,78	0,23	0,04		7,38	2,14	0,40	
6,90	10579	0,43	0,22	0,04		4,95	2,50	0,47	
5,17	7919	0,26	0,18	0,03		3,77	2,54	0,48	
4,94	7563	0,23	0,16	0,03		2,77	1,95	0,37	
20,89	7588	0,47	0,33	0,06	0,31	7,42	5,21	0,98	6,48
6,38	15151	0,16	0,06	0,01		3,43	1,21	0,23	
3,75	8900	0,06	0,04	0,01		1,94	1,16	0,22	
4,22	10039	0,11	0,06	0,01		2,46	1,31	0,24	
6,51	15469	0,16	0,05	0,01		4,83	1,66	0,31	
7,38	28429	1,60	0,31	0,06	5,01	5,56	1,09	0,20	17,37
4,22	11033	0,30	0,15	0,03	0,81	2,53	1,22	0,23	3,80
6,20	17490	1,22	0,37	0,07		4,58	1,40	0,26	

Continuação da Tabela 13.

Novembro/2021									
Precipitação: 80 mm									
Q (L/s)	Volume Esgoto - m³	RSG				RSM			
		m³	m³/1000hab	m³/m³1000 esg	m³/km²	m³	m³/1000hab	m³/1000m³ esg	m³/km²
4,62	15379	0,31	0,11	0,02	2,90	2,38	0,85	0,15	20,08
5,73	19083	0,60	0,17	0,03		3,48	1,00	0,18	
4,52	15048	0,28	0,10	0,02		2,37	0,86	0,16	
1,43	3745	0,10	0,14	0,03	0,20	1,34	1,87	0,36	1,53
6,58	17242	0,43	0,13	0,02		4,00	1,22	0,23	
92,11	9230	1,45	0,82	0,16		15,27	8,66	1,65	
42,27	110710	1,10	0,05	0,01		7,20	0,34	0,07	
3,70	9700	0,11	0,06	0,01		1,95	1,05	0,20	
11,87	31078	1,44	0,24	0,05		4,53	0,76	0,15	
5,64	14772	0,30	0,11	0,02		2,41	0,85	0,16	
5,75	15058	0,29	0,10	0,02		3,65	1,27	0,24	
12,95	20287	0,75	0,20	0,04	3,16	7,06	1,91	0,35	23,97
0,86	1564	0,10	0,35	0,06		1,02	3,59	0,65	
1,43	2588	0,37	0,78	0,14		1,42	3,01	0,55	
0,81	1468	0,14	0,52	0,10		0,71	2,65	0,48	
0,86	1564	0,10	0,35	0,06		0,81	2,84	0,52	
49,29	4005	1,16	1,52	0,29	0,93	9,50	12,42	2,37	7,22
14,44	18078	0,93	0,27	0,05		5,97	1,73	0,33	
7,28	10387	0,51	0,26	0,05		4,00	2,02	0,39	
5,45	7775	0,32	0,21	0,04		3,05	2,05	0,39	
5,21	7426	0,27	0,19	0,04		2,24	1,58	0,30	
16,48	7451	0,92	0,65	0,12	0,63	6,00	4,22	0,81	5,24
5,03	14876	0,34	0,12	0,02		2,78	0,98	0,19	
2,95	8738	0,14	0,08	0,02		1,57	0,94	0,18	
3,33	9857	0,21	0,11	0,02		1,99	1,06	0,20	
5,14	15188	0,34	0,12	0,02		3,91	1,35	0,26	
6,75	27913	0,35	0,07	0,01	1,10	5,12	1,01	0,18	16,00
3,86	10832	0,09	0,04	0,01	0,21	2,05	0,99	0,19	3,08
5,67	17173	0,30	0,09	0,02		3,70	1,13	0,22	

Continuação da Tabela 13.

