



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AMBIENTAL
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

**PROPOSTA DE SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO PARA A CIDADE DE
LAGOA - PB**

CÁSSIO RENÊ SOUSA DOS SANTOS

POMBAL – PB

2022

CÁSSIO RENÊ SOUSA DOS SANTOS

PROPOSTA DE SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO PARA A CIDADE DE
LAGOA-PB

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Unidade Acadêmica de Ciências e Tecnologia
Ambiental da Universidade Federal de Campina
Grande, como parte dos requisitos necessários
para obtenção do título de Engenheiro Civil.

Orientadora: Prof^a. Rosinete Batista dos Santos
Ribeiro.

POMBAL – PB

2022

S237p Santos, Cássio Renê Sousa dos.

Proposta de sistema de esgotamento sanitário para a cidade de Lagoa
- PB / Cássio Renê Sousa dos Santos. – Pombal, 2022.
107 f. il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil)
– Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e
Tecnologia Agroalimentar, 2022.

“Orientação: Profa. Dra. Rosinete Batista dos Santos Ribeiro.”
Referências.

1. Saneamento básico. 2. Tratamento de esgoto - Sistema Australiano.
3. Meio ambiente. 4. Saúde pública. I. Ribeiro, Rosinete Batista dos
Santos. II. Título.

CDU 628(043)

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AMBIENTAL
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

PARECER DA COMISSÃO EXAMINADORA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO.

CÁSSIO RENÊ SOUSA DOS SANTOS

TÍTULO DO TRABALHO

Trabalho de Conclusão de Curso do discente (CÁSSIO RENÊ SOUSA DOS SANTOS) **APROVADO** em 14 de dezembro de 2022 pela comissão examinadora composta pelos membros abaixo relacionados como requisito para obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL pela Universidade Federal de Campina Grande.

Registre-se e publique-se.

Rosinete Batista dos Santos Ribeiro

Prof^a. Dr^a. Rosinete Batista dos Santos Ribeiro

(Orientadora – UACTA/CCTA/UFCG)

Documento assinado digitalmente



ERICA CRISTINE MEDEIROS MACHADO

Data: 23/12/2022 09:13:55-0300

Verifique em <https://verificador.iti.br>

Prof^a. Dr^a Érica Cristine Medeiros Machado.

(Membro Interno – UACTA/CCTA/UFCG)

GEYELLYSON
JORDAN SILVA

LIMA:092.991.744-82

Assinado digitalmente por GEYELLYSON JORDAN SILVA
LIMA:092.991.744-82
ND: CN=GEYELLYSON JORDAN SILVA
LIMA:092.991.744-82; E=geyellyson@outlook.com
Razão: Eu atesto a precisão e a integridade deste documento
Localização: Jertó - PB
Data: 2022.12.23 10:12:49-0300
Foxit PDF Reader Versão: 12.1.0

Geyellyson Jordan Silva Lima

(Membro Externo - Engenheiro Civil)

(In Memoriam)

*A Maria de Sousa Freires, minha avó, que
sempre esteve ao meu lado nos momentos
mais difíceis.*

AGRADECIMENTOS

Ao Criador, por me agraciar com a dádiva que é estar vivo e poder contemplar as maravilhas da criação ao lado das pessoas que amo.

Aos meus pais e avós por sempre me ampararem em momentos de dificuldade, por me incentivarem a seguir o caminho dos estudos e por todo o carinho com que me tratam, também aos meus irmãos pelo companheirismo. Sem eles, nada disso seria possível.

A Dr^a Sandra Sibebe, hematologista do Hemocentro da Paraíba, pelo tratamento humanizado que oferece e por todas as batalhas que enfrentou para oferecer uma melhor qualidade de vida aos seus pacientes. A Edilma Casaretto, enfermeira do Hemocentro pela dedicação e competência com que exerce seu trabalho. E a todos os demais membros da instituição supracitada não expressos nominalmente, devido ao grande número, pelo esforço com que se empenham para ofertar um bom serviço.

A todos os meus professores, desde aqueles da educação básica que me alfabetizaram e me ensinaram lições morais até os professores universitários, que me proporcionaram uma profissionalização de excelência.

A minha orientadora, Dr^a Rosinete Batista dos Santos Ribeiro, pela contribuição que me deu tanto nesse trabalho como por todo o conhecimento passado nas disciplinas que ministrou. A Dr^a Érica Cristine Medeiros Machado, avaliadora interna, pela disponibilidade e pelo apoio dado na época em que era coordenadora do curso de engenharia civil. Ao meu amigo e avaliador externo, Geyellyson Jordan Silva Lima, pelo companheirismo durante a graduação, espero que nossa amizade perdure por toda a vida.

A todos os que compõe o Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, por terem permitido com que eu concluísse o ensino superior em uma instituição com alto nível de qualidade, comprovada ao longo dos anos.

Quando o mundo estiver unido na busca do conhecimento, e não mais lutando por dinheiro e poder, então nossa sociedade poderá enfim evoluir a outro nível.

Thomas Jefferson

SANTOS, C. R. S. **Proposta de sistema de esgotamento sanitário para a cidade de Lagoa-PB**. 2022. 107 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Campina Grande, Pombal – PB. 2022.

RESUMO

Os Sistemas de Esgotamento Sanitário no Brasil se encontram atualmente em uma situação de precariedade. A maioria das cidades do país não possuem um sistema eficiente que realize a coleta, transporte, tratamento e destinação final dos efluentes de maneira ambientalmente correta. Essa negligência acarreta em uma série de consequências negativas para o meio ambiente e para a saúde pública. A cidade de Lagoa-PB é mais uma entre tantas que apresenta elevado índice de insalubridade no que se refere aos esgotos, podendo comprometer a qualidade da água e o solo devido a esses despejos, sobretudo, pelo meio de fossas rudimentares e lançamentos à céu aberto. No município em estudo, as taxas de mortalidade infantil e internação por diarreias são muito elevadas. Assim, esse trabalho, tem como objetivo, minimizar os danos ambientais e os problemas de saúde de Lagoa por meio de um eficiente Sistema de Esgotamento Sanitário. O projeto proposto conta com uma rede de coleta que abrange toda a zona urbana, composta por 272 trechos e um total de 17,78 km de extensão, dois interceptores que margeiam os fluxos de água naturais das duas bacias hidrográficas em que a cidade de encontra, uma Estação de Tratamento de Esgotos do tipo Sistema Australiano, adequada para a localidade e um estudo de localização do corpo receptor. O trabalho seguiu as recomendações da legislação brasileira e livros técnicos conceituados da área. Dessa forma, todas as partes constituintes atenderam os critérios de eficiência requeridos. As redes operarão totalmente por gravidade e a estação de tratamento atingiu um nível de eficiência acima do mínimo recomendado.

Palavras-chave: Saneamento Básico. Sistema Australiano. Tratamento de esgoto.

SANTOS, C. R. S. **Proposal for a sanitary sewage system for the city of Lagoa-PB.** 2022. 107 f. Final Paper (Bachelor in Civil Engineering) – Universidade Federal de Campina Grande, Pombal – PB. 2022.

ABSTRACT

Sanitary Sewage Systems in Brazil are currently in a precarious situation. Most cities in the country do not have an efficient system that collects, transports, treats and disposes of effluents in an environmentally correct manner. This negligence leads to a series of negative consequences for the environment and public health. The city of Lagoa-PB is one of many that has a high rate of unhealthy sewage, which can compromise the quality of water and soil due to these evictions, especially through rudimentary cesspools and open-air discharges. In the municipality under study, infant mortality rates and hospitalization due to diarrhea are very high. Thus, this work aims to minimize environmental damage and health problems in Lagoa through an efficient Sanitary Sewage System. The proposed project has a collection network that covers the entire urban area, consisting of 272 sections and a total of 17.78 km in length, two interceptors that border the natural water flows of the two river basins in which the city is located, a Sewage Treatment Plant of the Australian System type, suitable for the locality and a study of the location of the receiving body. The work followed the recommendations of the Brazilian legislation and renowned technical books in the area. In this way, all constituent parts met the required efficiency criteria. The networks will operate entirely by gravity and the treatment plant has reached an efficiency level above the recommended minimum.

Keywords: Sanitation. Australian System. Sewage Treatment.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – População mundial na história	20
Figura 02 – Esgoto coletado nos estados	23
Figura 03 – Esgoto coletado-tratado nos estados.....	23
Figura 04 – Locais da tubulação na via pública.....	29
Figura 05 – Sistema: Lagoa facultativa.	33
Figura 06 – Sistema: Lagoa anaeróbia – Lagoa facultativa	34
Figura 07 – Sistema: Lagoa aerada facultativa	34
Figura 08 – Sistema: Lagoa aerada de mistura completa	35
Figura 09 – Sistema: Lodos ativados	35
Figura 10 – Sistema aeróbio com biofilmes.....	36
Figura 11 – Esquema para compreensão da tensão trativa.....	47
Figura 12 – Localização do Município de Lagoa	66
Figura 13 – População urbana e rural de Lagoa (1970 – 2010).....	67
Figura 14 – Relevo da cidade de Lagoa.....	68
Figura 15 – Região hidrográfica do município de Lagoa	70
Figura 16 – Sub-bacias hidrográficas da cidade de Lagoa	71
Figura 17 – Destinação dos esgotos na cidade de Lagoa.....	72
Figura 18 – Esgoto a céu aberto na cidade de Lagoa	72
Figura 19 – Localização dos interceptores.....	76
Figura 20 – Localização da ETE e do lançamento	83

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Índices de esgotamento nas regiões brasileiras.....	22
Tabela 02 – Dimensões do gradeamento	51
Tabela 03 – Taxas de aplicação volumétrica admissíveis.....	57
Tabela 04 – Eficiência da lagoa anaeróbia em função da temperatura	59
Tabela 05 – Coeficientes de remoção de DBO	62
Tabela 06 – Coeficientes de temperatura	63
Tabela 07 – Taxa de mortalidade infantil em Lagoa-PB.....	64
Tabela 08 – Internações por diarreias em Lagoa-PB	64
Tabela 09 – Projeção populacional para 2042	67
Tabela 10 – Quantitativo de acessórios no projeto	73
Tabela 11 – Dimensionamento hidráulico das redes.....	75
Tabela 12 – Vazões de dimensionamento da ETE	77
Tabela 13 – Resultado do dimensionamento do gradeamento	77
Tabela 14 – Dimensionamento do desarenador.....	78
Tabela 15 – Dimensões da Calha Parshall padrão nº 01	79
Tabela 16 – Altura de lâmina mínima e rebaixo da caixa da calha Parshall ...	79
Tabela 17 – Dimensionamento da lagoa anaeróbia	80
Tabela 18 – Eficiência na remoção de DBO em função da temperatura	81
Tabela 19 – Dimensionamento da lagoa facultativa	82
Tabela 20 – Eficiência global do sistema de tratamento	82

LISTA DE QUADROS

Quadro 01 – Danos ambientais decorrentes de descarte de esgotos	25
Quadro 02 – Tipos de traçados das redes de esgoto	29
Quadro 03 – Tipos de acessórios das redes de esgoto	30
Quadro 04 – Vantagens e desvantagens dos sistemas de tratamento	37
Quadro 05 – Eficiência média dos principais tipos de tratamento secundário.	38
Quadro 06 – Métodos de projeção populacional	41
Quadro 07 – Parâmetros de projeto	47
Quadro 08 – Equações para cálculo das vazões	46
Quadro 09 – Equações para o cálculo das declividades	48
Quadro 10 – Equação para o cálculo das vazões	50
Quadro 11 – Temperatura média mensal (°C) – Série histórica (2010 e 2021)	69
Quadro 12 – Direção do vento (°) – Série histórica (2010 e 2021)	69
Quadro 13 – Parâmetros de projeto	74

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AI – Área de Influência

ANA – Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico

CF – Coliformes Fecais

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

CP – Caixa de Passagem

DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio

DQO – Demanda Química de Oxigênio

ETE – Estação de Tratamento de Efluentes

FUNASA – Fundação Nacional de Saúde

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

MDE – Modelo Digital de Elevação

NBR – Norma Brasileira

OMS – Organização Mundial da Saúde

PAC – Programa de Aceleração de Crescimento

PB – Paraíba

PLANASA – Plano Nacional de Saneamento

PLANSAB – Plano Nacional de Saneamento Básico

PNSB – Pesquisa Nacional de Saneamento Básico

PV – Poço de Visita

PVC – Policloreto de Vinila

SABESP – Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo

SES – Sistema de Esgotamento Sanitário

SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento

SUS – Sistema Único de Saúde

TDH – Tempo de Detenção Hidráulica

TIL – Tubo de Inspeção e Limpeza

TL – Terminal de Limpeza

Sumário

1. INTRODUÇÃO	16
1.1. Objetivos	19
1.1.1. Geral	19
1.1.2 Específicos	19
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	20
2.1. Breve Histórico do surgimento de sistemas de esgoto sanitário	20
2.2. Situação do esgotamento sanitário	21
2.2.1. No Brasil.....	21
2.2.2. Na Paraíba.....	22
2.3. Doenças relacionadas com a falta de sistema de esgoto sanitário	24
2.4. Danos ambientais ocasionados pelo lançamento inadequado de esgoto.....	25
2.5. Legislação	26
2.6. Sistemas de Esgotamento Sanitário (SES)	28
2.6.1. Tipos de Sistemas de Esgotamento Sanitário	28
2.6.2. Tipos de traçados.....	28
2.6.3. Localização da tubulação na via pública	29
2.6.4. Material das tubulações.....	30
2.6.5. Órgãos acessórios	30
2.6.6. Concepção dos interceptores	31
2.6.7. Sistemas de tratamento de esgotos	31
3. METODOLOGIA	39
3.1. Problemas de saúde decorrentes do lançamento inadequado de esgoto.....	39
3.2 Danos ambientais ocasionados pelo lançamento de efluentes	39
3.3 Sistema de Esgotamento Sanitário proposto	39
3.3.1 Estudos de concepção	39
3.3.2 Disposições construtivas	43
3.3.3 Projeto das redes de esgoto	44
3.3.4 Projeto dos interceptores.....	49
3.3.5 Projeto da Estação de Tratamento de Esgoto	50
3.3.6 Disposição final dos efluentes tratados.....	63

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	64
4.1 Problemas de saúde relacionados com a falta de esgotamento em Lagoa.....	64
4.2 Danos ambientais gerados por falta de esgotamento em Lagoa	65
4.3 Sistema de Esgotamento Sanitário Proposto	65
4.3.1 Estudos de concepção	65
4.3.2 Análise das disposições construtivas.....	73
4.3.3 Projeto das Redes de Esgoto.....	74
4.3.4 Projeto dos Interceptores	76
4.3.5 Projeto da Estação de Tratamento de Esgoto	77
4.3.5.1 Vazões de dimensionamento	77
4.3.6. Localização da ETE e lançamento dos efluentes	82
5. CONCLUSÕES	84
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	86
APÊNDICE A – Planilha de dimensionamento da rede coletora de esgotos.	94
APÊNDICE B – Planilha de dimensionamento dos interceptores.....	103
APÊNDICE C - Rede coletora de esgoto completa.....	104
APÊNDICE D – Rede coletora de esgotos da bacia do Taquarí.	105
APÊNDICE E – Rede coletora de esgotos da Bacia da Barroquinha	106
ANEXO A – Características de vazão das calhas Parshall padrão.	107

1. INTRODUÇÃO

O saneamento básico é definido pela Fundação Nacional de Saúde como um conjunto de medidas socioeconômicas que tem por objetivo alcançar a salubridade ambiental (FUNASA, 2007). A Lei 11.445/2007 (Brasil, 2007) considera o saneamento como um grupo de serviços públicos de infraestruturas e instalações operacionais de:

- a) Abastecimento de água potável: que compreendem desde a captação de água bruta, passando pelo tratamento e fornecimento às residências;
- b) Esgotamento sanitário: formado pelas atividades de coleta, transporte, tratamento e disposição final dos esgotos de forma ambientalmente adequada;
- c) Limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos: constituídos pelo transporte e destinação final de resíduos sólidos advindos da limpeza de travessias urbanas e do lixo domiciliar.
- d) Drenagem de águas pluviais urbanas: que são as instalações responsáveis pelo transporte, detenção, tratamento e disposição final das águas pluviais.

A importância da salubridade ambiental como promotora de melhorias para o ser humano remonta às mais antigas culturas. O velho testamento relata a preocupação do povo judeu com relação a limpeza dos poços usados para abastecimento humano (KOTTEK, 2010). Manuscritos antigos da Índia relatam que a água para consumo deveria ser purificada pelo fogo (USEPA, 2005). De acordo com Além Sobrinho e Tsutiya (1999), o sistema de esgotamento sanitário mais avançado da antiguidade que se tem registro é a Cloaca Máxima, que foi construído na cidade de Roma, durante o período do Império (século VI a.c.) este sistema coletava os esgotos, juntamente com águas pluviais de alguns bairros centrais da cidade. A obra era fundamental para o controle da malária. No Brasil, o primeiro sistema de esgotamento sanitário que se tem registro é o da cidade do Rio de Janeiro, que foi projetado e executado em 1857, este sistema era do tipo “separador parcial”, ou seja, recebia contribuições dos esgotos domésticos e de águas pluviais de algumas casas que contavam com pátio pavimentado (NETTO, 1983).

Nos dias atuais, a situação do saneamento básico no mundo encontra dificuldades para avançar de forma que se atinjam níveis aceitáveis de salubridade. De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS) 270 mil crianças morrem anualmente no planeta durante os primeiros anos de vida, isso ocorre porque 74% das pessoas ainda não tem acesso aos serviços de saneamento, em especial o de coleta e tratamento de esgotos (OMS, 2017). De acordo com Paiva e Souza (2020), no ano de 2019, foram registradas no Brasil, 167 mil internações por doença de veiculação hídrica, essas internações ocasionam impactos nas mais diversas esferas da sociedade, tais como: afastamentos do trabalho, que gera perda de produtividade dos trabalhadores; faltas escolares entre crianças e jovens, causando um aumento da evasão escolar; além de 1.898 óbitos que foram computados por este mesmo motivo. Estas doenças geraram uma oneração ao Sistema Único de Saúde (SUS) na ordem de 70 milhões de reais no ano supracitado (Trata Brasil, 2020).

Sob a ótica ambiental, o despejo de esgotos sem tratamento no meio ambiente gera poluição dos solos, das águas subterrâneas e superficiais. Assim, a carência deste serviço resulta na mortandade de vidas aquáticas, por meio do processo de eutrofização dos corpos hídricos (BARRETO, 2017). Além disso, as algas que surgem no processo de eutrofização excretam substâncias na água que, se ingeridas, podem ocasionar falência em órgãos vitais no ser humano (SIQUERA, 2019).

No Brasil, essa conjuntura é bastante complicada, de acordo com o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS, 2021) 47,19% das residências não detinham acesso ao sistema de esgotamento sanitário adequado no país. E ainda, da parcela de esgotos que é coletado 19,16% não passa por um processo de tratamento, o que garantiria o seu destino final de forma sustentável. A região Nordeste do Brasil é a quarta colocada entre as cinco no que diz respeito ao atendimento adequado de coleta e tratamento dos esgotos (SNIS, 2021). O estado da Paraíba, por sua vez, apresenta um Índice de Coleta de Esgotos de 44,58% e desses apenas 71,78% é tratado (SNIS, 2021). No Município de Lagoa - PB, local escolhido para a realização do estudo, o sistema de esgotamento é tão precário ou até pior que no restante do país. Segundo a Pesquisa Nacional do Saneamento Básico realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística apenas 9% das residências da zona urbana tinham seus

banheiros ligados à rede de esgoto ou fossa séptica, todo o restante era operado de forma rudimentar (IBGE, 2017). Porém, devido a inexistência de uma Estação e Tratamento de Esgotos (ETE) 100% desse material coletado por rede geral era despejado na natureza sem nenhum tipo de tratamento.

Diante do exposto, fica evidente que o Saneamento Básico e especificamente os Sistemas de Esgotamento Sanitário são de fundamental importância para o desenvolvimento econômico, social e ambiental de uma localidade. Assim, este trabalho teve como objetivo a elaboração e detalhamento de um sistema de coleta, transporte, tratamento e destinação final de esgotos para a cidade de Lagoa-PB. Da mesma forma, fazer um diagnóstico da ocorrência das moléstias infectocontagiosas na cidade, decorrentes da falta de adequado sistema de esgotamento. E ainda, apresentar os danos ambientais gerados pela precariedade da infraestrutura de esgotamento. Tais medidas, se implantadas de forma eficaz, poderão gerar um aumento significativo da qualidade de vida dos habitantes, em especial no que se refere à saúde pública e ao meio ambiente.

1.1. Objetivos

1.1.1. Geral

Apresentar uma proposta de Sistema de Esgotamento Sanitário para a cidade de Lagoa-PB, tendo como meta a redução dos danos causados à saúde da população bem como o dano ambiental ocasionado pela ineficiência do atual sistema de esgotamento sanitário.

1.1.2 Específicos

- Realizar um diagnóstico da situação atual do esgotamento sanitário da cidade de Lagoa-PB;
- Identificar os prejuízos à saúde pública, decorrentes da disposição inadequada dos esgotos;
- Apontar possíveis danos ambientais advindos do sistema rudimentar de esgotos;
- Apresentar medida de intervenção por meio de um sistema de esgotamento sanitário;

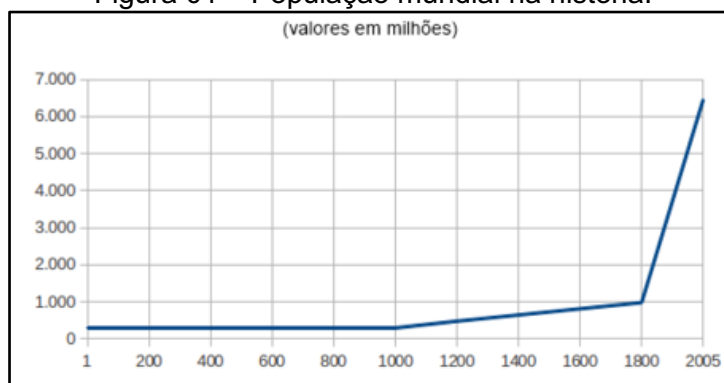
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. Breve Histórico do surgimento de sistemas de esgoto sanitário

Durante a maior parte da história humana, as comunidades não passavam de algumas dezenas de indivíduos. A expectativa de vida circundava em torno de 30 anos pelos primeiros milênios da existência humana (BLACK, 2020). Assim, devido ao baixo crescimento populacional e baixa expectativa de vida, as excretas humanas eram em volume muito reduzido, gerando pouco ou nenhum impacto ao meio ambiente.

Após a revolução científica, iniciada no século XVI, a espécie humana passou a se multiplicar de forma exponencial. Concomitantemente, houve um aumento das zonas urbanas, motivado pelas melhores ofertas de emprego e renda do que aquelas encontradas nas zonas rurais (HOFFMANN e WOLFF, 2019). Essas aglomerações passaram a gerar grandes volumes de esgoto, de tal forma que a capacidade de autodepuração dos corpos hídricos foi ultrapassada em vários locais. Na Figura 01 apresenta-se uma evolução do aumento populacional ao longo dos anos em todo o mundo.

Figura 01 – População mundial na história.



Fonte: Mutti (2017).

Dessa forma, para que os danos ao meio ambiente e à saúde pública sejam atenuados, se faz necessário criar mecanismos que imitem a natureza, e realizem a depuração da matéria orgânica gerada por esses agrupamentos, de forma controlada, eficiente e rápida, tendo em vista que o volume de esgotos gerados só cresce a cada ano. Com o objetivo de fazer o afastamento dos dejetos dos locais de convívio das pessoas, bem como a correta destinação final, foram criados os sistemas de esgotamento sanitário (ROCHA, 2017). Estes sistemas envolvem mecanismos tecnológicos para aumentar a eficiência dos

processos e a redução de custos, tudo de forma controlada em estações de tratamento de esgotos (VON SPERLING, 2011).

2.2. Situação do esgotamento sanitário

2.2.1. No Brasil

Os sistemas de saneamento básico no país foram construídos ao longo de décadas, de forma fragmentada e sem um planejamento integrado. Durante o período do Brasil Colônia não havia a noção plena dos prejuízos que a falta de salubridade propiciava ao ser humano (LOBO, 2016). Apenas na década de 1970 se iniciou a tentativa de criar um planejamento integrado a nível nacional para solucionar a problemática do saneamento. Para tanto, o Plano Nacional de Água e Saneamento (PLANASA) foi implantado, com o objetivo de fornecer abastecimento de água e coleta de esgotos a população (COSTA, 2013).

Apesar dos avanços gerados pelo PLANASA, o Brasil não atingiu a universalização dos serviços de água e esgotos, em 2007, ano da entrada em vigor da nova lei, apenas 39,7% das residências eram atendidas por um sistema de esgotamento adequado (BRASIL, 2013). Em razão disso, em 2007 foi sancionada a Lei 11.445/07, que instituía, entre outras medidas, a criação do Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB) que foi lançado em 2014 (BRASIL, 2007). O principal objetivo deste plano é atingir a universalização dos serviços de saneamento básico, e diferentemente do PLANASA, o PLANSAB entende que o saneamento não se trata apenas de abastecimento de água e esgoto, mas também, da drenagem urbana e resíduos sólidos.

Na Tabela 01 encontra-se o atual estado dos serviços de esgotamento sanitário no Brasil, isto é, o percentual do esgoto coletado nas regiões, a taxa de esgoto tratado em relação ao que é coletado e a taxa do esgoto tratado em relação ao total gerado.

Tabela 01 – Índices de esgotamento nas regiões brasileiras.

Região	Coletado (%)	Coletado tratado (%)	Tratado/Produzido (%)
Norte	22,81	85,75	21,35
Nordeste	38,02	76,02	34,14
Sudeste	73,55	76,36	58,60
Sul	48,84	93,85	46,66
Centro-Oeste	68,88	94,28	58,48
Brasil	60,27	79,84	50,73

Fonte: Adaptado SNIS (2021).

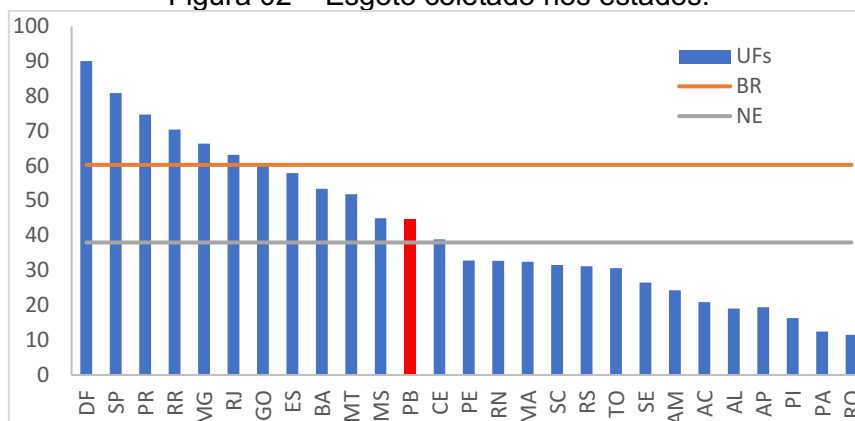
A universalização dos serviços de esgotamento sanitário no Brasil pode ocasionar benefícios à população do ponto de vista da saúde pública, educação, produtividade, turismo e valorização imobiliária de acordo com o Instituto Trata Brasil (2018). Nos estudos da instituição supracitada, o país teve 14,9 milhões de casos de afastamento do trabalho ocasionados por diarreias ou vômito em 2013, gerando um ônus financeiro para o Sistema Único de Saúde (SUS) de 125,5 milhões de reais com internações hospitalares. Com a universalização do saneamento básico, espera-se também uma diminuição de 3,6% no atraso escolar dos estudantes do ensino básico. Entre os anos de 2004 e 2016, as obras de expansão do saneamento foram responsáveis por manter 69 mil empregos diretos em todo o Brasil (TRATA BRASIL, 2018).

2.2.2. Na Paraíba

Na Paraíba, os esgotos eram despejados nas ruas próximo as residências, não havendo rede geral até o Século XIX (DUARTE, 2016). Apenas em 1926 foi inaugurado o primeiro sistema de esgotamento sanitário do estado, na cidade de João Pessoa, ele estava localizado apenas em algumas ruas dos bairros centrais (ROCHA, 2017).

Nos dias atuais, a Paraíba apresenta um índice de coleta de esgoto de 44,69%, que a deixa acima da média da região Nordeste como pode ser conferido na Figura 02, porém, se encontra abaixo da média nacional no que se refere a coleta de esgoto (SNIS, 2021).

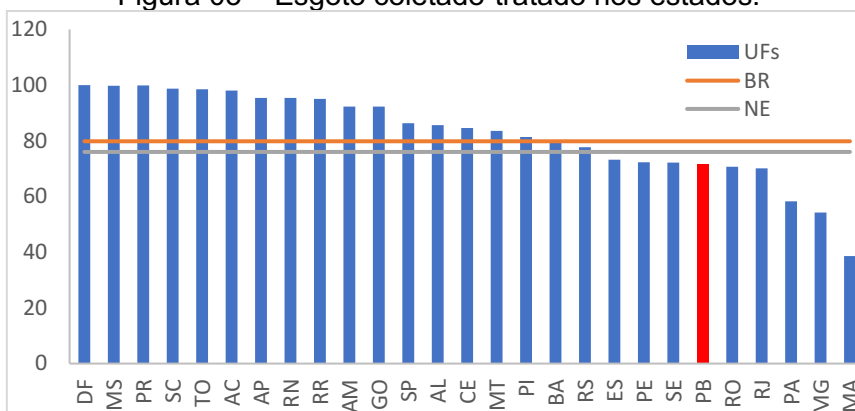
Figura 02 – Esgoto coletado nos estados.



Fonte: Adaptado do SNIS (2021).

Pela perspectiva do tratamento, o Estado da Paraíba tem uma taxa de 71,78% de tratamento dos esgotos, como demonstrado na Figura 03, o que a deixa abaixo da taxa da região Nordeste (76,02%) e também abaixo da taxa nacional (79,84%).

Figura 03 – Esgoto coletado-tratado nos estados.



Fonte: Adaptado do SNIS (2021).

As consequências da negligência com relação ao saneamento básico são sentidas pela população da Paraíba. Kuiava, Perin e Chielle (2019) por meio de um estudo agregado temporal e descritivo de 15 anos (2000 a 2015), conseguiu analisar as taxas de internação hospitalar motivadas por doenças diarreicas no Brasil, os autores demonstraram que o Estado da Paraíba era o quarto com mais internações, com 242,29/100 mil habitantes. Os pesquisadores também demonstraram que a faixa etária mais atingida por essas doenças eram os idosos acima de 80 anos e crianças abaixo dos 5 anos. Outro indicador alarmante no Estado da Paraíba é o da mortalidade infantil. O Boletim Epidemiológico do Ministério da Saúde indica que a taxa de mortalidade infantil

no estado é o 11º maior do país e 5º maior do Nordeste, apresentando uma taxa de 15,1 mortes a cada 1.000 nascidos vivos (BRASIL, 2021).

2.3. Doenças relacionadas com a falta de sistema de esgoto sanitário

As atividades antrópicas sobre o meio ambiente têm o poder de modificar a biota de forma a causar impactos consideráveis à natureza. Estas alterações podem prejudicar a saúde humana se não houver formas de reduzir e prevenir tais problemas. Um dos prejuízos causados pela falta de sistemas de esgotamento sanitário, são as doenças infectocontagiosas que a população fica submetida ao viverem em um ambiente insalubre. Estas enfermidades são a segunda maior causa de mortalidade infantil no mundo (MOURA; LANDAU; FERREIRA, 2017). O dano causado pelas doenças relacionadas ao saneamento inadequado varia de acordo com as regiões do Brasil e também pela classe social que o indivíduo pertence, sendo mais comuns nas Regiões Norte e Nordeste e entre pessoas em situação de vulnerabilidade socioeconômica (DALL'AGNOL, 2020).

A classificação das infecções ocasionadas por veiculação hídrica origina-se do entendimento de como se dá essa transmissão e se dividem em quatro categorias (HELLER, 2021):

- Transmissão hídrica: ocorre quando o patógeno se encontra na água que é ingerida;
- Transmissão relacionada com a higiene: é aquela que pode ser evitada com medidas de higiene pessoal e doméstica;
- Contato com dejetos: caracterizada quando o agente patogênico entra em contato com o indivíduo por meio de contato direto com água contaminada ou alimentos que foram irrigados com água insalubre;
- Transmissão por meio de inseto vetor: essa forma se dá por meio de insetos que usam a água como meio de reprodução e aqueles que cuja picada ocorre próximo a ela;

As principais ocorrências de moléstias relacionadas a falta de sistemas de esgotamento no Brasil são: diarreias, cólera, salmonelose, infecções por *Escherichia coli*, febre tifóide e hepatite “A” (CORTEZ, 2019).

2.4. Danos ambientais ocasionados pelo lançamento inadequado de esgoto

Os resíduos líquidos são oriundos de usos domésticos, industriais e águas de infiltração (AROUCA, 2017). Devido as origens e os tipos diversificados que os efluentes podem ter, as formas de dano ambiental gerados por estes materiais se dão de diversas maneiras, a depender do líquido que está sendo despejado no meio ambiente (GUIMARÃES, 2016).

Tendo em vista a variação quali-quantitativa dos efluentes e as manifestações negativas ao meio ambiente, é que são apresentados alguns danos no Quadro 01.

Quadro 01 – Danos ambientais decorrentes de descarte de esgotos.

Forma de contaminação	Dano ambiental
Conteúdo orgânico diluído	Ocasionam a diminuição do oxigênio dissolvido em corpos hídricos por meio da elevação das taxas de DBO. Podendo proporcionar a morte generalizada da vida aquática.
Substâncias tóxicas e metais pesados	Pode gerar o efeito da bioacumulação pela cadeia trófica. Na medida em que os animais consumidores se alimentam daqueles de nível trófico inferior, que estão contaminados com tais substâncias, passam adiante a toxicidade presente na presa para o nível superior.
Elementos inorgânicos em suspensão	Reduzem ou neutralizam o processo de fotossíntese das algas no corpo receptor. Isso ocorre devido ao aumento da cor e da turbidez da água que impedem a passagem da luz solar. Esta forma de poluição pode gerar um desequilíbrio na cadeia alimentar por causa da diminuição das plantas aquáticas.

Quadro 01 – Danos ambientais decorrentes de descarte de esgotos (continuação).

Forma de contaminação	Dano ambiental
Material nutritivo	Aumenta a presença de algas nas massas aquáticas, podendo ocasionar a diminuição dos níveis de oxigênio pelo processo de eutrofização, o que desencadeia a morte em massa dos animais aquáticos.
Refratários	São responsáveis pelo surgimento de espumas tóxicas nos rios e lagos.
Óleos e graxas	Atrapalham no processo de autodepuração do corpo hídrico, isso ocorre porque alguns destes lipídeos matam os microrganismos responsáveis pela decomposição natural.
Ácidos e bases	Também interferem na decomposição da matéria orgânica pois matam os seres microscópicos responsáveis por esse processo.
Material argilo-siltosos	Podem gerar o surgimento de bancos de lama no leito dos rios e lagos, agravando o problema do assoreamento. Também podem gerar entupimentos nas canalizações e singularidades dos sistemas de esgotamento.
Alta temperatura	A elevada quantidade de energia térmica despejada no receptor pode desencadear o desaparecimento dos seres vivos que habitam na água, pois gera uma diminuição do oxigênio dissolvido.

Fonte: Adaptado de NUVOLARI (2011).

2.5. Legislação

Em 2007, foi redigida a Lei nº 11.445/2007 (Lei do Saneamento Básico) que estabeleceu todos os princípios necessários para o fornecimento sustentável dos sistemas de saneamento no Brasil, sendo o principal deles a universalização do acesso até o ano de 2033 (SOARES, 2016).

A Lei do Saneamento de 2007 estabeleceu a necessidade da criação do Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB), que teve sua primeira edição publicada em 2013, este plano fez o diagnóstico da situação do fornecimento de água, esgotamento sanitário, drenagem urbana e resíduos sólidos em todo o país, e estabeleceu metas de implantação progressiva ao

longo dos anos, tendo como meta principal a universalização (SEGUNDO, 2016). Em se tratando de esgotamento sanitário, o plano prevê que até 2033, 87% dos esgotos gerados sejam coletados, e também que de todo o esgoto recolhido 93% seja tratado (BRASIL, 2013). Entretanto, no ano de 2020, as metas estavam longe de serem atingidas, o que resultou na formulação da Lei nº 14.026/2020, que ficou conhecida como o Novo Marco Legal do Saneamento, esta lei não revoga a Lei nº 14.445/07, e sim, altera a estrutura da antiga legislação e institui novos princípios que regem o setor no país (NETO, 2021). Entre as modificações pode-se citar:

- A Agência Nacional de Águas e Saneamento (ANA) passa a ser responsável por editar as normas regulamentadoras do setor no que se refere aos padrões de qualidade e eficiência na prestação dos serviços;
- Prestação regionalizada: O serviço não será mais visto de forma isolada entre os municípios, mas sim em blocos;
- Processos licitatórios obrigatórios: A antiga legislação tornava a concorrência inviável, com o novo marco, toda a prestação destes serviços deverá ser licitada e submetida a concorrência entre empresas, inclusive aquelas da iniciativa privada;
- Meta de atendimento: O fornecimento de coleta e tratamento de esgoto para 90% da população até o ano de 2033, podendo ser ampliado para 2040;

Os corpos hídricos que receberão os efluentes tratados devem ser corretamente caracterizados, com o objetivo de prever a capacidade de autodepuração da água de acordo com a Política Nacional de Meio Ambiente (BRASIL, 1981). Para assegurar a conservação dos recursos hídricos, as Resoluções nº 357 e nº 430 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) classificam as águas doces em 5 categorias e descrevem os padrões de lançamento para cada tipo (BRASIL, 2005 e 2011). As classes de que tratam as normas são:

- Classe especial: Destinada ao consumo humano e preservação do meio aquático;
- Classe I: Utilizada para consumo humano, a recreação, irrigação de hortaliças e a proteção das comunidades aquáticas;

- Classe II: Destinada ao abastecimento humano, a recreação, irrigação de hortaliças e aquicultura;
- Classe III: Pode ser usada para abastecimento humano, irrigação arbóreas pesca amadora, recreação e dessedentação de animais;
- Classe IV: Ideal para a navegação e harmonia paisagística;

2.6. Sistemas de Esgotamento Sanitário (SES)

2.6.1. Tipos de Sistemas de Esgotamento Sanitário

Os tipos de sistema de esgotamento sanitário são: Sistema unitário, separador parcial e separador absoluto. Os dois primeiros, têm como desvantagens os elevados custos de implantação devido aos dutos de grande diâmetro, pois esses conduzem as águas pluviais junto com os esgotos, o separador absoluto possui dutos de menor dimensão, pois não são projetados para comportar as vazões pluviais, dessa forma, tem um custo reduzido, além de poderem ser construídos em ruas sem pavimentação (ALÉM SOBRINHO e TSUTIYA, 1999). A legislação brasileira estabelece o sistema do tipo separador absoluto como o único admissível para o país (ABNT, 1986).

2.6.2. Tipos de traçados

O traçado da rede deve ser feito de tal forma que atenda à maior quantidade de residências de forma eficiente, permitindo também, a melhor viabilidade técnica e ambiental (PIRES, 2018). O traçado adequado das redes está condicionado ao relevo da cidade que está inserido, pois o escoamento deve acontecer, preferencialmente, por gravidade. Assim, a partir do estudo da altimetria é possível prever o tipo de traçado a ser utilizado (ALÉM SOBRINHO e TSUTIYA, 1999). As formas de traçados podem ser de três tipos como elucidados no Quadro 02.

Quadro 02 – Tipos de traçados das redes de esgoto.

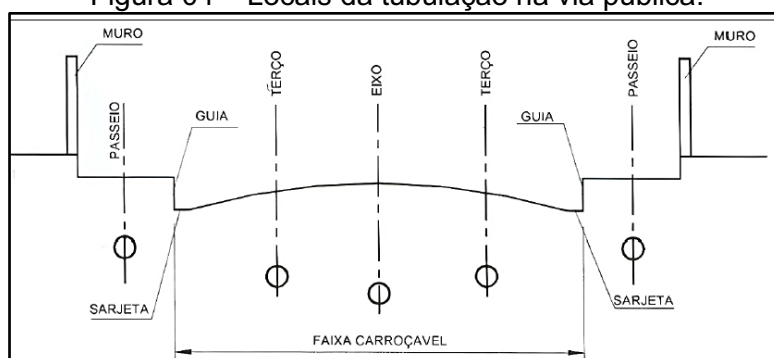
Tipo de traçado	Definição	Uso	Ilustração
Perpendicular	As redes são compostas por diversos coletores troncos, que atuam independentemente uns dos outros, eles são alocados de forma perpendicular em relação ao rio mais próximo.	<ul style="list-style-type: none"> Cidades circuncidadas por cursos d'água; Interceptor margeia o rio mais próximo; Terreno plano ou ondulado; 	
Leque	Configuração composta por diversos coletores primários que remetem os efluentes secundários, e estes despejam os esgotos em interceptores, localizados nas partes baixas da bacia.	<ul style="list-style-type: none"> Terreno natural ondulado ou acidentado; 	
Radial ou distrital	A cidade é dividida em diversos distritos, e nos pontos em que a rede atinge certa profundidade, são criados tanques de detenção para os efluentes, que são bombeados para um distrito ao lado ou para a destinação final.	<ul style="list-style-type: none"> Cidades com relevo plano; 	

Fonte: Nervis (2019).

2.6.3. Localização da tubulação na via pública

As redes podem ser implantadas em cinco locais distintos, sendo eles: eixo, terço par, terço ímpar, passeio par e passeio ímpar, a Figura 04 exemplifica essas posições. Para a escolha da posição deve ser levada em consideração alguns aspectos da rua como: interferência com demais redes de saneamento (abastecimento de água e drenagem) e outros elementos de infraestrutura, também depende do tráfego, da largura da rua e soleira dos prédios (ALÉM SOBRINHO; TSUTIYA, 1999).

Figura 04 – Locais da tubulação na via pública.



Fonte: Além Sobrinho e Tsutiya (1999).

2.6.4. Material das tubulações

Existe no mercado, uma enorme variedade de materiais que podem ser empregados nas canalizações dos SES. São encontrados tubos de cerâmica, concreto, plástico, ferro fundido, aço e fibrocimento. A escolha adequada do material que será empregado deve ser condicionada a uma série de fatores intervenientes, que de acordo com Além Sobrinho e Tsutiya (1999) são: resistência a cargas externas, resistência à abrasão, facilidade de transporte, disponibilidade de diâmetros necessários, custo do material, custo de transporte e custo de assentamento.

2.6.5. Órgãos acessórios

Os órgãos acessórios são unidades adequadamente posicionadas ao longo de toda a rede coletora e dos interceptores com o objetivo de evitar problemas de entupimento e facilitar as manutenções corretivas. Os locais que normalmente são alocados esses itens são o início das redes, nas mudanças de direção, de inclinação e pontos de mudança no diâmetro da rede. A distância máxima entre as singularidades (PV, TIL e TL) é de 100 m (SABESP, 2020). No Quadro 03 estão apresentadas as principais singularidades existentes, bem como suas descrições e usos.

Quadro 03 – Tipos de acessórios das redes de esgoto.

Acessórios	Definição	Usos
Poço de visita (PV)	Trata de uma câmara, geralmente feita de alvenaria ou concreto, com tamanho suficiente para permitir a entrada de um operador para fazer serviços de manutenção no sistema.	<ul style="list-style-type: none">• Confluência com necessidade de tubo de queda;• Profundidade da rede maior que 2 m;
Tubo de inspeção e limpeza (TIL)	Esse dispositivo não permite a entrada de operadores no seu interior, porém, a manutenção de limpeza é feita por meio de inspeção visual e alocação de equipamentos de desobstrução.	<ul style="list-style-type: none">• Pontas secas com previsão de prolongamento;• Confluência de 3 trechos de chegada e 1 saída;• Profundidade da rede menor que 2 m;

Quadro 03 – Tipos de acessórios das redes de esgoto (continuação).

Terminal de limpeza (TL)	Essa forma de singularidade também não permite a estadia de pessoas em seu interior. Permite inspeção visual por parte dos operadores e introdução de equipamentos de desentupimento.	É facultado seu uso nas pontas secas das redes coletoras, em casos de não haver previsão de ampliação do sistema naquele ponto;
--------------------------	---	---

Fonte: Além Sobrinho e Tsutiya (1999).

2.6.6. Concepção dos interceptores

Os interceptores devem ser alocados nos pontos mais baixos das bacias de esgotamento, preferencialmente, margeando os rios principais dos vales, em áreas que não sejam urbanizadas. Também deverá ser prevista uma faixa que será deixada ao redor dos interceptores para futuros serviços de manutenção. Essas faixas, frequentemente têm entre 4 a 8 metros de largura e o processo legal para o uso desses corredores é por meio de desapropriação ou servidão (COSTA, 2013).

2.6.7. Sistemas de tratamento de esgotos

2.6.7.1. Tratamento Preliminar

Quando o efluente chega na Estação de Tratamento de Esgotos (ETE), ele deve primeiro passar pelo tratamento preliminar. Essa etapa visa a remoção de sólidos grosseiros (> 1 cm) e areia, com isso, o restante do sistema fica protegido contra avarias e abrasões causadas por esses componentes maiores (DISTRITO FEDERAL, 2021). Nessa etapa, predominam os processos físicos e geralmente, essa fase é composta pelas seguintes partes: Gradeamento, Caixa de areia e Calha Parshall.

2.6.7.2. Tratamento Primário

Após o tratamento preliminar, os esgotos ainda apresentam sólidos em suspensão particulado que não foram removidos na fase anterior. Assim, essa matéria é removida no tratamento primário por meio de dois processos: decantação e floculação. Os sólidos dissolvidos no fluido são, principalmente, constituídos por matéria orgânica sedimentável, ou seja, aquela que podem decantar se for aguardado o tempo suficiente (FERNANDES, 2020). A eficiência na remoção de sólidos em suspensão oscila entre 60% a 70% e com relação a DBO, a eficiência é em torno de 25% a 35%.