Dezembro/2021									
Precipitação: 227 mm									
Q (L/s)	Volume Esgoto - m³	RSG				RSM			
		m³	m³/1000hab	m³/m³1000 esg	m³/km²	m³	m³/1000hab	m³/1000m³ esg	m³/km²
4,36	16151	0,26	0,09	0,02	2,41	3,42	1,22	0,21	28,81
5,41	20041	0,53	0,15	0,03		4,99	1,43	0,25	
4,27	15803	0,20	0,07	0,01		3,40	1,24	0,22	
1,35	3933	0,36	0,51	0,09	0,40	2,95	4,12	0,75	2,79
6,22	18108	1,64	0,50	0,09		8,78	2,67	0,48	
86,99	9693	3,16	1,79	0,33		21,83	12,38	2,25	
39,92	116266	1,98	0,09	0,02		12,24	0,58	0,11	
3,50	10187	0,23	0,13	0,02		4,27	2,31	0,42	
11,21	32637	1,93	0,33	0,06		9,95	1,68	0,30	
5,33	15513	0,52	0,18	0,03		5,27	1,87	0,34	
5,43	15813	0,78	0,27	0,05		8,01	2,79	0,51	
14,12	21305	0,76	0,21	0,04	2,82	6,07	1,64	0,28	25,65
0,94	1643	0,23	0,81	0,14		1,37	4,80	0,83	
1,56	2718	0,15	0,32	0,06		2,34	4,95	0,86	
0,88	1541	0,07	0,25	0,04		0,72	2,70	0,47	
0,94	1643	0,09	0,32	0,05		1,30	4,56	0,79	
53,75	4206	1,11	1,45	0,26	1,72	15,47	20,23	3,68	13,69
15,75	18986	2,20	0,64	0,12		13,10	3,79	0,69	
7,94	10908	1,20	0,61	0,11		8,78	4,43	0,80	
5,95	8165	0,74	0,50	0,09		4,68	3,15	0,57	
5,68	7798	0,64	0,45	0,08		4,92	3,47	0,63	
18,25	7825	1,50	1,05	0,19	1,16	13,16	9,25	1,68	11,49
5,57	15622	0,72	0,25	0,05		6,09	2,14	0,39	
3,27	9177	0,32	0,19	0,03		3,44	2,06	0,37	
3,69	10351	0,33	0,18	0,03		4,36	2,32	0,42	
5,69	15950	0,72	0,25	0,05		8,56	2,95	0,54	
7,46	29314	0,43	0,08	0,01	1,34	7,35	1,44	0,25	22,96
4,27	11376	0,27	0,13	0,02	0,49	4,49	2,17	0,40	6,75
6,27	18034	0,65	0,20	0,04		8,12	2,48	0,45	

Continuação da Tabela 13.

Janeiro/2022									
Precipitação: 190 mm									
Q (L/s)	Volume Esgoto - m³	RSG				RSM			
		m³	m³/1000hab	m³/m³1000 esg	m³/km²	m³	m³/1000hab	m³/1000m³ esg	m³/km²
4,22	15643	0,31	0,11	0,02	3,08	4,93	1,76	0,32	41,59
5,24	19411	0,56	0,16	0,03		7,20	2,07	0,37	
4,13	15306	0,39	0,14	0,03		4,92	1,79	0,32	
1,31	3809	0,12	0,16	0,03	0,24	2,50	3,50	0,66	2,34
6,02	17538	0,55	0,17	0,03		7,46	2,27	0,43	
84,26	9389	2,13	1,21	0,23		20,13	11,42	2,14	
38,67	112611	1,17	0,06	0,01		8,14	0,39	0,07	
3,39	9867	0,18	0,10	0,02		3,63	1,96	0,37	
10,85	31612	1,20	0,20	0,04		8,45	1,42	0,27	
5,16	15025	0,49	0,17	0,03		4,48	1,59	0,30	
5,26	15316	0,37	0,13	0,02		6,81	2,37	0,44	
13,56	20635	1,21	0,33	0,06	3,90	4,93	1,33	0,24	22,75
0,90	1591	0,12	0,43	0,08		1,70	5,94	1,07	
1,49	2632	0,12	0,24	0,04		1,93	4,09	0,73	
0,85	1493	0,11	0,39	0,07		0,83	3,09	0,55	
0,90	1591	0,24	0,84	0,15		1,08	3,77	0,68	
51,64	4074	1,89	2,47	0,46	1,22	12,79	16,72	3,14	11,73
15,13	18389	1,06	0,31	0,06		11,13	3,22	0,61	
7,63	10565	0,58	0,29	0,05		7,46	3,76	0,71	
5,71	7909	0,36	0,24	0,05		4,68	3,15	0,59	
5,45	7553	0,31	0,22	0,04		4,18	2,95	0,55	
17,68	7579	1,59	1,11	0,21	1,04	11,18	7,86	1,48	9,76
5,40	15131	0,53	0,19	0,04		5,17	1,82	0,34	
3,17	8888	0,21	0,13	0,02		2,92	1,75	0,33	
3,58	10026	0,37	0,20	0,04		3,70	1,97	0,37	
5,51	15449	0,53	0,18	0,03		7,28	2,51	0,47	
7,38	28392	0,91	0,18	0,03	2,85	10,61	2,08	0,37	33,15
4,22	11018	0,17	0,08	0,02	0,46	3,82	1,85	0,35	5,73
6,20	17467	0,70	0,21	0,04		6,90	2,10	0,40	