2.6.7.3. Tratamento Secundário

O tratamento secundário tem como principal objetivo a aceleração do mecanismo natural que ocorre no meio ambiente chamado de “autodepuração”, porém, em um ambiente controlado. A matéria orgânica contida nos efluentes sanitários são consumidos por microrganismos que convertem todo esse conteúdo em matéria inerte, que não oferece risco a natureza. A essência do funcionamento no tratamento secundário é de ordem biológica. A remoção dos coliformes e da DBO fica entre 60% e 99% (NUVOLARI, 2011). A seguir são descritos os principais métodos de tratamento secundário.

2.6.3.7.1. Lagoas de estabilização

a) Lagoas facultativas

As lagoas facultativas constituem no mais simples dos processos de tratamento secundário de esgotos, pois só bastam processos naturais para que o beneficiamento ocorra (VON SPERLLING, 2017). Essa técnica consiste basicamente de uma lagoa, onde os efluentes são depositados após a etapa de tratamento preliminar. A Figura 05 ilustra as partes constituintes desse sistema.

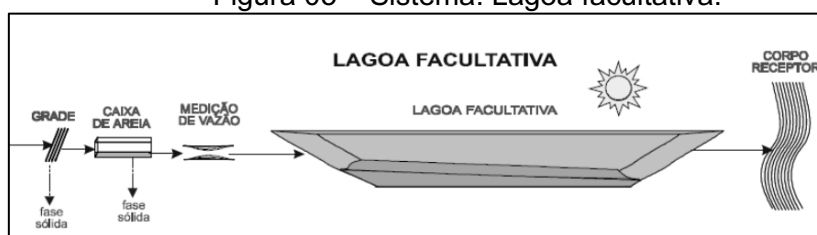
Nas camadas superiores da lagoa ocorre a decomposição por mecanismos aeróbios, isso é, aqueles em que os microrganismos precisam de oxigênio para sobreviver. A origem desse oxigênio provém da excreção de algas presentes no fluido, que realizam o processo de fotossíntese, liberando O_2 na massa líquida, as bactérias consomem esse oxigênio em seu processo metabólico e expelem dióxido de carbono, que é capturado pelas algas (RIBEIRO, 2017). Devido a necessidade da fotossíntese, para que o sistema funcione adequadamente, esse tipo de tratamento é adequado para regiões de maior insolação e pouca nebulosidade, como na região do Nordeste Brasileiro (REZENDE, 2012).

Na parte mais profunda da lagoa, não há a presença de luz do sol, logo, as algas não sobrevivem nesse ambiente, tornando assim, um local sem oxigênio dissolvido. Portanto, predominam seres de natureza anaeróbia, que realizam seus processos metabólicos, decompondo os esgotos, na ausência do oxigênio (OLIVEIRA, 2020). A região intermediária do líquido é onde

predominam as bactérias facultativas, que são aquelas que sobrevivem e metabolizam na presença ou na ausência do oxigênio.

A maior vantagem desse processo é a sua simplicidade e baixo custo operacional, pois não é feito o uso de nenhum mecanismo que use eletricidade, como os conjuntos motobombas. Outra vantagem é que a limpeza do lodo depositado no fundo da lagoa só precisa ser removida com longos intervalos de tempo. Como desvantagem pode-se destacar a necessidade de se dispor de uma área muito grande, pois a lagoa apresenta grandes dimensões.

Figura 05 – Sistema: Lagoa facultativa.



Fonte: Von Sperlling (2017).

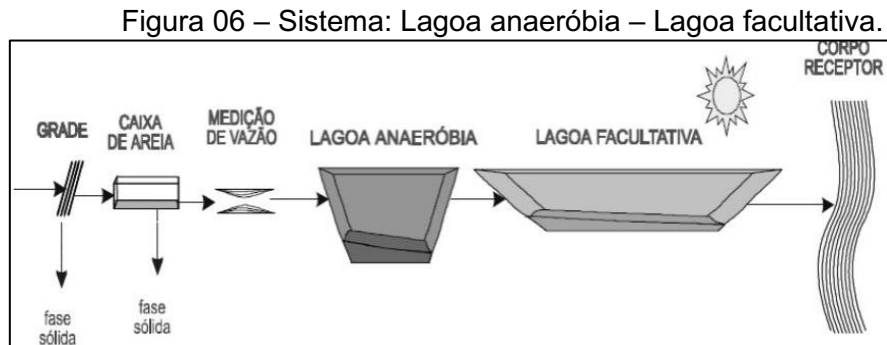
b) Lagoa anaeróbia seguidas de facultativa

Passando o esgoto por uma lagoa anaeróbia, de dimensões relativamente reduzidas antes da lagoa facultativa, consegue-se uma economia global de área na ordem de 1/3 em relação à lagoa unitária (JORDÃO E PESSOA, 2017).

A primeira lagoa apresenta uma profundidade mais elevada e uma área superficial reduzida. Devido a essa maior profundidade, a luz solar não penetra nas camadas inferiores do líquido, portanto, as algas não conseguem realizar a fotossíntese e, conseqüentemente, a liberação de oxigênio. De tal modo, predomina nessa lagoa os processos anaeróbios. Essas bactérias apresentam uma taxa metabólica relativamente reduzida se comparado com as aeróbias, assim, o período de detenção nesse reservatório deve ser de 3 a 5 dias, antes de passar para a próxima lagoa (OLIVEIRA, 2020). A taxa de remoção de DBO nessa primeira etapa oscila entre os 50% e 60%, dessa maneira, a matéria orgânica a ser decomposta na lagoa facultativa é em torno de 40% a 50% do total do esgoto bruto.

As vantagens desse sistema são: a eficiência na remoção de DBO ligeiramente maior que na lagoa facultativa única, facilidade e baixo custo de operação e menores dimensões (VON SPERLLING, 2017). Como principal desvantagem, tem-se a presença de maus odores nas imediações da ETE, logo,

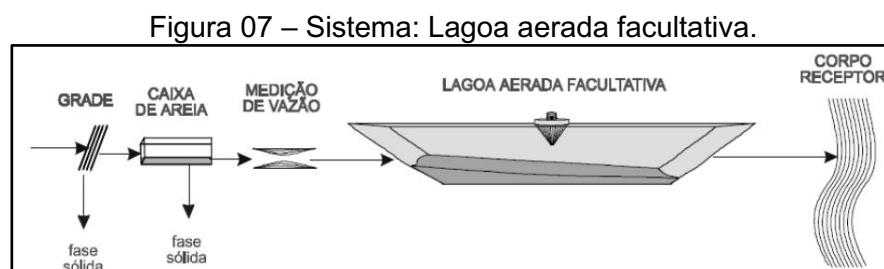
essas unidades devem ser alocadas longes das residências para que o vento não leve o odor para elas. Na Figura 06 pode ser verificado o esquema de funcionamento desse sistema.



Fonte: Von Sperlling (2017).

c) Lagoa aerada facultativa

A diferença desse modelo é a adição de aeradores mecânicos no sistema. Esses aparelhos causam o turbilhonamento do efluente e, conseqüentemente, a adição do oxigênio atmosférico na mistura (FERNANDES, 2020). Dessa forma, os processos aeróbios são preponderantes na decomposição, as bactérias se reproduzem em taxas muito elevadas, o que ocasiona uma rápida degradação da matéria orgânica por isso, esse modelo apresenta um tempo de detenção reduzido. Na Figura 07 há uma exemplificação das etapas de tratamento desse modelo.

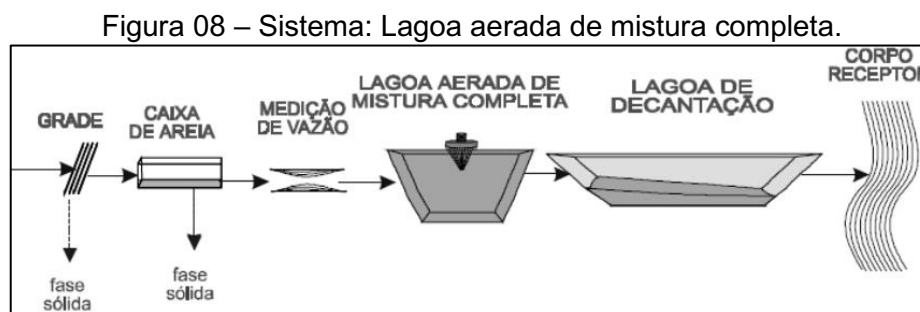


Fonte: Von Sperlling (2017).

d) Lagoas aeradas de mistura completa – lagoas de decantação

Se o espaço para a construção da lagoa for muito limitado, uma das opções para resolver esse problema é a mistura completa do efluente contido na lagoa por meio de um turbilhonamento mais intenso, essa medida visa elevar o nível da aeração no líquido e manter todos os sólidos em suspensão sem se assentarem no fundo da lagoa (VON SPERLLING, 2017). Esse método permite que a decomposição dos sólidos orgânicos se processe a uma elevada

velocidade, assim, o tamanho da lagoa é significativamente reduzido, bem como o tempo de retenção fica entre 2 a 4 dias. Na Figura 08 pode-se encontrar a configuração desse tipo de tratamento.



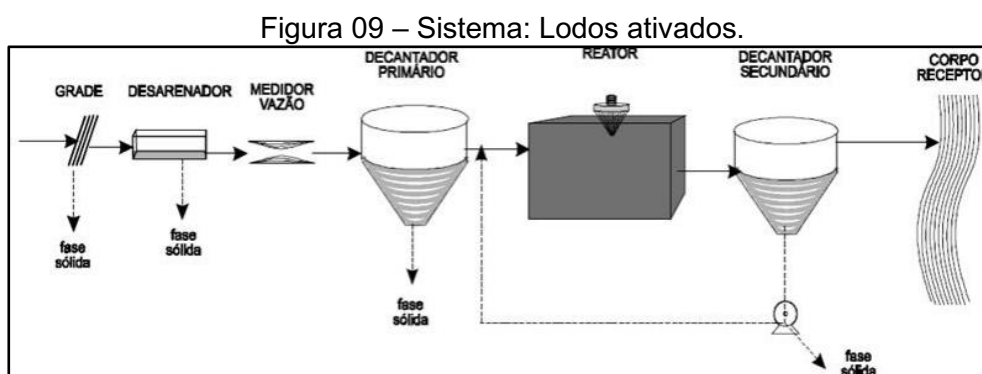
Fonte: Von Sperling (2017).

2.6.3.7.2. Outros sistemas de tratamento secundário

Existem ainda outras maneiras de se realizar o tratamento dos esgotos, a escolha da melhor opção se faz mediante a avaliação das condições sociais, econômicas e ambientais da localidade que será implantado o tratamento. Alguns desses modelos são descritos a seguir.

a) Lodos ativados

Esse processo parte da observação de que a concentração de bactérias na unidade de decantação é bastante elevada no decantador do sistema de lagoas de mistura completa, visto anteriormente. Assim, parte desses microrganismos são bombeados de volta para a etapa de aeração visando o aumento da concentração de bactérias, como exemplificado na Figura 09, assim, o tempo para que toda a matéria orgânica seja consumida é muito reduzido (de 6 a 8 horas), o volume das unidades também é bem inferior aos das lagoas (JORDÃO; PESSOA, 2017).

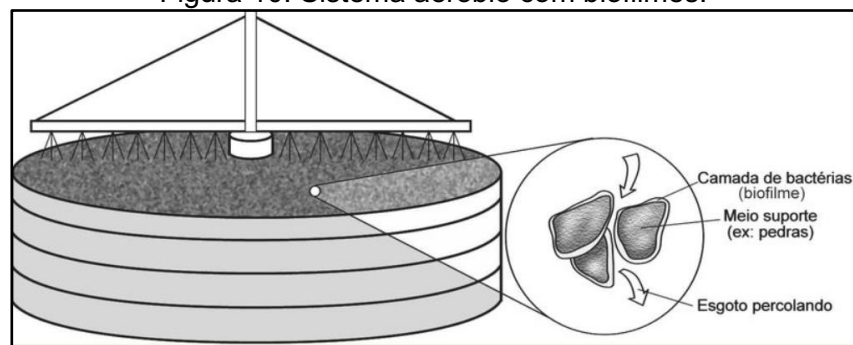


Fonte: Von Sperling (2017).

b) Sistemas aeróbios com biofilmes

Os princípios dessa metodologia são bem diferentes dos anteriores, isso porque ao invés da biomassa ficar dissolvida em um fluido ela cresce aderida em um suporte. Esse suporte pode ser feito de pedras, madeira ou plástico. O mais usual desses modelos é o filtro biológico, feito por pedras britadas em um leito, a Figura 10 elucida a configuração desse sistema. Os esgotos são aspergidos sobre as pedras por um distribuidor rotativo por onde percolam, ao redor das rochas, uma camada de bactérias anaeróbias é formada em forma de película e consomem a matéria orgânica que passam por elas (RIBEIRO, 2017).

Figura 10: Sistema aeróbio com biofilmes.



Fonte: Von Sperlling (2017).

O Quadro 04 apresenta, sucintamente, as principais vantagens e desvantagens dos principais tipos de tratamento secundário.

Quadro 04 – Vantagens e desvantagens dos Sistemas de Tratamento.

Sistema	Vantagens	Desvantagens
Lagoa facultativa	<ul style="list-style-type: none"> • Satisfatória eficiência na remoção de DBO. • Boa eficiência na remoção de patogênicos. • Construção, operação e manutenção simples. • Reduzidos custos de implantação e operação. • Ausência de equipamentos mecânicos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Necessidade de grandes áreas. • Pouca eficiência em climas frios. • Exalação de odores indesejáveis.
Lagoa anaeróbia + Lagoa facultativa	<ul style="list-style-type: none"> • As mesmas que as lagoas facultativas. • Necessidades de área inferiores as lagoas facultativas. 	<ul style="list-style-type: none"> • As mesmas que as lagoas facultativas. • Possível necessidade de estações elevatórias.
Lagoa aerada facultativa	<ul style="list-style-type: none"> • As mesmas que os sistemas anteriores. • Requisitos de área inferiores as das lagoas facultativas e anaeróbias. • Maior independência de fatores climáticos. • Eficiência na remoção de DBO superior o sistema australiano. 	<ul style="list-style-type: none"> • Introdução de equipamentos. • Aumento na complexidade. • Requisitos de área relativamente elevados. • Uso de energia elétrica.
Lagoa aerada de mistura completa	<ul style="list-style-type: none"> • Menores requisitos de área que todos os sistemas de lagoas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Preenchimento rápido do volume útil da lagoa.
Lodos ativados	<ul style="list-style-type: none"> • Elevada eficiência na remoção de DBO. • Remoção biológica de N e P. • Não há exalação de maus odores e insetos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Elevado custo de implantação e operação. • Elevado consumo de energia. • Operação complexa.
Sistema aeróbio com biofilme	<ul style="list-style-type: none"> • Elevada eficiência na remoção de DBO. • Baixa necessidade de área. • Mais simples que os lodos ativados. • Equipamentos mecânicos simples. 	<ul style="list-style-type: none"> • Elevados custos de implantação. • Requisitos de área maiores que os filtros biológicos. • Dependente da temperatura do ar.

Fonte: Von Sperlling (2017).

No Quadro 05 são apresentadas a eficiência, em média, dos principais sistemas de tratamento secundário, descritos anteriormente, no que se refere a remoção da matéria orgânica (DBO), nitrogênio e fósforo.

Quadro 05 – Eficiência média dos principais tipos de tratamento secundário.

Sistema de Tratamento	Eficiência na remoção (%)		
	DBO	N	P
Lagoa facultativa	70-85	30-50	20-60
Lagoa anaeróbia – lagoa facultativa	70-90	30-50	20-60
Lagoa aera. facultativa	70-90	30-50	20-60
Lagoa aera. Mist. Comp. – lag. Dec.	70-90	30-50	20-60
Lodos ativados convencional	85-96	30-40	30-45
Aeróbio com biofilme	85-93	30-45	30-45

Fonte: Von Sperlling (2017).

2.6.7.4. Tratamento Terciário

Essa é uma etapa frequentemente ignorada nos sistemas de tratamento usados no Brasil, porém, o objetivo dessa fase é a remoção de certos poluentes que não são facilmente removidos na parte preliminar, primária e secundária, como elementos não biodegradáveis e tóxicos, também uma complementação da remoção de matéria orgânica, a eliminação de nutrientes (nitrogênio, fósforo, microrganismos patogênicos, entre outros (NUVOLARI, 2011).

3. METODOLOGIA

3.1. Problemas de saúde decorrentes do lançamento inadequado de esgoto

Foi realizada entrevista com o secretário municipal de saúde para identificação das enfermidades diagnosticadas pelo órgão de saúde da cidade, que tenham relação com a falta de esgotamento sanitário. Também foi consultado os dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e do DataSUS.

3.2 Danos ambientais ocasionados pelo lançamento de efluentes

Os potenciais danos ambientais gerados pelo lançamento inadequado dos efluentes da cidade de Lagoa foram elencados por meio de entrevista com o secretário municipal de meio ambiente, também foram realizadas visitas *in loco* para identificar pontos de degradação dispostos pela zona urbana e fazer os devidos registros fotográficos. Além disso, foi realizada uma pesquisa bibliográfica em bancos de artigos e dissertações que pudessem esclarecer essa temática.

3.3 Sistema de Esgotamento Sanitário proposto

3.3.1 Estudos de concepção

Para descrever as características da área, necessárias para o projeto de esgotamento, foi utilizada como principal referência a NBR-9648/86 - Estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário, que é a norma que baliza as definições e diretrizes acerca de todos os parâmetros que devem ser verificados no local onde se deseja implantar o sistema (ABNT, 1986).

3.3.1.1 Características geográficas e socioeconômicas

No estudo das características locais foram realizadas pesquisas nos sites oficiais como o IBGE, o site da Prefeitura Municipal e do Governo da Paraíba. Também foi utilizado o software QGis 3.10.9 para fazer o mapa de localização e os cálculos necessários ao desenvolvimento do projeto.

3.3.1.2 Estudo demográfico

Foi realizado o estudo demográfico para a zona urbana do município de Lagoa, com a finalidade de prever sua população futura, para os próximos 20 anos. A este intervalo temporal adotado nos estudos demográficos para projetos

de SES dar-se o nome de período de projeto (TSUTIYA, 2006). O banco de dados usados para gerar a projeção foram os censos do IGBE nos anos de 1991, 2000 e 2010, e fazendo uso de ferramentas matemáticas de projeção populacional foi possível estimar quantos habitantes haverão no local entre os anos de 2022 até 2042.

Os métodos e equações empregados neste trabalho estão descritos no Quadro 06. A população no horizonte de projeto foi calculada pelos três métodos apresentados, porém, foi escolhida a forma que apresenta a maior projeção futura no dimensionamento do sistema.

Quadro 06 – Métodos de projeção populacional.

Método	Descrição	Fórmula	Coeficientes	Gráfico
Projeção aritmética	Admite um crescimento retilíneo da população para os anos subsequentes, tomando por base os anos anteriores.	$P_t = P_0 + K_a \cdot (t - t_0)$	$K_a = \frac{P_1 - P_0}{t_1 - t_0}$	
Projeção geométrica	Prevê um crescimento populacional à uma taxa de crescimento geométrica.	$P_t = P_0 \cdot e^{K_g \cdot (t - t_0)}$	$K_g = \frac{\ln P_1 - \ln P_0}{t_1 - t_0}$	
Curva logística	Este método pressupõe que a demografia da área cresce seguindo um padrão de curva logística, isto é, tende a um valor assintótico.	$P_t = \frac{P_s}{1 + c \cdot e^{K_l \cdot (t - t_0)}}$	$P_s = \frac{2 \cdot P_0 \cdot P_1 \cdot P_2 - P_1^2 \cdot (P_0 + P_2)}{P_0 \cdot P_2 - P_1^2}$ $c = (P_s - P_0) / P_0$ $K_l = \frac{1}{t_2 - t_1} \cdot \ln \left[\frac{P_0 \cdot (P_s - P_1)}{P_1 \cdot (P_s - P_0)} \right]$	

Fonte: Tsutiya (2006).

- P_t – População estimada no ano t (hab);
- P_s – População de saturação (hab);
- P_0, P_1, P_2 – Populações nos anos t_0, t_1, t_2 (hab);
- K_a, K_g, K_l, c – Coeficientes;

3.3.1.3 Relevo e solo

O relevo da cidade foi determinado por meio de Modelo Digital de Elevação (MDE) do setor. Este foi obtido no Banco de Dados Geomorfológicos do Brasil (TOPODATA) vinculado ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). O arquivo fornecido pelo TOPODATA foi manuseado no software livre QGis 3.10.9. Este procedimento possibilitou a criação da altimetria (curvas de nível) da cidade com intervalo de 1 m.

Os tipos de solos foram determinados por meio de cartas geológicas produzidas pelo Governo da Paraíba, Governo Federal e Exército Brasileiro. Também foi consultado artigos científicos relacionados ao tema.

3.3.1.4 Clima

As informações relativas à direção dos ventos e temperatura foram coletadas no site da Agência Nacional de Águas e Saneamento (ANA) e do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), os dados foram registrados por uma estação meteorológica automática localizada no Distrito de São Gonçalo, Zona Rural do Município de Sousa-PB. Essa estação fica distante 50 Km da cidade de Lagoa.

3.3.1.5 Hidrografia

A rede hidrográfica do município foi delimitada com uso do software QGis, e das bases cartográficas do IBGE. Também foram utilizados mapas e cartas do Governo da Paraíba.

3.3.1.6 Análise do sistema de esgotamento existente

Foi realizada entrevista com o secretário municipal de infraestrutura para obter informações sobre a atual rede de esgoto, tais como: traçado, seus diâmetros e material; bem como o lançamento dos efluentes. Paralelamente, foram feitas visitas *in loco* para registrar por meio de fotografias, possíveis problemas decorrentes desse sistema. Além desses, foram realizadas pesquisas de dados em sites oficiais como o SNIS.

3.3.2 Disposições construtivas

3.3.2.1 Tipo de sistema escolhido

O sistema dimensionado para a cidade de Lagoa foi do tipo Separador Absoluto, a justificativa se dá mediante as imposições legais do país, que determinam que essa é a única forma admissível em território nacional. A planilha de dimensionamento que foi desenvolvida para o projeto se encontra no APÊNDICE A.

3.3.2.2 Profundidade do recobrimento dos coletores

Visando garantir a segurança contra impactos mecânicos nas canalizações, foi estabelecido que o recobrimento mínimo dos coletores deverá ser de 90 cm para ruas pavimentadas, e 1,10 m em ruas sem pavimentação, essa medida de aprofundar mais os canos em ruas sem pavimentação parte do princípio de que antes da execução do pavimento é feita a terraplanagem do trecho, o que ocasiona a remoção de parte do solo ali depositado, essa forma de proceder está em conformidade com a NBR 9649/1986 e a NTS 0025/2020 da SABESP.

No dimensionamento, foi feito um algoritmo no software Excel para calcular a profundidade de montante e de jusante para cada trecho, em função das condições de pavimentação da rua.

3.3.2.3 Material das tubulações

O material escolhido para toda a rede foi o policloreto de vinila (PVC). Essa atitude se justifica devido a facilidade de encontrar esse material nas lojas de materiais de construção da região. Outro motivo da decisão foi o estudo de Bevilacqua (2006) que demonstrou as vantagens técnicas e econômicas do uso do mesmo em redes de abastecimento de água e esgotamento sanitário no Brasil.

3.3.2.4 Órgãos acessórios

Como o relevo da cidade de Lagoa é do tipo ondulado, na maior parte dos trechos a declividade adotada para o duto foi a mesma do terreno natural, dessa forma, não foi necessário o uso de singularidades com tubos de queda. Foram alocados Terminais de Limpeza nas cabeceiras dos coletores, em localidades

que não haverá prolongamentos. Os Poços de Visita foram instalados nos locais em que existem a confluência de 3 ou mais coletores, também nos pontos com tubulação com diâmetro acima de 150 mm. Para todas as demais circunstâncias não previstas nos casos anteriores, foram usados Tubo de Inspeção e Limpeza. A distância máxima entre as singularidades (PV, TIL e TL) foi de 100 m, seguindo as recomendações da NBR 9649/86 e NTS 025/2020 da SABESP.

3.3.2.5 Tipo do traçado da rede de esgotos

A escolha do tipo de traçado se deu tomando como base as condições da topografia local e também pelo ponto de vista da hidrografia. O relevo é do tipo ondulado, ou seja, nem muito acidentado, nem plano; já a hidrografia mostra que a cidade está inserida em duas bacias de esgotamento e é circuncidada por rios. Para essas características o Traçado Perpendicular é o mais recomendado e foi o escolhido para o projeto.

3.3.2.6 Localização da tubulação na via pública

Nas ruas da cidade, há apenas um tipo de interveniente implantado, que são as redes de abastecimento de água. Não há galerias de drenagem e nem fiação aterrada. As redes existentes estão localizadas nos terços das vias, e as calçadas, em geral, são irregulares e muito estreitas. Assim, todos os coletores foram alocados no eixo carroçável da via pública.

3.3.3 Projeto das redes de esgoto

3.3.3.1 Parâmetros de projeto

Os parâmetros de projeto utilizados para o dimensionamento da rede coletora foram norteados pela NBR 9649:1986 - Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário, e estão mostrados no Quadro 07.

Quadro 07 – Parâmetros de projeto.

Consumo efetivo per capta de água.	$q_e = \frac{V_c}{NE \times ND \times \left(\frac{NH}{L}\right)}$		
Coefficiente de retorno esgoto/água.	Entre 0,5 e 0,9		
Coefficientes de variação de vazão.	K1 = 1,2	K2 = 1,0	K3 = 0,5
Taxa de infiltração.	Entre 0,05 e 1 l/s*km		

Fonte: Além Sobrinho e Tsutiya (1999)

- q_e = consumo efetivo per capta de água (L/hab*dia);
- V_c = volume consumido medido pelos hidrômetros (L);
- NE = número médio de economias (lig.);

- ND = número de dias da medição pelos hidrômetros (365 – anual);
- NH/L = número de habitantes por ligação (hab/lig);

O consumo efetivo *per capita*, se trata da água que chega aos reservatórios domiciliares, sendo desconsiderados os desperdícios (ABNT, 1986). Esse parâmetro foi determinado por meio de dados empíricos coletados no Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento (SNIS) para a cidade de Lagoa. As informações foram lançadas no sistema pela Companhia de Água e Esgotos da Paraíba (CAGEPA) que opera o sistema de abastecimento de água da localidade.

Vários estudos já foram feitos pelo Brasil para determinar esses coeficientes de acordo com as circunstâncias locais, e preveem que esse valor se encontra no intervalo entre 0,5 e 0,9 (NUVOLARI, 2011).

Os principais coeficientes empregados são: K1: Coeficiente de máxima vazão diária, que corresponde ao quociente entre a maior vazão diária observada em um ano corrente e a média anual; K2: Coeficiente de máxima vazão horária, que é resultado da divisão da máxima vazão registrada no dia de maior consumo e a média desse mesmo dia e K3: Coeficiente da mínima vazão horária, que é a relação entre a vazão mínima e a vazão média anual (ALÉM SOBRINHO e TSUTIYA, 1999). Idealmente, esse parâmetro também deveria ser determinado empiricamente para o local que será implantado o sistema de esgotamento, porém, na falta desses estudos, foi usado os valores recomendados pela NBR 9649/86.

O valor da infiltração decorrente do nível do lençol freático precisa ser estimado para evitar subdimensionamento do sistema. A NBR 9649/86 estabelece que o valor entre 0,05 e 1 l/s*km pode ser utilizado em caso de não haver valores específicos para o município (ABNT, 1986).

3.3.3.2 Dimensionamento hidráulico

- Vazões

Pela legislação nacional, o despejo de efluentes nas redes só devem provir de três origens: as domésticas, de infiltrações e industriais. Para cada caso, o valor das vazões deverá ser determinado no início da operação do sistema e para o fim do horizonte de projeto. Nos casos em que a vazão calculada para o trecho foi menor que 1,5 L/s, foi adotado 1,5 L/s para aquele

coletor, isso se justifica na medida em que essa vazão é equivalente à descarga de uma bacia sanitária típica (ALÉM SOBRINHO e TSUTIYA, 1999).

Foram realizadas entrevistas com o secretário municipal de infraestrutura para aferir a existência de indústrias que fizessem uso considerável de água em seus processos produtivos, porém, não foi encontrada nenhuma planta industrial que se encaixasse nos critérios necessários para ser considerada relevante, portanto, a parcela do esgoto industrial foi desprezada.

Quadro 08 – Equações para cálculo das vazões.

Vazões	Equações
Vazão de início de plano (L/s)	$Q_i = Q_{d,i} + Q_{inf,i}$ (01)
Vazão de fim de plano (L/s)	$Q_f = Q_{d,f} + Q_{inf,f}$ (02)
Vazão doméstica de início de plano (L/s)	$Q_{di} = \frac{C \times P_i \times q_e}{86400}$ (03)
Vazão doméstica de fim de plano (L/s)	$Q_{df} = \frac{C \times P_f \times q_e}{86400}$ (04)
Vazão de infiltração (L/s)	$Q_{inf} = T_{inf} \times L_{rede}$ (05)

Fonte: Além Sobrinho e Tsutiya (1999).

- Q_i, Q_f – Vazões totais de início e fim de plano.
- Q_{di}, Q_{df} – Vazões domésticas de início e fim de plano.
- $Q_{inf,i}, Q_{inf,f}$ – Vazões de infiltração de início e fim de plano.
- C – Coeficiente de retorno esgoto/água.
- q_e = Consumo efetivo per capta de água.
- P_i, P_f – População de início e fim de plano.
- T_{inf} – Taxa de infiltração linear (L/s*km).
- L_{rede} = Comprimento da rede (km).

A taxa de infiltração linear foi determinada pelos valores fixados pela norma NBR-9649/86 como sendo entre 0,05 e 1 L/s*km. O valor adotado foi o valor médio do intervalo, isso é 0,5 L/s*km, como os solos da cidade são de escudo cristalino e muito argiloso, não se faz necessário o uso de taxas de infiltração elevadas.

- Taxa de contribuição linear

As taxas de contribuição linear para início e fim de plano foram calculadas por meio das Equações 06 e 07, respectivamente.

$$T_{xi} = \frac{Q_{d,i}}{L_i} + T_{inf} \quad (06)$$

$$T_{xf} = \frac{Q_{d,f}}{L_f} + T_{inf} \quad (07)$$

Em que: T_{xi} e T_{xf} = Taxas de contribuição linear de início e fim de plano ($L/s \cdot m$);

$Q_{d,i}$ e $Q_{d,f}$ = Vazões domésticas de início e fim de plano (L/s);

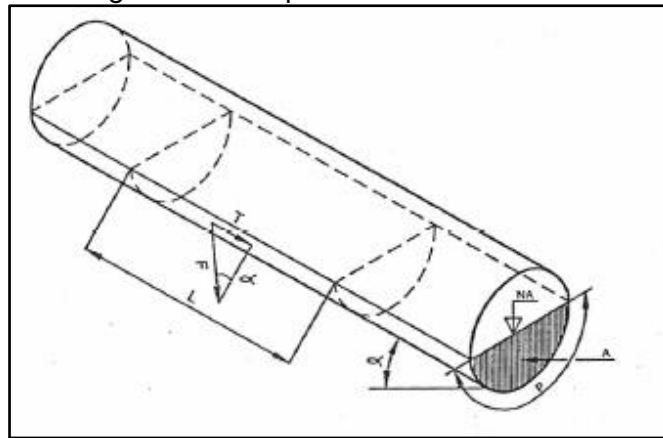
L = Comprimento das redes (m);

T_{inf} = Taxa de infiltração ($L/s \cdot m$);

- Tensão trativa e velocidade mínima

Desde 1986, a NBR-9649/86 passou a utilizar a tensão trativa para gerar o efeito de autolimpeza nos coletores. Este conceito é entendido como sendo a componente da força peso decomposta no sentido do escoamento do líquido, gerando um impulso suficiente para carrear os sólidos depositados no fundo dos dutos. Na Figura 11 está exemplificado o funcionamento da tensão trativa.

Figura 11 – Esquema da tensão trativa.



Fonte: Além Sobrinho e Tsutiya (1999).

A tensão trativa média nos fluidos que correm pelas redes foi calculada por meio da Equação de Boussinesq, mostrada a seguir.

$$\sigma = \gamma \times Rh \times I \quad (08)$$

Em que: σ = tensão trativa média nos coletores (Pa);

γ = peso específico do líquido ($10^4 N/m^3$);

Rh = raio hidráulico (m);

I = declividade da tubulação (m/m);

A mesma norma estabelece que o valor da tensão trativa mínima deve ser de $1 Pa$, essa pressão deve atuar sobre as partículas pelo menos uma vez ao dia.

- Velocidade crítica e máxima

A partir de certa velocidade do fluido, o regime de escoamento pode passar de livre para forçado devido a aeração do líquido, sucedendo o rompimento nas canalizações causado pela alta pressão que estes não estão projetados para suportar. Portanto, a velocidade máxima que o fluido pode assumir no fim do horizonte de projeto deverá ser menor que a velocidade crítica.

A velocidade crítica foi calculada para cada trecho pela Equação (09).

$$Vc = 6 \sqrt{g \times Rh} \quad (09)$$

Em que: Vc – Velocidade crítica (m/s);

g – Aceleração da gravidade (9,81 m/s²);

Rh – Raio hidráulico (m);

- Declividade mínima e máxima

As declividades mínima, máxima e do terreno foram calculadas por meio das Equações expressas no Quadro 09. Naquelas ruas em que a inclinação do terreno era maior que a mínima e menor que a máxima, adotou-se para a inclinação do coletor a mesma inclinação do terreno, garantindo assim, um projeto mais econômico.

Quadro 09 – Equações para o cálculo das declividades.

Declividades	Equações
Declividade mínima do coletor (m/m)	$I. \min = 0,055 \times Qi^{-0,47} \quad (10)$
Declividade máxima do coletor (m/m)	$I. \max = 4,65 \times Qf^{-0,67} \quad (11)$
Declividade do terreno (m/m)	$It = \frac{Cj - Cm}{L} \quad (12)$

Fonte: Além Sobrinho e Tsutiya (1999).

- Qi, Qf = Vazões de início e final de plano (L/s);
- Cj, Cm – Cotas do trecho a jusante e a montante (m);
- L – Comprimento do trecho (m);

A declividade mínima das redes deve ser de tal forma que garanta, no mínimo, uma tensão trativa de 1 Pa, pelo menos uma vez ao dia e a declividade máxima admitida para os dutos é aquela que permita que a vazão dos efluentes não ultrapasse a velocidade crítica.

- Diâmetro mínimo

Além Sobrinho e Tsutiya (1999) recomendam o uso da Equação (13) para o cálculo do diâmetro mínimo que garanta esses parâmetros, essa notação fornece o diâmetro em função da declividade do duto.

$$D = \left(0,0463 \times \frac{Q_f}{\sqrt{I}}\right)^{0,375} \quad (13)$$

Em que: D – diâmetro (m);

Q_f – vazão final (m³/s);

I – Declividade (m/m);

A NBR 9649/86 admite um diâmetro mínimo para os coletores de até 100 mm (DN 100), porém, para esse trabalho, foi adotado um valor mais conservador, o parâmetro usado pela SABESP que é de 150 mm (DN 150) para o diâmetro mínimo. Essa medida foi adotada tendo em vista a larga experiência adquirida pela concessionária paulista, sendo que seus regulamentos internos já tem comprovação de efetividade há vários anos. Portanto, para diâmetro menor que 150 mm, obtido pela equação 13, adotou-se o DN 150 para o duto em questão.

- Lâmina d'água

A lâmina d'água máxima adotada foi de 75% do diâmetro do coletor, como preconizado pela NBR 9649/86, porém, a lâmina mínima não foi estabelecida, para isso basta que o critério da tensão trativa seja respeitado.

3.3.4 Projeto dos interceptores

A localização dos interceptores foi escolhida seguindo a recomendação de Além Sobrinho e Tsutiya (1999), que estabelece que sempre que possível, os interceptores devem margear os cursos d'água que circundam a zona que se deseja sanear.

Os interceptores de pequeno porte podem ser dimensionados como redes coletoras, seguindo as recomendações da NBR-9649/86 da ABNT. Portanto, esses foram calculados pelo somatório das vazões que os coletores troncos despejam nos mesmos, e as características geométricas dos interceptores foram dimensionadas como redes.

3.3.5 Projeto da Estação de Tratamento de Esgoto

3.3.4.1 Tipo de Sistema de Tratamento escolhido

A escolha do sistema de tratamento baseou-se em estudo das condições locais, no que se refere ao clima, especialmente a temperatura e direção predominante dos ventos, disponibilidade de área e características socioeconômicas da população atendida.

O sistema de tratamento escolhido foi o de Lagoa Anaeróbia seguida por Lagoa Facultativa (Sistema Australiano). A opção por esse método se deu em decorrência do clima da cidade em estudo ser do tipo semiárido, com temperaturas acima de 20° C o ano todo e baixa pluviosidade, tais condições fazem com que o tratamento se dê de forma eficiente. Além do mais, essa metodologia é propícia para locais onde a população tem baixo poder aquisitivo pois a taxa de operação e manutenção do sistema australiano é uma das menores, a questão do terreno disponível também foi considerada, pois o município tem vastas áreas disponíveis, sendo indicado o uso de lagoas de estabilização. Segundo (2011) analisou o custo-benefício de vários tipos de tratamento para a cidade de Lagoa e concluiu que o sistema australiano seria o mais indicado.

3.3.4.2 Vazões de dimensionamento

O primeiro passo a ser tomado é o dimensionamento das vazões que serão usadas como parâmetro de projeto. Dessa forma, seguiu-se a metodologia recomendada por Von Sperling 2017. As vazões foram estabelecidas por meio das Equações listadas na Quadro 10.

Quadro 10 – Equação para o cálculo das vazões.

Vazão	Equação
Vazão mínima (L/s)	$Q_{min} = \frac{C \cdot K3 \cdot P_i \cdot q_e}{86400} + Q_{inf}$ (14)
Vazão média de início de plano (L/s)	$Q_{med, i} = \frac{C \cdot P_i \cdot q_e}{86400} + Q_{inf}$ (15)
Vazão média de fim de plano (L/s)	$Q_{med, f} = \frac{C \cdot P_f \cdot q_e}{86400} + Q_{inf}$ (16)
Vazão máxima (L/s)	$Q_{max} = \frac{C \cdot K1 \cdot K2 \cdot P_f \cdot q_e}{86400} + Q_{inf}$ (17)

Fonte: Von Sperling (2017).

- K1, K2, K3 – Coeficientes de máxima vazão diária, máxima vazão horária e mínima vazão horária;
- P_i, P_f – Populações de início e fim de plano;
- q_e – Consumo efetivo per capita de água (L/hab*dia);
- C – Coeficiente de retorno;

- Q_{inf} – Vazão de infiltração (L/s);

3.3.4.3 Tratamento preliminar

a) Gradeamento

O sistema de grades da ETE foi calculado por meio das recomendações da NBR 12209/11 – Elaboração de projetos hidráulicos-sanitários de estações de tratamento de esgotos sanitários. Devido a inexistência de estudos que demonstrem os tipos e tamanhos de materiais encontrados nos esgotos de Lagoa, foi adotada uma medida conservadora de se utilizar grades finas e médias nas menores dimensões dentro do intervalo recomendado. Na Tabela 02 pode-se encontrar as dimensões do gradeamento adotado.

Tabela 02 - Dimensões do gradeamento.

Tipo de grade	Espaçamento (mm)	Seção transversal (mm)
Média	30	9,5 x 3,81
Fina	15	9,5 x 3,81

Fonte: Jordão e Pessoa (2017).

Como a vazão que passará pelas grades é pequena, optou-se por um sistema de remoção de resíduos manual e as barras inclinadas em 45°. A partir desses critérios estabelecidos, procedeu-se o dimensionamento conforme a metodologia recomendada por Jordão e Pessoa (2017).

1 – Área útil do canal

Esse valor foi determinado por meio da Equação 18.

$$A_u = \frac{Q_{m\acute{a}x}}{v} \quad (18)$$

Em que: A_u = Área útil do canal (m²);

$Q_{m\acute{a}x}$ = Vazão máxima de projeto (m³/s);

v = Velocidade de passagem adotada (m/s);

A velocidade de passagem deve ficar entre 0,6 m/s e 1,0 m/s segundo os autores supracitados. Nesse estudo, adotou-se o valor de 0,6 m/s.

2 – Eficiência das grades

Também é importante fazer a aferição da eficiência das grades antes de prosseguir para o dimensionamento do canal. Para tanto, foi utilizada a Equação (19).

$$E = \frac{a}{a + t} \cdot 100 \quad (19)$$

Em que: E - Eficiência da grade (%);

a - Espaçamento entre as barras (mm);

t - Espessura das barras (mm);

Devido a existência de duas grades, se faz necessário o procedimento de verificar a eficiência das duas combinadas, isso foi possível por meio da Equação (20).

$$E_g = [1 - (1 - E_f) \cdot (1 - E_m)] \cdot 100 \quad (20)$$

Em que: E_g - Eficiência global das grades (%);

E_f , E_m - Eficiências da grade fina e média (decimal);

3 – Área da seção transversal e largura do canal

A seção transversal do canal por onde os esgotos escoará na entrada da ETE e os seus parâmetros foram calculados por meio das Equações 21 e 22.

$$S = \frac{A_u}{E_g} \quad (21)$$

$$b = \frac{S}{H_{c,máx}} \quad (22)$$

Em que: S - Seção do canal (m²);

A_u - Área útil do canal (m²);

E_g - Eficiência global das grades (decimais);

b - Largura do canal (m)

$H_{c,máx}$ - Altura de lâmina máxima na calha.

4 – Perda de carga e comprimento da grade

Devido o atrito gerado entre o efluente e a grade, ocorre uma perda de carga do fluido, essa perda precisa ser determinada pela Equação 23.

$$h_f = 1,43 \cdot \frac{v_f^2 - v_0^2}{2g} \quad (23)$$

Em que: h_f - Perda de carga (m);

v_f - Velocidade do fluxo através das barras (m/s);

v_0 - Velocidade do fluxo imediatamente a montante da grade (m/s);

g - Aceleração da gravidade (9,81 m/s²);

Pode ser admitida uma obstrução no canal de até 50%, de acordo com recomendação de Jordão e Pessoa (2017). A partir dessa informação, pode-se determinar v_f e v_0 pelas Equações 24 e 25.

$$v_f = 2v \quad (24)$$

$$v_0 = \frac{Q_{m\acute{a}x}}{S} \quad (25)$$

Em que: v - Velocidade de passagem adotada (m/s);

$Q_{m\acute{a}x}$ - Vazão máxima (m³/s);

S - Seção do canal (m²);

O comprimento da grade foi determinado por meio das Equações 26 e 27.

$$x = \frac{h_v}{\text{sen}\alpha} \quad (26)$$

$$h_v = h_f + H_{c,m\acute{a}x} + D + 0,10 \quad (27)$$

Em que: x - Comprimento da grade (m);

h_v - Altura vertical da grade (m);

α - Ângulo de inclinação da grade (45°);

h_f - Perda de carga (m);

$H_{c,m\acute{a}x}$ - Altura da lâmina máxima do canal (m);

D - Diâmetro da tubulação de chegada (0,20 m);

5 – Quantidade de barras na grade

O total de barras necessários em cada uma das grades foi determinado pela Equação 28.

$$n = \frac{b}{t + a} \quad (28)$$

Em que: n - Número de barras da grade;

b - Largura do canal (m);

a - Espaçamento entre as barras (mm);

t - Espessura das barras (mm);

b) Caixa de areia

A metodologia empregada para o dimensionamento do desarenador é aquela sistematizada por Jordão e Pessoa (2017). O procedimento está descrito abaixo.

1 – Largura e comprimento do desarenador

Foi adotada uma velocidade média do fluido de 0,30 m/s e a velocidade média da sedimentação da areia como 0,02 m/s, ou seja, para as partículas com diâmetro nominal maior que 0,02 mm. Com esses dados, foi usada das Equações 29 e 30 para estabelecer a largura e comprimento da caixa.

$$B_d = \frac{Q_{m\acute{a}x}}{v_{fd} \cdot H_{c,m\acute{a}x}} \quad (29)$$

$$L_d = 22,5 \cdot H_{c,m\acute{a}x} \quad (30)$$

Em que: B_d - Largura do desarenador (m);

L_d - Comprimento do desarenador (m);

$Q_{m\acute{a}x}$ - Vazão máxima do fluxo (m^3/s);

v_{fd} - Velocidade média de fluxo (m/s);

$H_{c,m\acute{a}x}$ - Altura da lâmina máxima no canal (m);

A relação $L_d/b_d \geq 4$ deve ser verificada e obedecida após determinar esses valores.

2 – Verificação das velocidades de escoamento e taxas de escoamento superficial

A norma NBR 12209/92 - Projeto de estações de esgoto sanitário, explicita o intervalo de valores que a velocidade e taxa de escoamento superficial devem se enquadrar, sendo elas entre 0,25 e 0,40 m/s e 600 e 1300 m³/m²*dia, respectivamente. O documento supracitado estabelece as Equações 31 e 32 como sendo válidas para essas verificações.

$$v_e = \frac{Q}{B_d \cdot H_c} \quad (31)$$

$$q = \frac{Q \cdot 86400}{B_d \cdot L_d} \quad (32)$$

Em que: v_e - Velocidade de escoamento (m/s);

q - Taxa de escoamento superficial (m³/m²*dia)

Q - Vazão de projeto (mínima, média de fim de plano e máxima) (m³/s);

B_d e L_d - Largura e comprimento, respectivamente, do desarenador (m);

H_c - Altura da lâmina d'água no canal (m);

Desta forma, foram feitas as verificações de velocidade para as vazões mínima, média e máxima, além disso, também se verificou as vazões médias de início e fim de projeto e a taxa de escoamento superficial.

3 – Profundidade do compartimento de armazenamento de areia

A metodologia prossegue com o dimensionamento do rebaixo do desarenador, responsável pelo acúmulo de areia, sendo adotada uma periodicidade de limpeza de 14 dias. A Equação 33 representa essa grandeza.

$$H_{arm} = \frac{(Q_{méd,f} \cdot I \cdot t_{lodo})/1000}{B_d \cdot L_d} \quad (33)$$

Em que: H_{arm} - Profundidade do compartimento de acúmulo da areia (m);

$Q_{méd,f}$ - Vazão média de fim de projeto (m³/d);

I - Periodicidade de limpeza (dias);

t_{lodo} - Taxa de remoção de areia (0,041 L/m³);

B_d e L_d - Largura e comprimento do desarenador, respectivamente (m);

c) Calha Parshall

A escolha da Calha Parshall adequada para o sistema de tratamento foi feita por meio das diretrizes recomendadas pela NBR 9826:2008 – Medição de vazão de líquido em canais abertos – Calha Parshall. Com os valores de vazão calculados, foi possível estabelecer o modelo da calha apropriada pela Tabela que se encontra no ANEXO A.