Continuação da Tabela 13.

Fevereiro/2022									
Precipitação: 110 mm									
Q (L/s)	Volume Esgoto - m³	RSG				RSM			
		m³	m³/1000hab	m³/m³1000 esg	m³/km²	m³	m³/1000hab	m³/1000m³ esg	m³/km²
4,60	12318	0,22	0,08	0,02	2,88	1,89	0,67	0,15	15,90
5,71	15285	0,63	0,18	0,05		2,75	0,79	0,22	
4,50	12053	0,33	0,12	0,03		1,88	0,68	0,15	
1,42	3815	0,17	0,23	0,01	0,27	1,31	1,82	0,11	1,56
6,56	17564	0,74	0,22	0,06		3,89	1,18	0,32	
91,75	9402	2,29	1,30	0,19		14,02	7,95	1,14	
42,11	112772	1,50	0,07	0,12		9,50	0,45	0,77	
3,69	9881	0,15	0,08	0,01		1,89	1,02	0,15	
11,82	31657	1,54	0,26	0,13		4,41	0,74	0,36	
5,62	15047	0,31	0,11	0,02		2,34	0,83	0,19	
5,73	15338	0,50	0,17	0,04		3,55	1,23	0,29	
12,65	16250	0,93	0,25	0,08	3,33	5,59	1,51	0,45	20,75
0,84	1253	0,15	0,54	0,01		0,93	3,27	0,08	
1,39	2073	0,12	0,24	0,01		1,62	3,44	0,13	
0,79	1176	0,09	0,32	0,01		0,49	1,85	0,04	
0,84	1253	0,24	0,84	0,02		0,90	3,17	0,07	
48,15	4079	1,47	1,92	0,12	1,45	11,83	15,47	0,96	7,77
14,11	18415	1,60	0,46	0,13		5,81	1,68	0,47	
7,12	10580	0,88	0,44	0,07		3,89	1,96	0,32	
5,33	7920	0,54	0,37	0,04		2,96	1,99	0,24	
5,09	7564	0,47	0,33	0,04		2,18	1,54	0,18	
20,11	7589	1,26	0,89	0,10	0,90	5,83	4,10	0,47	5,09
6,14	15153	0,51	0,18	0,04		2,70	0,95	0,22	
3,61	8901	0,21	0,13	0,02		1,53	0,91	0,12	
4,07	10040	0,29	0,15	0,02		1,93	1,03	0,16	
6,27	15471	0,51	0,18	0,04		3,80	1,31	0,31	
7,92	22358	0,44	0,09	0,04	1,37	4,06	0,80	0,33	12,67
4,53	11034	0,16	0,08	0,01	0,33	1,99	0,96	0,16	2,99
6,65	17492	0,45	0,14	0,04		3,60	1,10	0,29	

Continuação da Tabela 13.