Após determinado o modelo, foi feito o uso da equação correspondente ao modelo, também contida na Tabela do ANEXO A, assim, foi possível determinar as alturas de lâminas mínima, média e máxima da calha. Continuou-se o dimensionamento com os valores de altura e vazões, o dimensionamento calculando o rebaixo por meio da Equação 34.

$$Z = \frac{Q_{m\acute{a}x} \cdot H_{cp,min} - Q_{min} \cdot H_{cp,m\acute{a}x}}{Q_{m\acute{a}x} - Q_{min}} \quad (34)$$

Em que: Z - Rebaixo na calha (m);

Q_{min} , $Q_{m\acute{a}x}$ - Vazões mínima e máxima de projeto (m^3/s);

$H_{cp,min}$, $H_{cp,m\acute{a}x}$ - Alturas das lâminas mínima e máxima da calha (m);

Por fim, o dimensionamento da calha pôde ser concluído com o cálculo das alturas de lâmina mínima, média e máxima do canal, pelas Equações 35, 36 e 37.

$$H_{c,min} = H_{cp,min} - Z \quad (35)$$

$$H_{c,m\acute{e}d} = H_{cp,m\acute{e}d} - Z \quad (36)$$

$$H_{c,m\acute{a}x} = H_{cp,m\acute{a}x} - Z \quad (37)$$

Em que: $H_{c,min}$, $H_{c,m\acute{e}d}$ e $H_{c,m\acute{a}x}$ - Alturas de lâminas mínima, média e máxima do canal (m);

3.3.4.4 Tratamento Secundário

A metodologia empenhada no dimensionamento das Lagoas Anaeróbia e Facultativa é aquela apresentada no livro Lagoas de Estabilização do Von Sperlling (2017), o passo-a-passo dos cálculos está demonstrado a seguir.

3.3.4.4.1 Projeto da lagoa anaeróbia

Alguns dados prévios precisam ser determinados antes de dar início ao dimensionamento propriamente, sendo eles:

- Carga de DBO total afluente à lagoa – (kgDBO₅/d);
- Vazão média afluente à lagoa (m³/d);
- População de fim de plano (hab);
- Temperatura do ar no mês mais frio (°C);

Os parâmetros necessários para o dimensionamento da lagoa anaeróbia são:

a) Taxa de aplicação volumétrica

A taxa de aplicação volumétrica foi determinada por meio da Tabela 03.

Tabela 03 - Taxas de aplicação volumétrica admissíveis para lagoas anaeróbias.

Temperatura média do ar no mês mais frio (°C)	Taxa de aplicação volumétrica admissível (kgDBO/m ³ *dia)
10 a 20	0,02T – 0,1
20 a 25	0,01T + 0,1
> 25	0,35

Fonte: Von Sperlling (2017).

A carga de DBO total afluente à lagoa pode ser determinada pela Equação 38.

$$L = L_v * Q \quad (38)$$

Em que: L = Carga de DBO afluente (kgDBO/d);

L_v = Taxa de aplicação volumétrica (kgDBO/m³*d)

Q = Vazão média afluente à lagoa (m³/d);

O volume da lagoa é estabelecido pela Equação 39.

$$V = \frac{L}{L_v} \quad (39)$$

Em que: V - Volume necessário para a lagoa (m³);

L - Carga de DBO total afluente;

L_v - Taxa de aplicação volumétrica (kgDBO₅/m³*dia);

b) Tempo de detenção

De posse dos valores do volume da lagoa (V) e da taxa de aplicação volumétrica (L_v) é possível determinar o tempo de detenção hidráulica pela Equação 40.

$$t = \frac{V}{Q} \quad (40)$$

Em que: t - Tempo de detenção (d)

V - Volume da lagoa (m³);

Q - Taxa de aplicação volumétrica (KgDBO₅/m³*dia);

c) Geometria e profundidade

Visando garantir que a lagoa funcionará, predominantemente, como anaeróbia, essa lagoa precisa ser mais funda que a facultativa. Não existe uma fórmula para calcular a profundidade, o projetista deve-se valer do bom senso no sentido de evitar escavações muito profundas, se essas forem desnecessárias. Porém, os valores usuais para esse parâmetro são de:

$$H = 3,5 \text{ m a } 5,0 \text{ m}$$

Também não existe uma formulação estabelecida para o cálculo da relação comprimento/largura (L/B) da lagoa, esse parâmetro é definido a partir da área disponível para a alocação da mesma. Os valores usuais oscilam na faixa entre:

$$L/B = 1 \text{ a } 3 \text{ m}$$

Com as medidas de Volume e Profundidade estabelecidas, se procede com o cálculo da área superficial necessária por meio da Equação 41.

$$A = \frac{V}{P} \quad (41)$$

Em que: A - Área (m²);

V - Volume (m³)

P - Profundidade (m);

Posteriormente, com os valores de Área e Relação Comprimento/Largura se calcula a Largura (B) e Comprimento (L) pelas Equações 42 e 43.

$$B = \sqrt{\frac{A}{L/B}} \quad (42)$$

$$L = \frac{A}{B} \quad (43)$$

Em que: B - Largura (m);

A - Área (m²)

L/B – Relação comprimento/largura;

L – Largura

- Eficiência e DBO efluente da Lagoa Anaeróbia

Ainda não foi desenvolvida uma modelagem para prever a eficiência de remoção de DBO da lagoa anaeróbia. Porém, há modelos empíricos propostos por Von Sperlling (2017) que estabelecem uma aproximação entre a eficiência na decomposição da DBO em função da temperatura do ar na região, apresentada na Tabela 04.

Tabela 04 – Eficiência da lagoa anaeróbia em função da temperatura ambiente.

Temperatura média do ar no mês mais frio (°C)	Eficiência de remoção de DBO (%)
10 a 25	2T + 20
> 25	60

Fonte: Von Sperlling (2017).

De posse da eficiência de remoção de DBO exposta na Tabela 04, procede-se a estimativa da DBO efluente da lagoa por meio das Equações 44 e 45.

$$E = (S_o - \text{DBO}_{\text{efl}}) * 100 / S_o \quad (44)$$

$$\text{DBO}_{\text{efl}} = S_o(1 - E/100) \quad (45)$$

Em que: S_o - Concentração de DBO total afluyente (mg/l);

DBO_{efl} - Concentração de DBO total efluente (mg/l);

E - Eficiência de remoção (%);

No uso dessa metodologia, considera como DBO efluente a DBO total.

3.3.4.4.2 Projeto da Lagoa Facultativa

Alguns dados prévios precisam ser determinados antes de dar início ao dimensionamento propriamente, sendo eles:

- Carga de DBO total afluyente à lagoa – (kgDBO₅/d);
- Vazão média afluyente à lagoa (m³/d);
- População de fim de plano (hab.);
- Temperatura do ar no mês mais frio (°C);

Os parâmetros necessários para o dimensionamento da lagoa facultativa são demonstrados e calculados a seguir.

a) Taxa de aplicação superficial

Esse critério pode ser calculado por meio da Equação 47 recomendada por Von Sperlling (2017) que fornece a taxa de aplicação em função da temperatura ambiente do mês mais frio da localidade.

$$L_s = 350x(1,107 - 0,002T)^{(T-25)} \quad (47)$$

Em que: L_s - Taxa de aplicação superficial (KgDBO₅/ha*d);

T - Temperatura média do ar do mês mais frio (°C);

A Equação 47 fornece a taxa para qualquer valor de temperatura que se deseje, porém, Von Sperlling (2017) recomenda que a carga máxima de DBO adotada seja 350 KgDBO₅/ha*d, independentemente da temperatura mínima, essa medida é tomada em função da segurança na operação do sistema.

A carga de DBO afluyente de alimentação (entrada da lagoa) foi calculada pela Equação 48.

$$L = \frac{S_o \times Q}{1000} \quad (48)$$

Em que: L - Carga afluyente da lagoa facultativa (kg/d);

S_o - Concentração de DBO total afluyente (g/m³);

Q - Vazão média afluyente (m³/d);

O volume da lagoa é estabelecido por meio da Equação 49.

$$V = \frac{L}{L_v} \quad (49)$$

Em que: V - Volume necessário para a lagoa (m³);

L_v – Taxa de aplicação volumétrica;

L - Carga de DBO total afluyente;

b) Tempo de detenção

Essa condição é estabelecida em função do volume e da vazão média afluente à lagoa. Usa-se para isso a Equação 50.

$$t = \frac{V}{Q} \quad (50)$$

Em que: t - Tempo de detenção (dias);

V - Volume da lagoa facultativa (m³);

Q - Vazão média afluente (m³/d);

Os valores recomendados para o tempo de detenção estão entre 15 a 45 dias, em locais de clima quente, esse valor pode ser até menor, diminuindo também, o volume da lagoa.

c) Profundidade

Para garantir que na lagoa coexistam as três zonas (anaeróbia, facultativa e aeróbia), a profundidade dessa lagoa é ligeiramente inferior ao da lagoa anaeróbia. Usualmente a profundidade fica entre:

$$H = 1,5 \text{ m a } 3,0 \text{ m}$$

d) Geometria da lagoa

A primeira coisa a se fazer é obter a carga afluente à lagoa facultativa, essa carga vem da efluência de DBO da lagoa anterior. Esse cálculo é feito por meio da Equação 51.

$$L = \frac{S_o \times Q}{1000} \quad (51)$$

Em que: L - Carga afluente da lagoa facultativa (kg/d);

S_o - Concentração de BDO total afluente (g/m³);

Q - Vazão média afluente (m³/d);

De posse do valor da carga afluente, pode ser calculado o valor da área requerida da lagoa pela Equação 52.

$$A = \frac{L}{L_s} \quad (52)$$

Em que: A - Área da lagoa (ha);

L - Carga afluente de DBO₅ (kgDBO₅/ha*d);

L_s - Taxa de aplicação superficial (kgDBO₅/ha*d);

Posteriormente, com os valores de Área e Relação Comprimento/Largura se calcula a Largura (B) e Comprimento (L) pelas Equações 53 e 54.

$$B = \sqrt{\frac{A}{L/B}} \quad (53)$$

$$L = \frac{A}{B} \quad (54)$$

Em que: B - Largura (m);

A - Área (m²);

L/B - Relação comprimento/largura;

L - Largura (m);

O modelo de dimensionamento adotado é do tipo de Mistura Completa, ou seja, parte do princípio de que as partículas ao entrarem na lagoa são absolutamente dispersas por todo o reator. Para essa modelagem, os coeficientes de remoção de DBO são encontrados pelos seguintes intervalos mostrados na Tabela 05.

Tipo de lagoa	K (20°C)
Lagoas primárias (recebe esgoto bruto)	0,30 a 0,40d ⁻¹
Lagoas secundárias (recebe efluente de uma lagoa anterior)	0,25 a 0,32d ⁻¹

Fonte: Von Sperlling (2017)

Esses valores devem ser corrigidos levando em consideração a temperatura do local por meio da Equação 55.

$$K_t = K_{20} \cdot \theta^{(T-20)} \quad (55)$$

Em que: K_T - Coeficiente de remoção de DBO em uma temperatura ambiente T qualquer (d⁻¹);

K₂₀ - Coeficiente de remoção de BDO na temperatura de 20°C (d-1);

θ - Coeficiente de temperatura;

T - Temperatura do líquido no mês mais frio (°C);

Visando a simplificação do processo de dimensionamento, a literatura fornece valores para o coeficiente de temperatura para valores de K iguais a 0,30 e 0,35d⁻¹. Esses valores estão na Tabela 06.

Tabela 06 – Coeficientes de temperatura.

Coeficiente de remoção da DBO (K_{20})	Coeficiente de temperatura
0,35	1,085
0,30	1,050

Fonte: Von Sperling (2017).

- Cálculo da eficiência do sistema

Depois de se obter o coeficiente de remoção de DBO prossegue-se com a estimativa da DBO solúvel efluente por meio da Equação 56.

$$S = \frac{S_o}{1 + K \cdot t} \quad (56)$$

Em que: S - Concentração de DBO solúvel efluente (mg/l);

S_o - Concentração da DBO total afluenta (mg/l);

K – Coeficiente de remoção de DBO (d^{-1});

t – Tempo de detenção da lagoa (d);

Para finalizar, calcula-se a eficiência da lagoa no tocante a remoção de DBO, levando em consideração a DBO afluenta e a DBO efluente, esse procedimento é realizado por meio da Equação 57

$$E = \frac{S_o - S}{S_o} \cdot 100 \quad (57)$$

Em que: E - Eficiência do sistema (%);

S - Concentração de DBO solúvel efluente (mg/l);

S_o - Concentração de DBO total afluenta (mg/l);

3.3.6 Disposição final dos efluentes tratados

Para caracterização do corpo receptor, foram feitas consultas ao Plano de Recursos Hídricos do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Piancó-Piranhas-Açu, além de pesquisa em artigos científicos. O local de despejo dos esgotos tratados foi escolhido mediante avaliação das condições atmosféricas e topográficas locais, e também das características socioeconômicas dos habitantes locais.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Problemas de saúde relacionados com a falta de esgotamento em Lagoa

Com relação os indicadores epidemiológicos da cidade, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) com dados obtidos do DataSUS, a localidade possuía a 12º maior taxa de mortalidade infantil entre os 223 municípios da Paraíba em 2020. Pelos resultados apresentados na série histórica percebe-se que esses valores mais que duplicaram no intervalo de tempo de 7 anos, como pode ser visto na Tabela 07.

Tabela 07 - Taxa de mortalidade infantil em Lagoa-PB.

Ano	Taxa (mortes/1.000 nascidos vivos)	Ranking PB
2013	16,39	86º
2014	18,52	55º
2015	17,24	64º
2016	22,73	38º
2018	29,85	21º
2019	38,46	12º
2020	36,36	12º

Fonte: IBGE (2020).

Outra enfermidade relacionada ao inadequado sistema de esgotamento sanitário é a diarreia. Ainda segundo o IBGE as estatísticas dessa doença na cidade estão em patamares elevados há vários anos, o mesmo se encontra entre os 100 municípios com mais internações por diarreia, os resultados estão apresentados na Tabela 08.

Tabela 08 – Internações por diarreias em Lagoa-PB.

Ano	Taxa de internação (internação/1.000 hab)	Ranking PB
2017	1,1	97º
2018	1,2	89º
2019	1,0	98º
2020	1,3	85º

Fonte: IBGE (2020).

A entrevista realizada com o secretário municipal de saúde também evidenciou que existem outras doenças associadas ao esgotamento ineficiente. O mesmo relatou que é feito, mensalmente, um boletim epidemiológico com dados coletados em campo pelos Agentes Comunitários de Saúde e Agentes de

Combate a Endemias, nesses registros, já foram identificados alguns casos de doenças graves como: Cólera, infecção por *Escherichia coli* (E.coli), febre tifóide, febre paratifóide e hepatite A.

O representante municipal ainda ressaltou que vários desses problemas poderiam ser evitados, caso houvesse a universalização dos serviços de saneamento básico, especialmente, o de esgotamento sanitário.

4.2 Danos ambientais gerados por falta de esgotamento em Lagoa

Sob a ótica ambiental, os danos são evidenciados por toda a zona urbana da cidade. Constatou-se pontos de despejo a céu aberto em áreas periféricas, além disso, as poucas ruas que são esgotadas, têm os seus efluentes despejados sem nenhum cuidado no riacho do Sabiá. Segundo (2011) em seu trabalho, conseguiu identificar prejuízos ambientais decorrentes da insalubridade no tocante a: degradação da paisagem, poluição do solo, contaminação do lençol freático, perturbação a fauna e flora, reduções do *habitat* disponível e intrusão visual.

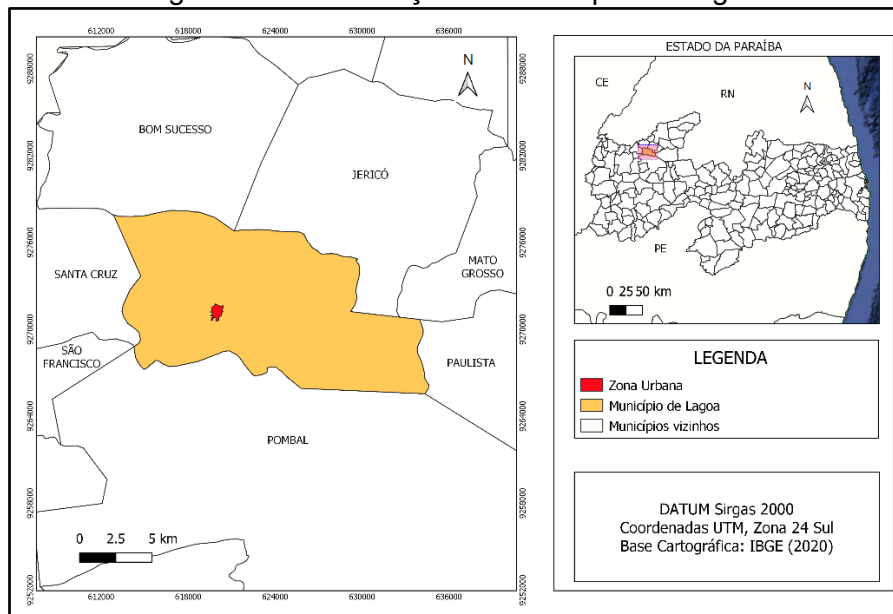
4.3 Sistema de Esgotamento Sanitário Proposto

4.3.1 Estudos de concepção

4.3.1.1 Características geográficas e socioeconômicas

Lagoa é um município brasileiro do estado da Paraíba, localizado na região geográfica Imediata de Pombal e na Região Geográfica Intermediária de Patos, fica à cerca de 398 km da capital estadual, João Pessoa. Na Figura 12 está localizado o município em estudo no estado da Paraíba, bem como os municípios circuzivinhos. O mesmo faz limites com os municípios de Pombal, Bom Sucesso, Jericó, Mato Grosso, Paulista, São Francisco e Santa Cruz.

Figura 12 – Localização do Município de Lagoa.



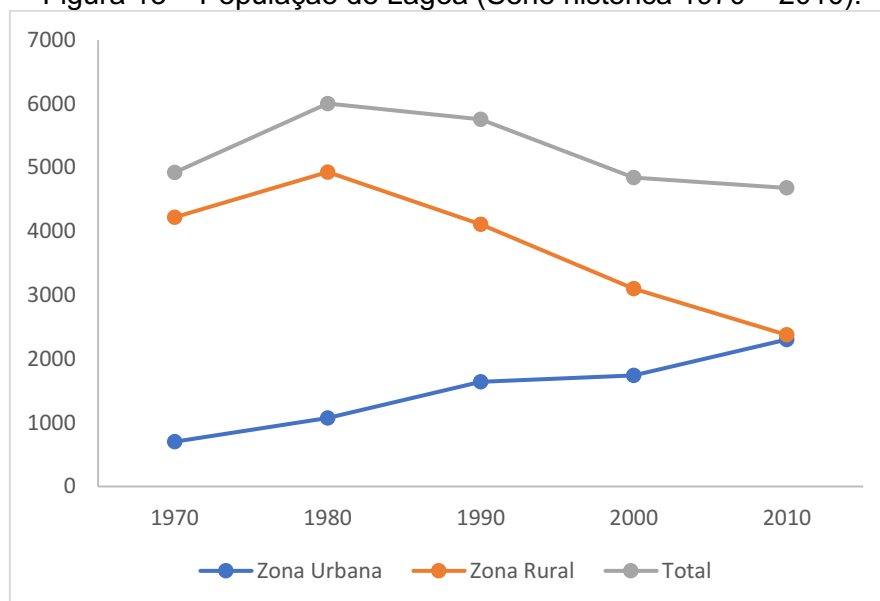
Fonte: Autor (2022).

A sua população no ano de 2021 era estimada pelo IBGE como sendo de 4.640 habitantes. No último censo, no ano de 2010, 49% da população residia na parte urbana do município e 51% nas comunidades rurais (IBGE, 2015). A área total do município é de 177 km² e, desta, apenas 1,83 km² correspondem a área urbana (1,03%) e os demais 175,17 km² (98,97%) são de territórios rurais. Do ponto de vista da renda dos habitantes, é caracterizado por um município com pessoas com baixo poder aquisitivo, no ano de 2015 ficou na 9^o colocação no estado da Paraíba no que se refere a população de baixa renda, com um total de 55,9% da população vivendo em tal condição (IBGE, 2015).

4.3.1.2 Estudo demográfico

Na Figura 13 estão apresentadas as populações para as zonas urbana, zona rural e população total de Lagoa entre os anos de 1970 e 2010 (40 anos) b. Pode-se perceber a tendência de aumento de pessoas vivendo na parte urbana e declínio das populações do campo. O que torna mais urgente ainda a necessidade de um sistema de esgotamento moderno para a cidade.

Figura 13 – População de Lagoa (Série histórica 1970 – 2010).



Fonte: IBGE (1970 a 2010).

Usando os dados dos três últimos censos (1990, 2000 e 2010) foi feita uma projeção populacional para o ano de 2042 no território urbano do município. Vale ressaltar que o resultado do censo do IBGE de 2022 não foi divulgado até a data de conclusão do presente estudo, portanto, as projeções tiveram que ser feitas usando um intervalo de 32 anos, de 2010 até 2042. Os métodos de projeção e os valores estão apresentados na Tabela 09.

Tabela 09 – Projeção populacional para 2042.

Método	População em 2042 (hab.)
Aritmético	2.935
Geométrico	3.151
Logístico	2.310

Fonte: Autor (2022).

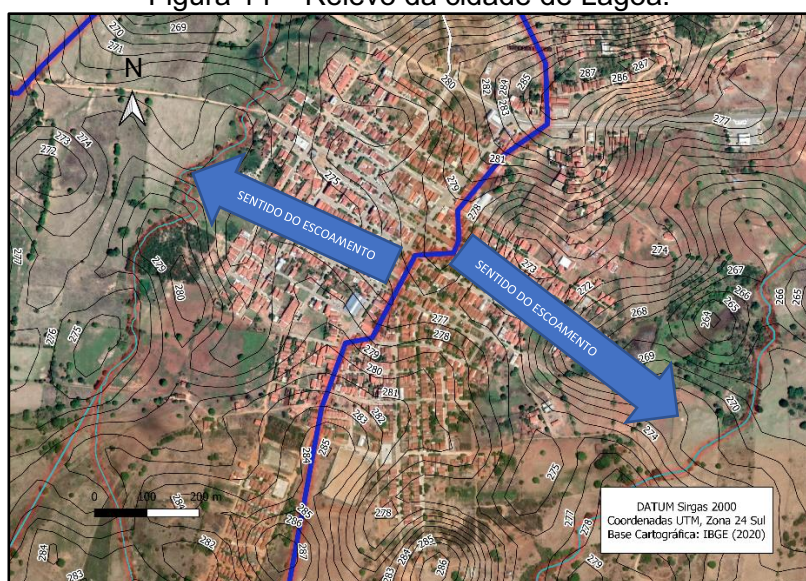
O método logístico apresentou a menor projeção entre as três formas, estimando a população de 2042 como 2.310 pessoas, esse valor foi o mesmo encontrado pelo IBGE no censo de 2010, portanto, segundo esse critério, a população da cidade já teria alcançado o seu limite máximo. Já pelo método aritmético, a estimativa para 2042 é de 2.935 habitantes, o que seria um incremento de 625 pessoas ao longo de 32 anos. Por fim, o método geométrico foi o que apresentou os maiores valores de projeção, com 3.151 habitantes, o que representa um incremento de 841 pessoas a mais na zona urbana ao longo dessas três décadas.