Março/2022									
Precipitação: 10 mm									
Q (L/s)	Volume Esgoto - m³	RSG				RSM			
		m³	m³/1000hab	m³/m³1000 esg	m³/km²	m³	m³/1000hab	m³/1000m³ esg	m³/km²
5,24	15949	0,20	0,07	0,01	2,46	1,75	0,63	0,11	14,80
6,50	19790	0,53	0,15	0,03		2,56	0,74	0,13	
5,13	15606	0,28	0,10	0,02		1,75	0,64	0,11	
1,62	3884	0,10	0,14	0,03	0,17	0,57	0,80	0,15	1,17
7,47	17881	0,42	0,13	0,02		1,71	0,52	0,10	
104,54	9572	1,63	0,92	0,17		18,12	10,28	1,89	
47,98	114814	0,71	0,03	0,01		5,08	0,24	0,04	
4,20	10060	0,13	0,07	0,01		0,83	0,45	0,08	
13,47	32230	0,92	0,16	0,03		1,93	0,33	0,06	
6,40	15319	0,37	0,13	0,02		1,03	0,36	0,07	
6,53	15616	0,28	0,10	0,02		1,56	0,54	0,10	
10,79	21039	0,53	0,14	0,03	1,86	5,20	1,40	0,25	17,45
0,72	1622	0,06	0,20	0,04		0,75	2,61	0,46	
1,19	2684	0,08	0,16	0,03		0,84	1,78	0,31	
0,67	1522	0,05	0,18	0,03		0,74	2,75	0,48	
0,72	1622	0,14	0,51	0,09		0,51	1,77	0,31	
41,07	4153	0,84	1,10	0,20	0,55	8,33	10,89	2,01	4,33
12,03	18748	0,47	0,14	0,03		2,55	0,74	0,14	
6,07	10772	0,26	0,13	0,02		1,71	0,86	0,16	
4,54	8063	0,16	0,11	0,02		1,30	0,88	0,16	
4,34	7701	0,14	0,10	0,02		0,96	0,67	0,12	
15,10	7727	0,51	0,36	0,07	0,34	2,56	1,80	0,33	2,23
4,61	15427	0,17	0,06	0,01		1,18	0,42	0,08	
2,71	9062	0,07	0,04	0,01		0,67	0,40	0,07	
3,05	10222	0,12	0,06	0,01		0,85	0,45	0,08	
4,71	15751	0,17	0,06	0,01		1,67	0,57	0,11	
5,55	28948	0,62	0,12	0,02	1,95	3,77	0,74	0,13	11,79
3,18	11234	0,12	0,06	0,01	0,32	0,87	0,42	0,08	1,31
4,67	17809	0,47	0,14	0,03		1,58	0,48	0,09	

Continuação da Tabela 13.

Abril/2022									
Precipitação: 151 mm									
Q (L/s)	Volume Esgoto - m³	RSG				RSM			
		m³	m³/1000hab	m³/m³1000 esg	m³/km²	m³	m³/1000hab	m³/1000m³ esg	m³/km²
4,56	15724	0,28	0,10	0,02	3,35	2,60	0,93	0,17	21,92
5,66	19511	0,63	0,18	0,03		3,80	1,09	0,19	
4,47	15385	0,46	0,17	0,03		2,59	0,94	0,17	
1,41	3829	0,15	0,21	0,04	0,26	1,88	2,62	0,49	1,65
6,51	17629	0,67	0,20	0,04		5,56	1,69	0,32	
91,04	9437	2,60	1,48	0,28		9,14	5,19	0,97	
41,78	113192	1,35	0,06	0,01		9,46	0,45	0,08	
3,66	9918	0,22	0,12	0,02		2,71	1,46	0,27	
11,73	31775	1,03	0,17	0,03		6,30	1,06	0,20	
5,57	15103	0,41	0,15	0,03		3,34	1,18	0,22	
5,68	15395	0,46	0,16	0,03		5,08	1,77	0,33	
12,39	20742	1,11	0,30	0,05	3,81	7,71	2,08	0,37	26,71
0,83	1599	0,12	0,42	0,07		1,11	3,90	0,70	
1,37	2646	0,14	0,29	0,05		1,89	4,01	0,72	
0,77	1501	0,10	0,38	0,07		0,46	1,74	0,31	
0,83	1599	0,29	1,00	0,18		1,11	3,88	0,69	
47,17	4095	1,76	2,30	0,43	1,14	13,27	17,35	3,24	10,05
13,82	18484	0,99	0,29	0,05		8,30	2,40	0,45	
6,97	10620	0,54	0,27	0,05		5,56	2,80	0,52	
5,22	7949	0,33	0,22	0,04		4,23	2,85	0,53	
4,98	7592	0,29	0,20	0,04		3,11	2,20	0,41	
21,12	7618	1,24	0,87	0,16	0,82	8,34	5,86	1,09	7,28
6,45	15209	0,42	0,15	0,03		3,86	1,36	0,25	
3,79	8934	0,17	0,10	0,02		2,18	1,31	0,24	
4,27	10078	0,29	0,15	0,03		2,76	1,47	0,27	
6,58	15528	0,42	0,14	0,03		5,43	1,87	0,35	
6,96	28539	0,91	0,18	0,03	2,84	5,59	1,10	0,20	17,46
3,98	11075	0,17	0,08	0,02	0,46	2,85	1,38	0,26	4,27
5,85	17558	0,68	0,21	0,04		5,15	1,57	0,29	

Continuação da Tabela 13.

Maio/2022									
Precipitação: 52 mm									
Q (L/s)	Volume Esgoto - m ³	RSG				RSM			
		m ³	m ³ /1000hab	m ³ /m ³ 1000 esg	m ³ /km ²	m ³	m ³ /1000hab	m ³ /1000m ³ esg	m ³ /km ²
4,89	16298	0,35	0,13	0,02	3,40	0,86	0,31	0,05	7,28
6,07	20224	0,67	0,19	0,03		1,26	0,36	0,06	
4,78	15948	0,37	0,13	0,02		0,86	0,31	0,05	
1,51	3969	0,07	0,09	0,02	0,15	0,98	1,37	0,25	0,96
6,97	18273	0,29	0,09	0,02		2,90	0,88	0,16	
97,54	9782	1,30	0,73	0,13		6,74	3,82	0,69	
44,76	117329	1,05	0,05	0,01		5,52	0,26	0,05	
3,92	10280	0,12	0,06	0,01		1,41	0,76	0,14	
12,57	32936	0,71	0,12	0,02		3,28	0,55	0,10	
5,97	15655	0,32	0,11	0,02		1,74	0,62	0,11	
6,09	15958	0,20	0,07	0,01		2,65	0,92	0,17	
11,44	21500	1,00	0,27	0,05	3,31	2,16	0,58	0,10	10,23
0,76	1658	0,09	0,32	0,05		0,65	2,29	0,39	
1,26	2742	0,11	0,23	0,04		0,73	1,55	0,27	
0,71	1555	0,09	0,34	0,06		0,77	2,89	0,50	
0,76	1658	0,23	0,82	0,14		0,39	1,36	0,23	
43,54	4244	1,55	2,02	0,36	0,85	8,01	10,47	1,89	5,56
12,76	19159	0,64	0,18	0,03		4,32	1,25	0,23	
6,43	11008	0,35	0,18	0,03		2,90	1,46	0,26	
4,82	8240	0,21	0,14	0,03		2,21	1,49	0,27	
4,60	7870	0,19	0,13	0,02		1,62	1,14	0,21	
19,38	7896	0,68	0,48	0,09	0,43	4,34	3,05	0,55	3,79
5,92	15765	0,21	0,08	0,01		2,01	0,71	0,13	
3,47	9261	0,08	0,05	0,01		1,14	0,68	0,12	
3,92	10446	0,16	0,08	0,02		1,44	0,76	0,14	
6,04	16096	0,21	0,07	0,01		2,83	0,97	0,18	
6,76	29582	0,86	0,17	0,03	2,67	1,86	0,36	0,06	5,80
3,86	11480	0,11	0,05	0,01	0,35	1,48	0,72	0,13	2,23
5,68	18199	0,55	0,17	0,03		2,68	0,82	0,15	

Continuação da Tabela 13.