Tendo em vista a defasagem dos resultados do censo demográfico, e também tendo a precaução de realizar os dimensionamentos de projetos de engenharia pensando no cenário mais desfavorável, foi escolhido a projeção populacional do método geométrico no dimensionamento das partes do sistema, pois essa é a que apresenta um cenário de crescimento mais acentuado.

4.3.1.3 Relevo e solo

O relevo da cidade é muito favorável para projetos de SES, isso porque as cotas variam entre 278 a 287, ou seja, uma diferença de nível de apenas 9,0 m em toda a cidade. A análise feita para área também demonstrou que a inclinação do terreno varia entre 0% a 2%, portanto, segundo a classificação topográfica da EMBRAPA, o relevo é classificado como levemente ondulado. Por essa razão, todo o sistema pôde ser dimensionado por gravidade, dispensando o uso de estações elevatórias, garantindo que o custo de operação do sistema seja significativamente reduzido. Na Figura 14 está apresentado o mapa com a altimetria da cidade e o sentido de escoamento das águas pluviais.

Figura 14 – Relevo da cidade de Lagoa.



Fonte: Autor (2022).

O Município de Lagoa está dentro da região conhecida como Depressão Sertaneja. É uma região geológica conhecida por ser constituída, principalmente, por escudo cristalino, isso é, rochas pouco decompostas e grandes maciços rochosos. Mineralógicamente, predominam o silte calcialcalino de médio a alto potássio (TOCHETTO, 2021).

Essa composição do solo, com abundância de solos rochosos e rasos, reduz a entrada de águas de infiltração no sistema de coleta de esgotos, pois há pouco depósito de águas subterrâneas. Por outro lado, pode dificultar a escavação das valas para alocação dos dutos.

4.3.1.4 Clima

A temperatura média do município é típica do clima semiárido brasileiro, com as temperaturas variando entre 26,2 °C e 28,9 °C. Dessa forma, o sistema de tratamento com lagoas de estabilização tem uma alta eficiência, decorrente da alta temperatura local. No Quadro 11 pode ser verificada a temperatura média de todos os meses do ano.

Quadro 11 - Temperatura média mensal (°C) – Série histórica (2010 e 2021).

Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
28,0	27,3	27,0	26,6	26,5	26,2	26,3	27,4	28,3	28,9	28,8	28,8

Fonte: Adaptado do INMET (2022).

No que se refere a direção dos ventos, esses fluem, principalmente das direções Sudeste para Noroeste e do Leste para Oeste. No Quadro 12 encontra-se a direção predominante dos ventos ao longo do ano.

Quadro 12 - Direção do vento (°) – Série histórica (2010 e 2021).

Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
123,16	133,14	138,80	145,03	146,14	149,59	146,69	136,92	120,75	108,39	102,21	106,40
SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	SE	L	L	L

Fonte: Adaptado do INMET INMET (2022).

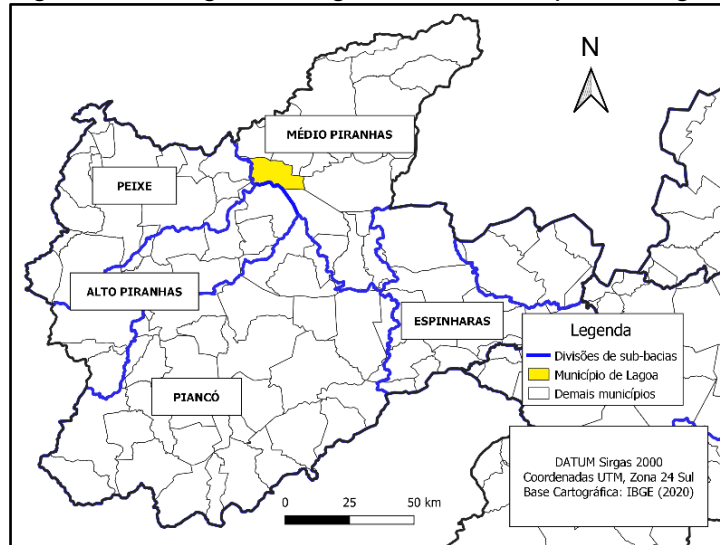
SE – Sudeste; L - Leste

A principal importância de determinar a direção dos ventos é a alocação das lagoas de tratamento. Esse sistema tem a desvantagem de exalar odores indesejáveis pelas imediações da ETE que pode invadir as residências, portanto, é recomendável que seja construído de forma que os ventos levem o mau cheiro para longe das moradias.

4.3.1.5 Hidrografia

A cidade está localizada na Bacia Hidrográfica do Rio Piancó-Piranhas-Açu e na microrregião hidrográfica conhecida como Médio Piranhas. A localização da região hidrográfica está demonstrada na Figura 15.

Figura 15 – Região hidrográfica do município de Lagoa.

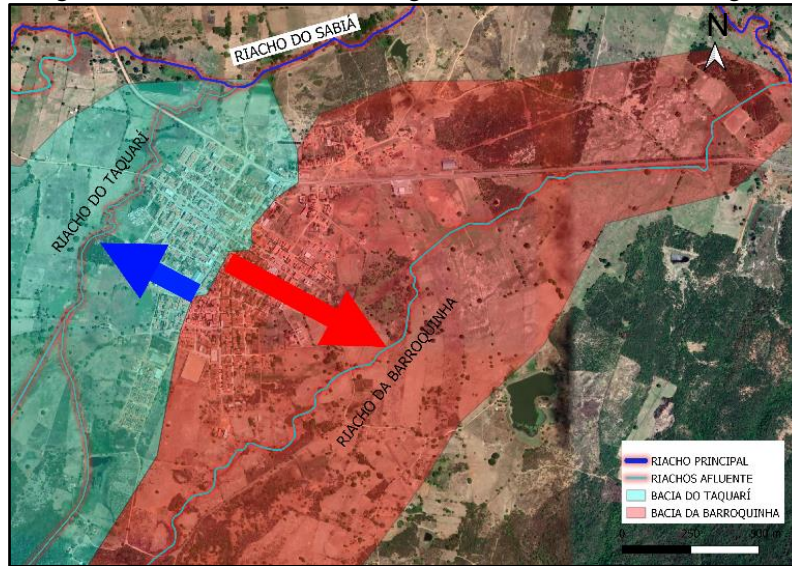


Fonte: Autor (2022).

Essa bacia hidrográfica é caracterizada por seus rios e tributários que são do tipo intermitentes, isto é, secam em certos meses do ano e as águas fluem no período das chuvas. De acordo com o Plano de Recursos Hídricos do Piancó-Piranhas-Açú as águas da região próxima onde está localizada a cidade de Lagoa, se enquadram na Classe 2, e os usos principais da água no trecho é para o abastecimento humano, aquicultura, irrigação e dessedentação animal (BRASIL, 2016). A quantidade de DBO encontrada pelo mesmo estudo em açudes da região fica entre 0 e 3 mg/L.

A zona urbana se encontra inserida em duas sub-bacias de esgotamento, a do Riacho da Barroquinha e a do Riacho do Taquarí. Os fluxos de água principais delas ficam bem próximos da cidade. Na Figura 16, estão indicadas a localização das bacias e o sentido de escoamento das águas por meio de setas.

Figura 16 – Sub-bacias hidrográficas da cidade de Lagoa.



Fonte: Autor (2022).

Os interceptores serão alocados margeando esses riachos principais das sub-bacias, como recomendado por Além Sobrinho e Tsutiya (1999).

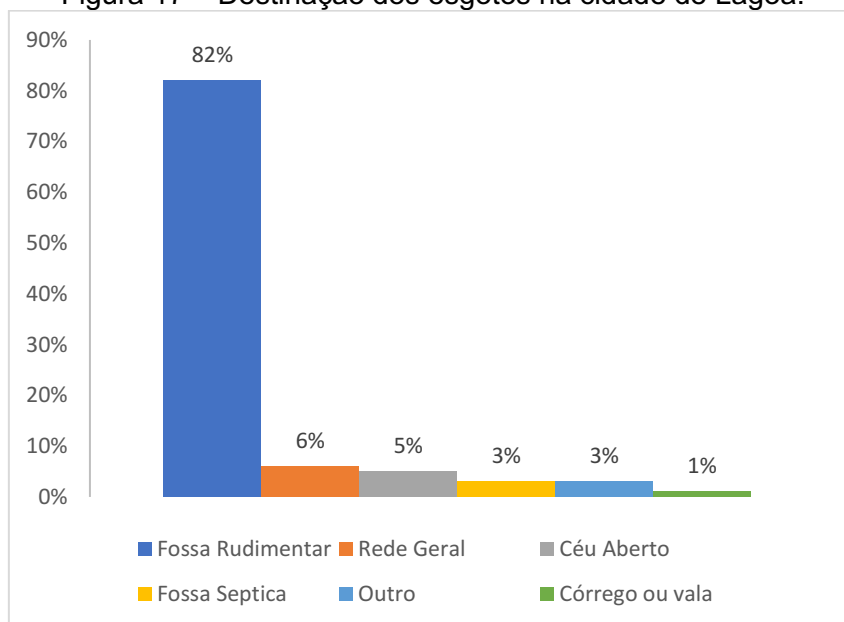
4.3.1.6 Análise do sistema de esgoto existente

O sistema de esgotamento sanitário da cidade de Lagoa é administrado pela Prefeitura Municipal. Segundo (2016) apontou que o sistema de esgotamento se encontra presente em algumas ruas centrais da cidade e foi construído nos anos de 1970, em alguns pontos, ele é feito de forma rudimentar com pedras de paralelepípedos unidos por argamassa e em outros pontos é feito por canalizações de policloreto de vinila (PVC). Este sistema não contou com projeto de profissionais especializados, problemas no funcionamento são constantes, como entupimentos e vazamentos. Foi relatado pelos munícipes que são frequentes os casos de entupimento nessas canaletas, e quando ocorre, o pavimento da rua é quebrado até encontrar o ponto de entupimento, pois não há singularidades no sistema.

Apenas 16,9% das ruas da cidade contam com canalizações coletoras de esgotos, os resíduos são descartados de formas precárias, tais como: fossas rudimentares (82%) e lançamento a céu aberto (5%), essas duas formas de manejo contribuem para a degradação das águas subterrâneas, do solo além de servirem de meio para a proliferação de doenças infectocontagiosas e parasitárias. Os moradores ainda relataram que quando as fossas enchem, eles contratam o serviço de “limpa fossas” que drena o lodo por meio de bombas, os

moradores não souberam identificar o local de destinação final dos resíduos. As demais formas são: fossas sépticas (3%), que é considerado uma forma sanitariamente correta de descarte; despejos em córregos e valas correspondem a 1% e outras são 3%. A Figura 17 sintetiza esses indicadores.

Figura 17 – Destinação dos esgotos na cidade de Lagoa.



Fonte: Adaptado de IBGE (2010).

Percebe-se que a fossa rudimentar é a forma preferida dos moradores da cidade para destinação dos esgotos, isso acontece porque se trata de um sistema simples e barato para a construção e manutenção. Evidenciando a necessidade de se projetar um sistema de coleta e tratamento de baixo custo de manutenção, devido ao poder aquisitivo restrito da maioria das famílias.

É possível identificar na Figura 18, um exemplo de lançamento de esgoto a céu aberto na cidade em questão.

Figura 18 – Esgoto a céu aberto na cidade de Lagoa.



Fonte: Autor (2022).

A rede geral existente, está presente em poucas ruas da cidade, e em vários locais o material empregado é absolutamente obsoleto e envelhecido, o

que pode estar causando contaminação dos solos e águas subterrânea. As fossas sépticas, que são sistemas eficientes na remoção de DBO estão instaladas em poucas residências.

Segundo (2016) ainda identificou, que o local de despejo do esgoto das poucas ruas que tinham coletores, era descartado em um terreno particular usado para cultivo de grãos, esses são irrigados por meio de um poço amazonas que se encontra dentro do terreno. O lançamento dos efluentes sem tratamento neste local pode ocasionar poluição das águas subterrâneas e consequentemente a contaminação da plantaçao, colocando em risco a saúde das pessoas que consomem esse alimento.

Portanto, tendo em vista o diagnóstico do atual sistema, se torna evidente que a rede coletora instalada, não atende a legislação vigente, pois além de atender a poucas ruas, também foram construídas há mais de 50 anos com materiais que não são impermeáveis e sem se fazer uso de singularidades.

O local de descarte é igualmente precarizado, não garantindo nenhuma segurança sanitária para os habitantes e para o meio ambiente. Isso posto, justifica-se o projeto de um sistema completo de coleta e tratamento de esgotos não sendo aproveitado nenhum dos atuais elementos já instalados.

4.3.2 Análise das disposições construtivas

4.3.2.1 Órgãos acessórios

Na Tabela 10 tem-se o quantitativo e tipologia dos órgãos acessórios adotados em cada uma das bacias de esgotamento.

Tabela 10 – Quantitativo de acessórios no projeto.

Bacia de esgotamento	TL (Unidades)	TIL (Unidades)	PV (Unidades)
Taquarí	49	64	19
Barroquinha	32	74	22
Total	81	138	41

Fonte: Autor (2022).

4.3.3 Projeto das Redes de Esgoto

4.3.3.1 Parâmetros de projeto

O Quadro 13 explicita os parâmetros de projeto calculados conforme as equações e adotados de acordo com as Normas. Esses parâmetros são necessários para dar início ao dimensionamento das redes do sistema.

Quadro 13 – Parâmetros de projeto.

Consumo efetivo <i>per capita</i> de água	67,71 L/(hab*dia)		
Coefficiente de retorno esgoto/água	0,8		
Coefficientes de variação de vazão	K1 = 1,2	K2 = 1,0	K3 = 0,5

Fonte: Autor (2022).

A quantidade de água que a população efetivamente utiliza nos seus afazeres domésticos é relativamente reduzido, sendo, em média, 67,71 litros por habitante por dia, valor esse que fica abaixo do recomendado pela Fundação Nacional de Saúde. Esse fenômeno decorre da escassez hídrica na região, bem como pelos constantes racionamentos de água.

O coeficiente de retorno esgoto/água foi estabelecido como 0,8, isso representa que 80% da água que chega efetivamente nas residências, viram esgotos. A adoção desse valor, tabelado pela NBR 9649, foi devido à falta de estudos empíricos para a localidade demonstrando o valor exato, essa metodologia tem demonstrado sucesso nos sistemas dimensionados com a mesma. A mesma lógica se aplica aos coeficientes de variação de vazão.

4.3.3.2 Dimensionamento hidráulico

Nas vazões médias de início e fim de plano foram consideradas apenas os efluentes domésticos e de infiltração, sendo desconsiderado a parcela de efluentes industriais, isso porque não foi localizada nenhuma planta fabril na cidade que faça uso de água em quantidades consideráveis. No tocante a águas de infiltração, foi adotado o valor médio dentro do intervalo determinado pela Norma da ABNT, isso se deu pois o solo da cidade é predominantemente argiloso e pedregulhoso, portanto, com baixa capacidade de retenção de águas subterrâneas. Nos locais onde o dimensionamento recomendava um valor abaixo de 1,5 L/s foi adotado o valor mínimo de 1,5 L/s, pois esse é o valor de uma descarga de uma residência.

Tabela 11 – Dimensionamento hidráulico das redes.

Critério	Valor usado
Vazão média de início de plano	2,23 L/s
Vazão média de fim de plano	3,56 L/s
Taxa de contribuição linear de início de plano	0,0005256 L/s*m
Taxa de contribuição linear de fim de plano	0,0005999 L/s*m
Taxa de infiltração	0,5 L/s*km
Comprimento total das redes	17,87 km
Vazão de infiltração	8,9 L/s
Tensão trativa	Varia conforme o trecho
Velocidade crítica	Varia conforme o trecho
Velocidade máxima	Varia conforme o trecho
Declividades máxima e mínima	Varia conforme o trecho
Diâmetro mínimo	Varia conforme o trecho
Lâmina d'água	75% do diâmetro

Fonte: Autor (2022).

A tensão trativa é um parâmetro que se altera a depender do trecho calculado, pois varia conforme a vazão que passa pelo duto, da inclinação do mesmo e o diâmetro. Foi obedecida a regra de se garantir uma tensão trativa mínima de 1,0 Pa, pelo menos uma vez ao dia. Caso o duto não apresentasse esse valor, os parâmetros do trecho eram alterados até se adequar a regra.

A velocidade crítica foi dimensionada para cada uma das canalizações trecho-a-trecho, assim, cada coletor tem sua própria velocidade crítica em função dos seus parâmetros (inclinação, diâmetro e vazão). Esse valor foi considerado como a velocidade máxima aceitável para cada caso no dimensionamento, portanto, os parâmetros foram alterados até se encontrar a configuração que fiquem sempre menor ou igual a velocidade crítica.

A declividade mínima dos dutos foi calculada de tal forma que permitisse a tensão trativa mínima de 1,0 Pa pelo menos uma vez ao dia, e a máxima tem por finalidade garantir que não ocorra a aeração do fluido. Sempre que a inclinação do terreno ficasse entre a mínima e máxima, se adotou essa inclinação também para o duto, como forma de diminuir custos com escavação. A declividade também foi usada de forma que a lâmina d'água máxima ficasse, no máximo à 75% do diâmetro do duto.

O diâmetro mínimo foi calculado em função da vazão e da inclinação. Foi adotado o valor mínimo de 150 mm em todos os coletores, mesmo que o cálculo

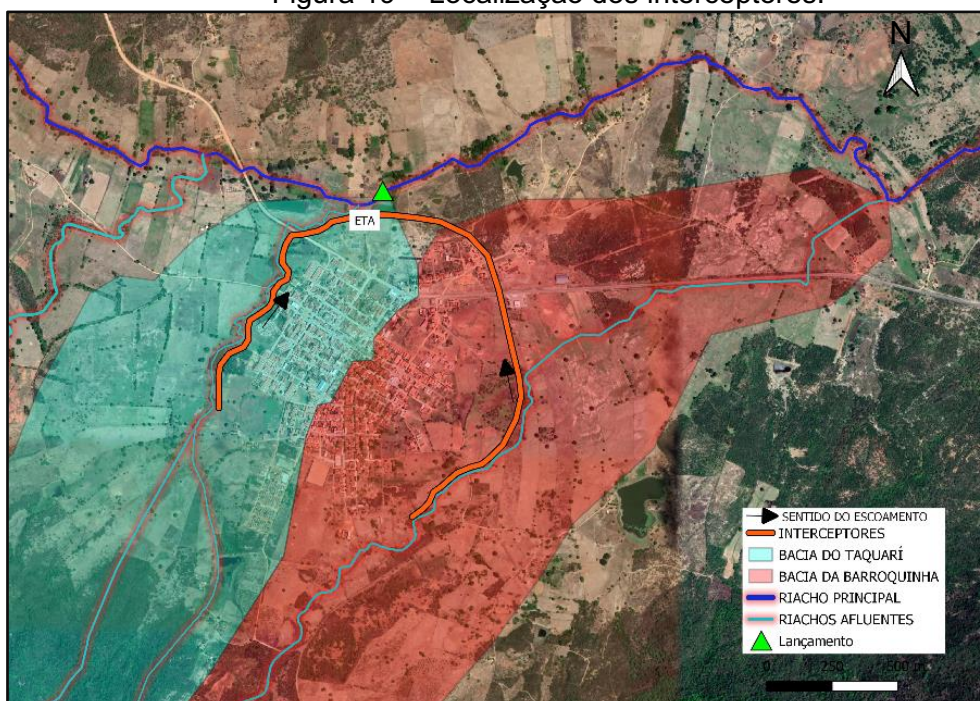
apresentasse valores inferiores. Essa medida é recomendada pelas normativas com o intuito de evitar entupimentos.

A planilha elaborada para o dimensionamento das redes encontra-se no APÊNDICE A. A planta da cidade contendo a rede dimensionada pode ser verificada no APÊNDICE C, além disso, as plantas com a rede projetada dividida por bacias de esgotamento estão nos APÊNDICES D e E.

4.3.4 Projeto dos Interceptores

O traçado dos interceptores foi feito de forma que eles possam margear os riachos da Barroquinha e do Taquarí, regiões que não devem haver a presença de residências, e sim a alocação da infraestrutura, o traçado desses dutos se encontra na Figura 19. O dimensionamento desses foi feito considerando como se fosse um coletor, ou seja, é considerado a vazão afluyente à montante do mesmo somada com as demais vazões ao longo do percurso. Essa metodologia pode ser adotada para cálculo de interceptores de pequenas localidades. A planilha de dimensionamento dos interceptores se encontra no APÊNDICE B.

Figura 19 – Localização dos interceptores.



Fonte: Autor (2022).

4.3.5 Projeto da Estação de Tratamento de Esgoto

4.3.5.1 Vazões de dimensionamento

O primeiro passo a ser seguido é o dimensionamento das vazões que serão usadas como parâmetro de projeto. Dessa forma, seguiu-se a metodologia recomendada por Von Sperling (2017). As vazões encontradas estão na Tabela 12.

Tabela 12 – Vazões de dimensionamento da ETE.

Vazão	Valor
Vazão mínima (L/s)	9,6
Vazão média de início de projeto (L/s)	10,34
Vazão média de fim de plano (L/s)	10,87
Vazão máxima	11,97

Fonte: Von Sperling (2017).

4.3.5.2 Tratamento preliminar

a) Gradeamento

Na Tabela 13 apresenta-se o resultado do dimensionamento do gradeamento do sistema. Chernicharo (2007) expõe que para ETE's de pequenas localidades, é recomendado fazer uso de processo manual, para baratear e simplificar a operação do sistema.

Tabela 13 - Resultado do dimensionamento do gradeamento.

Descrição	Unidade	Valor
Eficiência da grade fina	%	62,23
Eficiência da grade média	%	75,59
Eficiência global das grades	%	90,78
Área útil	m ²	0,015
Área da seção transversal	m ²	0,018
Largura do canal	m	0,28
Comprimento das grades	m	0,55
Quantidade de barras na grade fina	-	11
Quantidade de barras na grade média	-	7

Fonte: Autor (2022).

Pode-se notar que cada grade (fina e média) individualmente, possuem eficiência na retenção de sólidos abaixo dos 80%, porém, ambas combinadas adquirem eficiência acima dos 90%, garantindo assim, a segurança do restante do sistema por onde os efluentes irão passar.

Visando melhorar o funcionamento na operação da ETE, recomenda-se que a grade média anteceda a grade fina, posicionadas a montante da caixa de areia, com barras posicionadas a 45°.

b) Caixa de areia

O modelo empenhado possui autonomia para 14 dias e é de limpeza manual devido a vazão de projeto ser menor que 100 L/s. Todo o projeto seguiu as recomendações da NBR 12209:1992, tendo um fluxo horizontal, seção retangular e existindo uma unidade de reserva. Assim, serão executados dois desarenadores, o intuito dessa medida é facilitar a manutenção de limpeza da unidade sem a necessidade de interromper os trabalhos. Na Tabela 14 se encontra o resumo do dimensionamento das caixas de areia.

Tabela 14 – Dimensionamento do desarenador.

Descrição	Valor
Largura do desarenador (m)	0,52
Comprimento do desarenador (m)	2,00
Profundidade de armazenamento de areia (m)	0,45
Taxa de escoamento superficial de início de plano (m ³ /m ² *d)	613,64
Taxa de escoamento superficial de fim de plano (m ³ /m ² *d)	633,71
Velocidade de escoamento com vazão mínima (m/s)	0,29
Velocidade de escoamento com vazão média (m/s)	0,29
Velocidade de escoamento com vazão máxima (m/s)	0,29

Fonte: Autor (2022).

Todas as dimensões e critérios de projeto respeitam a normativa vigente no Brasil, alguns valores como o de comprimento e profundidade até estão ligeiramente acima do mínimo necessário por questão de precaução.

c) Calha Parshall

De posse dos valores de vazões, determinou-se o modelo de calha padronizada pela NBR 9826:2008. Dessa forma, foi escolhido a Calha Parshall padrão nº 1 como a mais apropriada, em razão de atender perfeitamente as vazões de projeto e de garantir o menor custo de implantação. Esse modelo permite a operação segura dos efluentes em um intervalo de 1,5 L/s até 100 L/s. Na Tabela 15 estão indicadas as medidas da calha adotada.

Tabela 15 – Dimensões da Calha Parshall padrão nº 01.

Calha Parshall nº 1 (medidas em metros)		
Garganta	b	0,152
	l	0,305
	X	0,050
	Y	0,075
	h_{p1}	0,115
Seção de entrada	b_1	0,400
	l_1	0,610
	l_e	0,622
	l_a	0,415
Seção de saída	l_3	0,500
	b_2	0,390
	l_2	0,610
	l_4	0,400
Altura da parede	h_{p2}	0,012
	h_c	0,600

Fonte: Autor (2022).

Com a Equação da vazão desse modelo de calha, descrita no ANEXO A, foram calculadas a altura de lâmina líquida, o rebaixo da calha e as alturas de lâmina no canal, o resultado desses dimensionamentos está apresentado na Tabela 16.

Tabela 16 – Altura de lâmina mínima e rebaixo da caixa da calha Parshall.

Descrição	Valor (m)
Altura de lâmina mínima na calha ($H_{cp,min}$)	0,078
Altura de lâmina média na calha ($H_{cp,méd}$)	0,083
Altura de lâmina máxima na calha ($H_{cp,máx}$)	0,094
Rebaixo na calha (Z)	0,032
Altura de lâmina mínima no canal ($H_{c,min}$)	0,047
Altura de lâmina média no canal ($H_{c,méd}$)	0,055
Altura de lâmina máxima no canal ($H_{c,máx}$)	0,063

Fonte: Autor (2022).

4.3.5.3. Tratamento Secundário

4.3.5.3.1. Projeto da lagoa anaeróbia

a) Cálculo da carga de DBO afluente de alimentação (entrada da lagoa);

$$\text{Carga (L)} = 350 \text{ mg/L} \cdot 641,95 \text{ m}^3/\text{d}$$

$$L = 224,68 \text{ kgDBO/d}$$

Dados preliminares

- DBO total afluente – (350 mg/L);
- Vazão média afluente à lagoa (641,95 m³/d);
- População de fim de plano (3.151 hab.);
- Temperatura do ar no mês mais frio (26,2°C);
- Eficiência de remoção de DBO desejada (60%);

Tabela 17 – Dimensionamento da lagoa anaeróbia.

Parâmetro	Unidade	Valor
Taxa de aplicação volumétrica (L_v)	kgDBO/m ³ *dia	0,350
Carga de DBO afluente (L)	kgDBO/d	224,68
Volume necessário (V)	m ³	641,94
Tempo de detenção (t)	dias	3
Profundidade (P)	m	4,5
Área	m ²	143
Relação comprimento/largura	-	2,5
Largura (B)	m	7,60
Comprimento (C)	m	18,90

Fonte: Autor (2022).

A Taxa de Aplicação Volumétrica foi adotada com 0,350 kgDBO/m³*d pois esse valor é recomendado para locais com temperatura média do mês mais frio a partir de 25°C. Ao analisar a série histórica de temperaturas entre os anos de 2010 e 2021 (11 anos), foi observado que a média do mês mais frio (junho) é de 26,2°C.

O tempo de detenção resultou em um valor de aproximadamente 1 dia, isso ocorre devido à alta temperatura da região que faz com que a matéria orgânica seja digerida pelos microrganismos muito rapidamente. Porém, a NBR 12209:1992 estabelece que o intervalo de tempo de detenção em lagoas

anaeróbias devem estar entre 2,5 e 3 dias para reduzir a presença das bactérias anaeróbias na lagoa, assim, foi usado 3 dias para o tempo de detenção.

- Eficiência e DBO efluente da Lagoa Anaeróbia

O modelo empírico recomendado por Von Sperlling (2017) estabelece uma aproximação entre a eficiência na decomposição da DBO em função da temperatura do ar na região, os valores encontrados seguindo esse procedimento estão apresentados na Tabela 18.

Tabela 18 – Eficiência na remoção de DBO em função da temperatura.

Temperatura média do ar no mês mais frio (°C)	Eficiência de remoção de DBO (%)
10 a 25	$2T + 20$
> 25	60

Fonte: Von Sperlling (2017).

Como a temperatura média do mês mais frio é acima de 25°C, foi estabelecido uma eficiência na remoção de DBO de 60%. Após isso, foi calculada a DBO efluente da lagoa anaeróbia.

$$DBO_{\text{efl}} = 140 \text{ mg/L}$$

Esse valor de DBO efluente da lagoa primária (anaeróbia), será o valor afluente da lagoa secundária (facultativa).

4.3.5.3.2 Projeto da Lagoa Facultativa

Alguns dados prévios precisam ser determinados antes de dar início ao dimensionamento propriamente, sendo eles:

- DBO afluente à lagoa (S_0) – (140 g/m³);
- Vazão média afluente à lagoa - (641,95 m³/d);
- População de fim de plano - (3.151 hab);
- Temperatura do ar no mês mais frio - (26,2 °C);

Tabela 19 – Dimensionamento da lagoa facultativa.

Parâmetro	Unidade	Valor
Taxa de aplicação volumétrica (L_v)	kgDBO/m ³ *dia	0,350
Carga de DBO afluente (L)	kg/d	89,87
Volume requerido (V)	m ³	256,774
Tempo de detenção (t)	dias	2,5
Profundidade (P)	m	2,0
Área	ha – m ²	0,15 - 1.500
Relação comprimento/largura	-	2,0
Largura (B)	m	27,40
Comprimento (C)	m	54,80

Fonte: Autor (2022).

- Eficiência global do sistema

Na Tabela 20 se encontra os resultados encontrados da DBO solúvel efluente do sistema, bem como a eficiência global do tratamento, além de outros parâmetros.

Tabela 20 – Eficiência global do sistema de tratamento.

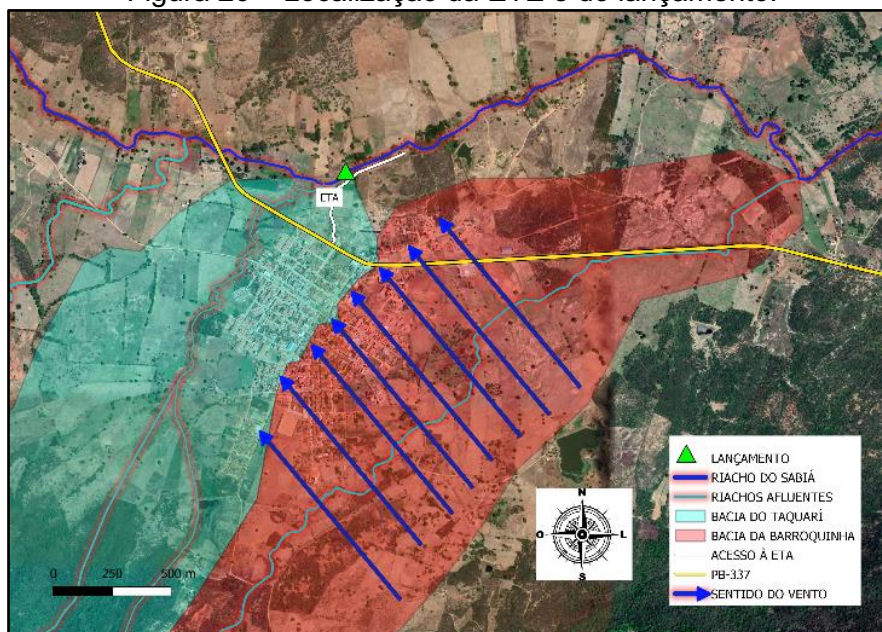
Parâmetro	Valor
Coefficiente de remoção de DBO (K_{20})	0,31
Coefficiente de temperatura	1,085
Coefficiente de remoção de DBO (20°C)	0,466
DBO solúvel (mg/L)	37,71
Eficiência do sistema (%)	73,06

Fonte: Autor (2022).

4.3.6. Localização da ETE e lançamento dos efluentes

O corpo receptor escolhido para o lançamento do efluente tratado foi o Riacho do Sabiá, esse local foi identificado como o melhor em função da área disponível, acesso, distância de habitações, proximidade à ETE, topografia e direção dos ventos. Esse é um espaço de zona rural, porém, não há cultura agrícola nem pecuária no entorno, existe uma estrada vicinal que liga a PB-337 ao ponto de tratamento/lançamento, não há residências próximas, o relevo não favorece a ocorrência de inundações e como o vento da região flui, principalmente, do Sudeste para o Noroeste, o odor indesejado será levado para áreas inabitadas.

Figura 20 – Localização da ETE e do lançamento.



Fonte: Autor (2022).

Pela perspectiva ambiental, o Riacho do Sabiá é o que oferece uma maior capacidade de autodepuração, isso porque ele é o riacho principal da sub-bacia, portanto, possui uma vazão elevada, o que favorece a diluição e autodepuração do esgoto tratado. Esse riacho é enquadrado pela Resolução nº 430 do CONAMA como tendo águas doces de Classe 2. A Seção III da supracitada legislação impõe que a DBO efluente de estações de tratamento deverá ser, no máximo, 120 mg/L e a eficiência global do tratamento deverá ser de, pelo menos, 60% de remoção da DBO. Portanto, o sistema de tratamento proposto atende a resolução, pois descarta um esgoto tratado com DBO = 37,71 e uma eficiência de remoção de 73,06%.

5. CONCLUSÕES

A cidade de Lagoa-PB é mais uma entre tantas outras no país que não oferece um serviço de esgotamento sanitário eficiente à sua população. As consequências dessa negligência são sentidas pelos moradores, principalmente, devido aos danos ambientais e problemas de saúde ocasionados pelo manejo inadequado dos esgotos. Poucas ruas possuem coletores de efluentes, e esses líquidos coletados são despejados sem nenhum tipo de tratamento no Riacho do Sabiá, as demais partes da cidade fazem uso de fossas rudimentares ou despejo a céu aberto para o descarte de seus efluentes, e esses fatores contribuem para poluir as águas subterrâneas e os solos da região, bem como intensificar a presença de doenças infectocontagiosas e elevada mortalidade infantil.

Assim, o intuito desse trabalho foi apresentar uma solução para esses problemas por meio de um sistema de esgotamento sanitário moderno e eficiente para a cidade. O mesmo é formado por rede coletora, transporte, estação de tratamento e destinação final ambientalmente segura.

As redes foram dimensionadas de forma otimizada, fazendo uso eficiente do relevo local, dessa forma, os efluentes escoam totalmente por gravidade dos coletores até a estação de tratamento, assim, pode ser dispensado o uso de estações elevatórias, o que irá baratear a operação, a planta com o projeto completo se encontra no APÊNDICE C. O local é constituído por duas bacias de esgotamento, e foram necessários cerca de 17 km de canalizações para as redes e um total de 272 trechos, as plantas das redes divididas por bacia estão nos APÊNDICES D e E. As canalizações são de PVC com diâmetro mínimo de 150 mm (DN 150) para dificultar a ocorrência de entupimentos, podendo chegar a 250 mm (DN 250) em alguns locais. As singularidades foram alocadas estrategicamente por toda a rede de forma a garantir uma manutenção preventiva e corretiva do sistema caso seja necessário.

O sistema de tratamento escolhido para a cidade foi do tipo Sistema Australiano (Lagoa anaeróbia seguida de facultativa). Esse modelo é muito usual para locais de clima quente e com vastas áreas disponíveis. Ele também funcionará sem a necessidade de uso de eletricidade para bombeamento e sem produtos químicos, essa característica tem um papel fundamental para a região, pois trata-se de uma população com baixo poder aquisitivo, portanto, a tarifa de

esgoto deve ter um valor que caiba no orçamento das famílias. A ETE apresentou uma taxa de remoção de DBO de 73,06% e um efluente com DBO = 37,71, portanto, atendendo as Resoluções nº 357 de 2005 e nº 430 de 2011 do CONAMA, para o riacho escolhido para a o lançamento, que é enquadrado como Classe 2.

Entretanto, essas Resoluções estabelecem outras variáveis que devem ser consideradas, como: padrões microbiológicos (Coliformes fecais, ovos helmintos, clorofila, cianobactérias etc.) além de parâmetros físicos e químicos (cor, turbidez, fósforo total, entre outros), essas variáveis só podem ser determinadas por meio de estudos com uma amostra dos esgotos em um laboratório de análise. Dessa forma, se torna necessário investigar os efluentes antes do lançamento. Podendo ser necessário o dimensionamento de um pós-tratamento.

Como sugestão de continuidade e aprofundamento desse trabalho, recomenda-se:

- Estudo dos efluentes com o objetivo de caracterizá-lo química, física e biologicamente.
- Mais investigações a respeito dos danos ambientais que estão ocorrendo na área em virtude da ineficiência do sistema atual.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). **NBR 9648: Estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário**. Rio de Janeiro, 1986.

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). **NBR 9649: Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário**. Rio de Janeiro, 1986.

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). **NBR 9826: Medição de vazão em líquidos em canais abertos – Calhas Parshall e SANIIRI**. Rio de Janeiro, 2008.

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). **NBR 12209: Projeto de estações de tratamento de esgoto sanitário**. Rio de Janeiro, 1992.

ALÉM SOBRINHO, P; TSUTIYA, M. T. **Coleta e transporte de esgoto sanitário**. 2. ed. São Paulo: Epusp/Phd, 1999.

AROUCA, M. C. G. **Análise espacial das condições de saneamento e saúde ambiental no Estado do Rio de Janeiro**. 2017. 51 f; Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Ambientais) – Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2017.

BARRETO, L. V. Eutrofização em rios brasileiros. **Centro Científico Conhecer**, Rio de Janeiro, v. 5, n. 8, p. 327-345, 14 nov. 2017.

BEVILACQUA, N. **Materiais de tubulações utilizadas em sistemas de coleta e transporte de esgotos sanitários: estudo de caso da área Norte de São Paulo**. 2006. 191 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

BLACK, J. **A história do mundo: Da pré-história ao século XXI**. São Paulo: MBooks, 2020.

BRASIL. **Boletim Epidemiológico**. Ministério da Saúde – Secretaria de Vigilância em Saúde. Brasília, 2021.

BRASIL. **Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981.** Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação. Brasília, DF: Palácio do Planalto, 1981. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm/>. Acesso em: 26 set. 2022.

BRASIL. **Lei nº 11.445, de 05 de janeiro de 2007.** Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico. Brasília, DF: Palácio do Planalto, 2007. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato20072010/2007/Lei/L11445.htm>. Acesso em: 22 set. 2022.

BRASIL. **Plano Nacional de Saneamento Básico – PLANSAB.** Ministério das Cidades – Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Brasília, 2013.

BRASIL. **Resolução nº 001, de 23 de janeiro de 1986.** Estabelece as definições, as responsabilidades, os critérios básicos para a implementação da Avaliação de Impacto Ambiental. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). 1986. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente. Disponível em: <http://pnqa.ana.gov.br/Publicacao/RESOLUCAO_CONAMA_n_001.pdf>. Acesso em: 25 set. 2022.

BRASIL. **Resolução nº 357, de 17 de março de 2005.** Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). 1986. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente. Disponível em: <http://pnqa.ana.gov.br/Publicacao/RESOLUCAO_CONAMA_n_357.pdf>. Acesso em: 02 set. 2022.

BRASIL. **Resolução nº 430, de 16 de maio de 2011.** Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes. *Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA)*. 1986. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente. Disponível em: <http://pnqa.ana.gov.br/Publicacao/RESOLUCAO_CONAMA_n_430.pdf>. Acesso em: 02 set. 2022.

BRASIL. **Termo de referência para elaboração de estudos de concepção para os sistemas de esgotamento sanitário.** Ministério das Cidades – Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Brasília, 2011.

BRASIL. **Plano de recursos hídricos Piancó-Piranhas-Açú.** 2016. Agência Nacional de Águas e Saneamento, Brasília, 2016.

CHERNICHARO, C. A. L. **Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias.** 2 ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental/UFMG, 380 p, 2007.

CORTEZ, A. X. **Análise da relação entre doenças do CID-10 (diarreias e micoses) com as condições de saneamento ambiental no Estado do Rio Grande do Sul - Brasil.** 2019. 76 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2019.

COSTA, B. V. **Sistema de Esgotamento Sanitário – Estudo de caso: Treviso/SC.** 2013. 98f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.

DALL'AGNOL, A. L. B. **Panorama da prevalência de doenças relacionadas ao saneamento ambiental inadequado.** 2020. 74 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2020.

DISTRITO FEDERAL. **Estudos de concepção em projetos de esgotamento sanitário.** Secretaria de infraestrutura; Diretoria de engenharia e meio ambiente. Brasília, 2021.

DUARTE, B. E. S. **Os sistemas de abastecimento d'água da grande João Pessoa.** 2016. 154f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2016.

FERNANDES, C. E; BARBOSA NETO, E. Saneamento ambiental: os desafios da estação de tratamento do esgoto DAIA em Anápolis (GO). **Revista Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 6, n. 7, p. 4242642436, 2020.

FUNDAÇÃO NACIONAL DA SAÚDE: **Manual de saneamento**. 3. ed. Brasília, DF: FUNASA, 2007. p.408.

GUIMARÃES, E. F. **Modelo inclusivo para a universalização do saneamento básico em áreas de vulnerabilidade social**. 2015. 486 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016.

HELLER, L. **Os direitos humanos à água e ao saneamento**. 1 ed. Rio de Janeiro: FioCruz, 2021.

HOFFMANN, H; WOLFF, D. B; **Propostas para o saneamento descentralizado no Brasil**. Revista DAE, n. 103, v. 54, p. 3145, 2019.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Pesquisa Nacional do Saneamento Básico**. Rio de Janeiro, 2017.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Indicadores socioeconômicos dos municípios brasileiros**. 2020. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/> Acesso em: 16 out. 2022.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Pesquisa brasileira por amostra de domicílios - PNAD**. Rio de Janeiro: IBGE, 2015. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9127-pesquisa-nacional-por-amostra-de-domicilios.html>. Acesso em: 13 nov. 2022.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Censo Demográfico de 2010: Características da população e dos domicílios: resultado do universo**. Rio de Janeiro: IBGE, 2010. Disponível em: <https://censo2010.ibge.gov.br/resultados.html>. Acesso em: 13 jun. 2022.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Censo Demográfico de 2000: Características da população e dos domicílios: resultado do**

universo. Rio de Janeiro: IBGE, 2000. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/bibliotecacatalogo?view=detalhes&id=785>>. Acesso em: 13 jun. 2022.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Censo Demográfico de 1991: Características da população e dos domicílios: resultado do universo.** Rio de Janeiro: IBGE, 1991. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/bibliotecacatalogo?id=782&view=detalhes>>. Acesso em: 13 mar. 2022.

INSTITUTO TRATA BRASIL. **Estudo Trata Brasil “Ranking do Saneamento”.** Rio de Janeiro, 2020. Disponível em: <https://tratabrasil.org.br/ranking-do-saneamento-2022/> Acesso em: 17 set. 2022.

INSTITUTO TRATA BRASIL. **Benefícios econômicos e sociais da expansão do saneamento do saneamento no Brasil.** Rio de Janeiro, 2018. Disponível em: https://www.tratabrasil.org.br/images/estudos/itb/beneficios/sumario_executivo.pdf Acesso em: 16 set. 2022.

JORDÃO, E. P; PESSOA, C. A. **Tratamento de esgotos domésticos.** 8 ed. Rio de Janeiro; ABES, 2017.

KOTTEK, S. S. **Gems from the Talmud: public health I - water supply.** Israel Journal of Medical Sciences, v. 31, n.4, p.255-256, April 2010.

KUIAVA, V. A.; PERIN, A. T; CHIELLE, E. O. Hospitalização e taxas de mortalidade por diarreia no Brasil: 2000-2015. **Ciência & Saúde**, [S.L.], v. 12, n. 2, p. 30022, 2 ago. 2019. EDIPUCRS. <http://dx.doi.org/10.15448/1983-652x.2019.2.30022>.

LOBO, R. L. N. **Estudo sobre a distribuição de investimentos públicos federais em saneamento nas cidades médias entre 2004 e 2013.** 2016. 172 f; Dissertação (Mestrado em Planejamento Urbano e Regional) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.

MOURA, L; LANDAU, E. C; FERREIRA, A. M. **Varição geográfica do saneamento básico no Brasil em 2010: domicílios urbanos e rurais.** 1 ed. Brasília: Embrapa, 2017.

MUTTI, P. R. **Avaliação dos princípios da adoção de sistemas de esgotamento sanitário do tipo separador absoluto em áreas urbanas de clima tropical.** 2015. 150f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017.

NERVIS, I. R. **Viabilidade de implantação de um sistema de esgotamento sanitário no município de Santa Maria do Oeste – PR.** 2019. 92 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Guarapuava, 2019.

NETO, F. V. N. **Análise do novo Marco Legal do Saneamento.** 2021. 189 f; Dissertação (Mestrado em Serviço Social) – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2021.

NETTO, J. M. A. **Tecnologias inovadoras y de bajo costo utilizadas en los sistemas de alcantarillado.** Washington: Organização Mundial da Saúde, 1983.

NUVOLARI, A. **Esgoto sanitário: Coleta, transporte, tratamento e reuso agrícola.** 2 ed. São Paulo: Bloucher, 2011.

OLIVEIRA, G. M. D. **Proposta de uma estação de tratamento de esgoto para o município de Poço Branco/RN.** 2020. 80 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2020.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. **Atlas on Children's Health and the Environment.** Genebra: OMS, 2017.

PAIVA, R. F. P. S; SOUZA, M. F. P. Associação entre condições socioeconômicas, sanitárias e de atenção básica e a morbidade hospitalar por

doenças de veiculação hídrica no Brasil. **Cadernos de Saúde Pública**, São Paulo, v. 34, n. 1, p. 1-11, 5 fev. 2020. FapUNIFESP (SciELO).

PIRES, F. M. B. **Sistema de Esgotamento Sanitário – Estudo de caso: Maré**. 2018. 157 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018.

REZENDE, S. C; HELLER. L. **O saneamento no Brasil: políticas e interfaces**. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012.

RIBEIRO, R. T. **Dimensionamento e análise de sistemas australianos visando sua aplicabilidade para reuso e irrigação**. 2017. 79 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2017.