Junho/2022									
Precipitação: 40 mm									
Q (L/s)	Volume Esgoto - m³	RSG				RSM			
		m³	m³/1000hab	m³/1000m³ esg	m³/km²	m³	m³/1000hab	m³/1000m³ esg	m³/km²
4,91	12730	0,33	0,13	0,03	2,39	1,37	0,53	0,11	11,52
6,09	15796	0,39	0,12	0,02		1,99	0,63	0,13	
4,81	12456	0,26	0,10	0,02		1,36	0,54	0,11	
1,52	3942	0,08	0,09	0,02	0,17	0,52	0,56	0,13	1,02
7,00	18151	0,38	0,10	0,02		1,52	0,42	0,08	
97,97	253948	1,45	0,03	0,01		16,13	0,32	0,06	
44,96	116543	1,08	0,05	0,01		3,97	0,18	0,03	
3,94	10212	0,12	0,06	0,01		0,74	0,35	0,07	
12,62	32715	0,82	0,13	0,03		1,73	0,27	0,05	
6,00	15550	0,33	0,11	0,02		0,91	0,29	0,06	
6,12	15851	0,25	0,08	0,02		1,39	0,44	0,09	
11,75	30465	0,91	0,25	0,03	3,07	4,05	1,11	0,13	14,42
0,78	2029	0,10	0,45	0,05		0,67	3,01	0,33	
1,30	3357	0,10	0,27	0,03		0,85	2,23	0,25	
0,73	1904	0,08	0,41	0,04		0,62	3,01	0,33	
0,78	2029	0,21	0,96	0,11		0,44	1,98	0,22	
44,74	115974	1,44	0,10	0,01	0,94	6,90	0,50	0,06	3,70
13,11	33973	0,82	0,20	0,02		2,27	0,56	0,07	
6,61	17137	0,45	0,22	0,03		1,52	0,74	0,09	
4,95	12828	0,28	0,18	0,02		1,16	0,76	0,09	
4,73	12251	0,24	0,16	0,02		0,85	0,58	0,07	
18,06	46812	1,07	0,10	0,02	0,70	2,28	0,20	0,05	1,99
5,51	14288	0,36	0,11	0,03		1,05	0,31	0,07	
3,24	8393	0,14	0,07	0,02		0,60	0,29	0,07	
3,65	9467	0,25	0,11	0,03		0,75	0,33	0,08	
5,63	14588	0,36	0,10	0,02		1,48	0,43	0,10	
7,21	18693	0,42	0,10	0,02	1,32	2,94	0,67	0,16	9,18
4,13	10693	0,08	0,04	0,01	0,21	0,78	0,36	0,07	1,17
6,06	15703	0,32	0,09	0,02		1,41	0,41	0,09	

Continuação da Tabela 13.

Acumulado: Ago/21 à jun./22								
Precipitação: 1084 mm								
Vol. Total Esgoto - m³	RSG				RSM			
	m³	m³/1000hab	m³/1000m³ esg	m³/km²	m³	m³/1000hab	m³/1000m³ esg	m³/km²
170150	3,20	1,14	0,02	30,15	23,17	8,30	0,14	195,39
208166	5,99	1,72	0,03		33,84	9,70	0,16	
166756	3,18	1,16	0,02		23,09	8,40	0,14	
50753	1,46	2,04	0,03	2,48	14,86	20,80	0,29	17,20
189276	6,53	1,98	0,03		44,14	13,40	0,23	
107046	20,48	11,62	0,19		174,72	99,10	1,63	
1148532	13,06	0,62	0,01		80,26	3,80	0,07	
111874	1,70	0,92	0,02		21,47	11,60	0,19	
331270	13,90	2,34	0,04		50,02	8,40	0,15	
163920	4,08	1,45	0,02		26,52	9,40	0,16	
166856	4,08	1,42	0,02		40,28	14,00	0,24	
220520	9,87	2,67	0,04	33,93	52,31	14,10	0,24	199,76
28372	1,30	4,55	0,05		10,43	36,50	0,37	
38876	1,54	3,27	0,04		14,65	31,00	0,38	
27381	1,02	3,83	0,04		6,39	23,90	0,23	
28372	1,87	6,54	0,07		8,11	28,40	0,29	
53419	15,21	19,89	0,28	11,38	114,02	149,10	2,13	81,44
197856	10,95	3,17	0,06		65,85	19,10	0,33	
118920	5,99	3,02	0,05		44,14	22,30	0,37	
92114	3,70	2,49	0,04		30,60	20,60	0,33	
88529	3,20	2,25	0,04		24,72	17,40	0,28	
88784	11,16	7,84	0,13	7,60	66,16	46,50	0,75	57,75
164988	4,08	1,44	0,02		30,60	10,80	0,19	
101998	1,67	1,00	0,02		17,30	10,40	0,17	
113475	2,57	1,36	0,02		21,91	11,60	0,19	
168191	4,08	1,41	0,02		43,06	14,80	0,26	
298789	7,59	1,49	0,03	23,72	49,82	9,80	0,17	155,70
123490	1,67	0,81	0,01	4,16	22,60	10,90	0,18	33,92
188560	6,12	1,87	0,03		40,83	12,50	0,22	