ROCHA, A. A. **Histórias do Saneamento**. 2 ed. São Paulo: Blucher, 2017.

SABESP (Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo). **NTS 0025: Elaboração de Projetos - Redes coletoras de esgoto**. 2 ed. São Paulo: Governo do Estado de São Paulo, 2020.

SEGUNDO, S. T. L. R. **Proposta de tratamento de efluentes no Município de Lagoa – PB**. 2016. 67 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Campina Grande, Pombal, 2016.

SIQUERA, D. B. **Cianobactérias de água doce e saúde pública**. 2019. 120 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Biomedicina) - Universidade Federal de Viçosa, Belo Horizonte, 2019.

SNIS (Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento). **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2020**. Brasília, 2021.

SOARES, D. F. **Análise socioeconômica do atendimento em saneamento básico em João Pessoa**. 2016. 44f. Trabalho de Conclusão de Curso

(Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2016.

TOCHETTO, M. **Gestão comparativa de sistemas de coleta e tratamento de esgoto visando a universalização e a sustentabilidade.** 2021. 109 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2021.

TSUTIYA, M. T. **Abastecimento de água.** 3º ed. São Paulo: Escola Politécnica da USP, 2006.

USEPA, United States Environmental Protection Agency -. **Environmental pollution control alternatives: drinking water treatment for small communities.** Washington D.C: Usepa, 2005.

VON SPERLING, M. **Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos.** 4. ed. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2011.

VON SPERLING, M. **Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias – Lagoas de Estabilização,** v.03. 10 ed. Minas Gerais: ABES, 2017.

APÊNDICE A – Planilha de dimensionamento das redes de esgoto.

Trecho	Extensão (m)	Rua Pavimentada?	Material	Coef. De Maning	Vazão de início de plano (l/s)			Vazão de fim de plano (l/s)			Diâmetro (mm)		Cota do terreno (m)		Inclinações (m/m)				Cota coletor (m)		Parâmetros hidráulicos		Velocidade crítica (m/s)	Tensão tratativa (Pa)	Vf (m/s)		
					Montante	Jusante	Jusante adotada	Montante	Jusante	Jusante adotada	Mínimo	Adotado (mm)	Montante	Jusante	Terreno	Mínima	Máxima	Adotada	Montante	Jusante	A (m²)	Rh					
BACIA DO RIACHO TAQUARÍ																											
1 a 2	86,60	NÃO	PVC	0,013	0,00	0,05	1,50	0	0,05	1,5	64	150	287	286	0,012	0,0045	3,544	0,012	285,9	284,9	0,67234	0,037	3,6	1,7	2,2		
2 a 3	86,60	NÃO	PVC	0,013	1,50	1,55	1,55	1,5	1,55	1,6	64	150	286	285	0,012	0,0045	3,464	0,012	284,9	283,9	0,67234	0,037	3,6	1,7	2,3		
3 a 5	51,00	NÃO	PVC	0,013	1,55	1,57	1,57	1,55	1,58	1,6	59	150	285	284	0,020	0,0044	3,419	0,020	283,9	282,9	0,67234	0,037	3,6	1,7	2,4		
4 a 5	45,20	SIM	PVC	0,013	0,00	0,02	1,50	0	0,03	1,5	56	150	285	284	0,022	0,0045	3,544	0,022	284,1	283,1	0,67234	0,037	3,6	1,7	2,2		
5 a 6	50,70	SIM	PVC	0,013	3,07	3,10	3,10	3,08	3,11	3,1	76	150	284	283	0,020	0,0032	2,173	0,020	283,1	282,1	0,67234	0,037	3,6	1,2	2,3		
6 a 7	99,40	SIM	PVC	0,013	3,10	3,15	3,15	3,11	3,17	3,2	70	150	283	280	0,030	0,0032	2,145	0,030	282,1	279,1	0,67234	0,037	3,6	1,2	3,4		
7 a 8	92,00	NÃO	PVC	0,013	3,15	3,20	3,20	3,17	3,23	3,2	86	150	280	279	0,011	0,0032	2,121	0,011	278,9	277,9	0,67234	0,037	3,6	1,2	2,5		
8 a 9	88,90	NÃO	PVC	0,013	3,20	3,25	3,25	3,23	3,28	3,3	66	150	279	275	0,045	0,0032	2,098	0,045	277,9	273,9	0,67234	0,037	3,6	1,2	2,2		
9 a 10	88,30	NÃO	PVC	0,013	3,25	3,29	3,29	3,28	3,33	3,3	86	150	275	274	0,011	0,0031	2,075	0,011	273,9	272,9	0,67234	0,037	3,6	1,2	3,4		
10 a 11	90,00	NÃO	PVC	0,013	3,29	3,34	3,34	3,3	3,39	3,4	76	150	274	272	0,022	0,0031	2,053	0,022	272,9	270,9	0,67234	0,037	3,6	1,2	2,4		
11 a h	22,60	NÃO	PVC	0,013	3,34	3,35	3,35	3,39	3,40	3,4	111	150	272	272	0,000	0,0031	2,047	0,003	270,9	270,8	0,67234	0,037	3,6	1,2	2,2		
12 a 13	72,30	SIM	PVC	0,013	0,00	0,04	1,50	0	0,04	1,5	54	150	282	280	0,028	0,0045	3,544	0,028	281,1	279,1	0,67234	0,037	3,6	1,7	2,2		
13 a 14	60,90	SIM	PVC	0,013	1,50	1,53	1,53	1,5	1,54	1,5	60	150	280	279	0,016	0,0045	3,487	0,016	279,1	278,1	0,67234	0,037	3,6	1,7	2,3		
14 a 16	60,90	SIM	PVC	0,013	1,53	1,56	1,56	1,54	1,57	1,6	53	150	279	277	0,033	0,0045	3,433	0,033	278,1	276,1	0,67234	0,037	3,6	1,7	2,3		
15 a 16	66,10	SIM	PVC	0,013	0,00	0,03	1,50	0	0,04	1,5	49	150	280	277	0,045	0,0045	3,544	0,045	279,1	276,1	0,67234	0,037	3,6	1,7	2,2		
16 a 18	92,00	SIM	PVC	0,013	3,06	3,11	3,11	3,1	3,13	3,1	107	150	277	277	0,000	0,0032	2,166	0,003	276,1	275,8	0,67234	0,037	3,6	1,2	2,2		
17 a 18	61,50	SIM	PVC	0,013	0,00	0,03	1,50	0	0,04	1,5	60	150	278	277	0,016	0,0045	3,544	0,016	277,1	276,1	0,67234	0,037	3,6	1,7	2,2		
18 a 20	63,80	SIM	PVC	0,013	4,61	4,65	4,65	4,63	4,67	4,7	92	150	277	276	0,016	0,0027	1,657	0,016	276,1	275,1	0,67234	0,037	3,6	1,0	2,4		
19 a 20	62,80	SIM	PVC	0,013	0,00	0,03	1,50	0	0,04	1,5	76	150	276	276	0,000	0,0045	3,544	0,005	275,1	274,8	0,67234	0,037	3,6	1,7	2,2		
20 a 21	80,00	NÃO	PVC	0,013	6,15	6,19	6,19	6,17	6,21	6,2	94	150	276	274	0,025	0,0023	1,367	0,025	274,9	272,9	0,67234	0,037	3,6	0,9	2,3		
21 a g	81,40	NÃO	PVC	0,013	6,19	6,23	6,23	6,21	6,26	6,3	88	150	274	271	0,037	0,0023	1,360	0,037	272,9	269,9	0,67234	0,037	3,6	0,9	3,4		
22 a 23	56,70	SIM	PVC	0,013	0,00	0,03	1,50	0,00	0,03	1,50	59	150	280	279	0,018	0,0045	3,544	0,018	279,1	278,1	0,67234	0,037	3,6	1,7	2,5		
23 a 24	60,80	SIM	PVC	0,013	1,50	1,53	1,53	1,50	1,54	1,54	60	150	279	278	0,016	0,0045	3,487	0,016	278,1	277,1	0,67234	0,037	3,6	1,7	2,2		
24 a 26	60,80	SIM	PVC	0,013	1,53	1,56	1,56	1,54	1,57	1,57	61	150	278	277	0,016	0,0045	3,433	0,016	277,1	276,1	0,67234	0,037	3,6	1,7	3,4		
25 a 26	53,00	SIM	PVC	0,013	0,00	0,03	1,50	0,00	0,04	1,50	76	150	277	277	0,000	0,0045	3,544	0,005	276,1	275,9	0,67234	0,037	3,6	1,7	2,4		
26 a 28	92,20	SIM	PVC	0,013	3,06	3,11	3,11	3,07	3,13	3,13	85	150	277	276	0,011	0,0032	2,166	0,011	276,1	275,1	0,67234	0,037	3,6	1,2	2,2		
27 a 28	54,90	SIM	PVC	0,013	0,00	0,03	1,50	0,00	0,03	1,50	58	150	277	276	0,018	0,0045	3,544	0,018	276,1	275,1	0,67234	0,037	3,6	1,7	2,2		
28 a 30	65,40	SIM	PVC	0,013	4,61	4,65	4,65	4,63	4,67	4,67	128	150	276	276	0,000	0,0027	1,656	0,003	275,1	274,9	0,67234	0,037	3,6	1,0	3,4		
29 a 30	56,20	SIM	PVC	0,013	0,00	0,03	1,50	0,00	0,03	1,50	59	150	277	276	0,018	0,0045	3,544	0,018	276,1	275,1	0,67234	0,037	3,6	1,7	2,2		
30 a 32	30,20	NÃO	PVC	0,013	6,15	6,16	6,16	6,17	6,19	6,19	89	150	276	275	0,033	0,0023	1,372	0,033	274,9	273,9	0,67234	0,037	3,6	1,0	3,4		
31 a 32	57,30	NÃO	PVC	0,013	0,00	0,03	1,50	0,00	0,03	1,50	59	150	276	275	0,017	0,0045	3,544	0,017	274,9	273,9	0,67234	0,037	3,6	1,7	2,2		
32 a f	96,80	NÃO	PVC	0,013	7,66	7,71	7,71	7,69	7,74	7,74	98	150	275	272	0,031	0,0021	1,180	0,031	273,9	270,9	0,67234	0,037	3,6	1,7	2,6		
33 a 34	37,10	SIM	PVC	0,013	0,00	0,02	1,50	0,00	0,02	1,50	54	150	279	278	0,027	0,0045	3,544	0,027	278,1	277,1	0,67234	0,037	3,6	1,7	2,2		
34 a 35	55,10	SIM	PVC	0,013	1,50	1,53	1,53	1,50	1,53	1,53	59	150	278	277	0,018	0,0045	3,492	0,018	277,1	276,1	0,67234	0,037	3,6	1,7	2,3		
35 a 37	55,10	SIM	PVC	0,013	1,53	1,56	1,56	1,53	1,57	1,57	77	150	277	277	0,000	0,0045	3,443	0,004	276,1	275,9	0,67234	0,037	3,6	1,7	2,3		
36 a 37	46,60	SIM	PVC	0,013	0,00	0,02	1,50	0,00	0,03	1,50	76	150	277	277	0,000	0,0045	3,544	0,005	276,1	275,9	0,67234	0,037	3,6	1,7	3,4		

APÊNDICE A – Planilha de dimensionamento das redes de esgoto (continuação).

Trecho	Extensão (m)	Rua Pavimentada?	Material	Coef. De Maning	Vazão de início de plano (l/s)			Vazão de fim de plano (l/s)			Diâmetro (mm)		Cota do terreno (m)		Inclinações (m/m)				Cota coletor (m)		Parâmetros hidráulicos		Velocidade crítica (m/s)	Tensão tratativa (Pa)	Vf (m/s)
					Montante	Jusante	Jusante adotada	Montante	Jusante	Jusante adotada	Mínimo	Adotado (mm)	Montante	Jusante	Terreno	Mínima	Máxima	Adotada	Montante	Jusante	A (m²)	Rh			
37 a 46	89,50	SIM	PVC	0,013	3,06	3,10	3,10	3,07	3,12	3,12	84	150	277	276	0,011	0,0032	2,170	0,011	276,1	275,1	0,67234	0,037	3,6	1,2	2,5
38 a 40	16,20	SIM	PVC	0,013	0,00	0,01	1,50	0,00	0,01	1,50	76	150	276	276	0,000	0,0045	3,544	0,005	275,1	275,0	0,67234	0,037	3,6	1,7	2,2
39 a 40	25,40	SIM	PVC	0,013	0,00	0,01	1,50	0,00	0,02	1,50	76	150	276	276	0,000	0,0045	3,544	0,005	275,1	275,0	0,67234	0,037	3,6	1,7	3,4
40 a 42	41,80	SIM	PVC	0,013	3,00	3,02	3,02	3,00	3,03	3,03	105	150	276	276	0,000	0,0033	2,215	0,003	275,1	275,0	0,67234	0,037	3,6	1,2	2,4
41 a 42	25,40	SIM	PVC	0,013	0,00	0,01	1,50	0,00	0,02	1,50	76	150	276	276	0,000	0,0045	3,544	0,005	275,1	275,0	0,67234	0,037	3,6	1,7	2,2
42 a 44	22,00	SIM	PVC	0,013	4,52	4,53	4,53	4,53	4,54	4,54	127	150	276	276	0,000	0,0027	1,688	0,003	275,1	275,0	0,67234	0,037	3,6	1,0	2,3
43 a 44	24,60	SIM	PVC	0,013	0,00	0,01	1,50	0,00	0,01	1,50	76	150	276	276	0,000	0,0045	3,544	0,005	275,1	275,0	0,67234	0,037	3,6	1,7	2,2
44 a 46	25,30	SIM	PVC	0,013	6,03	6,05	6,05	6,04	6,05	6,05	145	150	276	276	0,000	0,0024	1,392	0,002	275,1	275,0	0,67234	0,037	3,6	1,2	3,4
45 a 46	37,30	SIM	PVC	0,013	0,00	0,02	1,50	0,00	0,02	1,50	76	150	276	276	0,000	0,0045	3,544	0,005	275,1	274,9	0,67234	0,037	3,6	1,7	2,2
46 a 49	69,40	SIM	PVC	0,013	10,65	10,69	10,69	10,67	10,71	10,71	128	150	276	275	0,014	0,0018	0,949	0,014	275,1	274,1	0,67234	0,037	3,6	1,7	2,3
47 a 49	37,90	SIM	PVC	0,013	0,00	0,02	1,50	0,00	0,02	1,50	55	150	276	275	0,026	0,0045	3,544	0,026	275,1	274,1	0,67234	0,037	3,6	1,7	2,2
48 a 49	48,50	SIM	PVC	0,013	0,00	0,03	1,50	0,00	0,03	1,50	76	150	275	275	0,000	0,0045	3,544	0,005	274,1	273,9	0,67234	0,037	3,6	1,7	2,2
49 a 50	18,20	SIM	PVC	0,013	13,69	13,70	13,70	13,71	13,73	13,73	109	150	275	274	0,055	0,0016	0,804	0,055	274,1	273,1	0,67234	0,037	3,6	1,5	3,4
50 a 51	17,10	NÃO	PVC	0,013	13,70	13,71	13,71	13,73	13,74	13,74	211	250	274	274	0,000	0,0016	0,804	0,002	272,9	272,9	1,86761	0,062	4,7	1,0	2,2
51 a 53	31,90	NÃO	PVC	0,013	13,71	13,72	13,72	13,74	13,76	13,76	212	250	274	274	0,000	0,0016	0,803	0,002	272,9	272,8	1,86761	0,062	4,7	1,0	2,5
52 a 53	30,90	NÃO	PVC	0,013	0,00	0,02	1,50	0,00	0,02	1,50	76	150	274	274	0,000	0,0045	3,544	0,005	272,9	272,8	0,67234	0,037	3,6	1,7	2,2
53 a e	60,30	NÃO	PVC	0,013	15,22	15,26	15,26	15,26	15,29	15,29	222	250	274	274	0,000	0,0015	0,748	0,002	272,9	272,8	1,86761	0,062	4,7	1,0	2,2
54 a 55	48,80	SIM	PVC	0,013	0,00	0,03	1,50	0,00	0,03	1,50	76	150	277	277	0,000	0,0045	3,544	0,005	276,1	275,9	0,67234	0,037	3,6	1,7	2,2
55 a 57	95,10	SIM	PVC	0,013	1,50	1,55	1,55	1,50	1,56	1,56	66	150	277	276	0,011	0,0045	3,456	0,011	276,1	275,1	0,67234	0,037	3,6	1,7	2,3
56 a 57	46,10	SIM	PVC	0,013	0,00	0,02	1,50	0,00	0,03	1,50	76	150	276	276	0,000	0,0045	3,544	0,005	275,1	274,9	0,67234	0,037	3,6	1,7	2,2
57 a 59	87,70	SIM	PVC	0,013	3,05	3,10	3,10	3,06	3,06	3,06	83	150	276	275	0,011	0,0032	2,199	0,011	275,1	274,1	0,67234	0,037	3,6	1,2	2,3
58 a 59	48,20	SIM	PVC	0,013	0,00	0,03	1,50	0,00	0,03	1,50	57	150	276	275	0,021	0,0045	3,544	0,021	275,1	274,1	0,67234	0,037	3,6	1,7	3,4
59 a 65	40,50	SIM	PVC	0,013	4,60	4,62	4,62	4,56	0,02	1,50	84	150	275	275	0,000	0,0027	3,544	0,003	274,1	274,0	0,67234	0,037	3,6	1,0	2,5
60 a 62	32,50	SIM	PVC	0,013	0,00	0,02	1,50	0,00	0,02	1,50	76	150	277	277	0,000	0,0045	3,544	0,005	276,1	276,0	0,67234	0,037	3,6	1,7	2,2
61 a 62	22,40	SIM	PVC	0,013	0,00	0,01	1,50	0,00	0,01	1,50	76	150	277	277	0,000	0,0045	3,544	0,005	276,1	276,0	0,67234	0,037	3,6	1,7	3,4
62 a 64	97,50	SIM	PVC	0,013	3,00	3,05	3,05	3,00	3,06	3,06	85	150	277	276	0,010	0,0033	2,199	0,010	276,1	275,1	0,67234	0,037	3,6	1,2	2,4
63 a 64	35,20	SIM	PVC	0,013	0,00	0,02	1,50	0,00	0,02	1,50	76	150	276	276	0,000	0,0045	3,544	0,005	275,1	274,9	0,67234	0,037	3,6	1,7	2,2
64 a 65	89,60	SIM	PVC	0,013	4,55	4,60	4,60	4,56	4,61	4,61	128	150	276	276	0,000	0,0027	1,670	0,003	275,1	274,9	0,67234	0,037	3,6	1,0	2,2
65 a 67	64,30	SIM	PVC	0,013	9,22	9,25	9,25	6,11	6,15	6,15	102	150	275	274	0,016	0,0019	1,377	0,016	274,1	273,1	0,67234	0,037	3,6	1,6	2,4
66 a 67	85,80	SIM	PVC	0,013	0,00	0,05	1,50	0,00	0,05	1,50	64	150	275	274	0,012	0,0045	3,544	0,012	274,1	273,1	0,67234	0,037	3,6	1,7	2,2

APÊNDICE A – Planilha de dimensionamento das redes de esgoto (continuação).

Trecho	Extensão (m)	Rua Pavimentada?	Material	Coef. De Maning	Vazão de início de plano (l/s)			Vazão de fim de plano (l/s)			Diâmetro (mm)		Cota do terreno (m)		Inclinações (m/m)				Cota coletor (m)		Parâmetros hidráulicos		Velocidade crítica (m/s)	Tensão tratativa (Pa)	Vf (m/s)
					Montante	Jusante	Jusante adotada	Montante	Jusante	Jusante adotada	Mínimo	Adotado (mm)	Montante	Jusante	Terreno	Mínima	Máxima	Adotada	Montante	Jusante	A (m²)	Rh			
67 a 68	52,80	SIM	PVC	0,013	10,75	10,78	10,78	7,65	7,68	7,68	166	250	274	274	0,000	0,0018	1,186	0,002	273,1	273,0	1,86761	0,062	4,7	1,1	4,1
68 a 74	34,90	SIM	PVC	0,013	10,78	10,80	10,80	7,68	7,70	7,70	167	250	274	274	0,000	0,0018	1,184	0,002	273,1	273,0	1,86761	0,062	4,7	1,1	2,2
69 a 70	48,80	SIM	PVC	0,013	0,00	0,03	1,50	0,00	0,03	1,50	57	150	278	277	0,020	0,0045	3,544	0,020	277,1	276,1	0,67234	0,037	3,6	1,7	2,2
70 a 71	99,10	SIM	PVC	0,013	1,50	1,55	1,55	1,50	1,56	1,56	66	150	277	276	0,010	0,0045	3,453	0,010	276,1	275,1	0,67234	0,037	3,6	1,7	2,4
71 a 72	99,00	SIM	PVC	0,013	1,55	1,60	1,60	1,56	1,62	1,62	78	150	276	276	0,000	0,0044	3,367	0,004	275,1	274,7	0,67234	0,037	3,6	1,6	2,4
72 a 73	57,30	SIM	PVC	0,013	1,60	1,63	1,63	1,62	1,65	1,65	61	150	276	275	0,017	0,0044	3,320	0,017	275,1	274,1	0,67234	0,037	3,6	1,6	2,3
73 a 74	57,30	NÃO	PVC	0,013	1,63	1,66	1,66	1,65	1,69	1,69	62	150	275	274	0,017	0,0043	3,275	0,017	273,9	272,9	0,67234	0,037	3,6	1,6	3,4
74 a d	74,80	NÃO	PVC	0,013	12,46	12,50	12,50	9,39	9,44	12,61	203	250	274	274	0,000	0,0017	0,851	0,002	272,9	272,8	1,86761	0,062	4,7	1,0	2,5
75 a 76	69,90	SIM	PVC	0,013	0,00	0,04	1,50	0,00	0,04	1,50	54	150	279	277	0,029	0,0045	3,544	0,029	278,1	276,1	0,67234	0,037	3,6	1,7	2,2
76 a 78	94,80	SIM	PVC	0,013	1,50	1,55	1,55	1,50	1,56	1,56	77	150	277	277	0,000	0,0045	3,457	0,004	276,1	275,7	0,67234	0,037	3,6	1,7	3,4
77 a 78	59,30	SIM	PVC	0,013	0,00	0,03	1,50	0,00	0,04	1,50	59	150	278	277	0,017	0,0045	3,544	0,017	277,1	276,1	0,67234	0,037	3,6	1,7	2,4
78 a 80	92,90	SIM	PVC	0,013	3,05	3,10	3,10	3,06	3,11	3,11	85	150	277	276	0,011	0,0032	2,173	0,011	276,1	275,1	0,67234	0,037	3,6	1,2	2,2
79 a 80	58,50	SIM	PVC	0,013	0,00	0,03	1,50	0,00	0,04	1,50	76	150	276	276	0,000	0,0045	3,544	0,005	275,1	274,8	0,67234	0,037	3,6	1,7	2,2
80 a 85	41,10	SIM	PVC	0,013	4,60	4,62	4,62	4,61	4,64	4,64	128	150	276	276	0,000	0,0027	1,664	0,003	275,1	275,0	0,67234	0,037	3,6	1,0	3,4
81 a 82	20,60	SIM	PVC	0,013	0,00	0,01	1,50	0,00	0,01	1,50	49	150	277	276	0,049	0,0045	3,544	0,049	276,1	275,1	0,67234	0,037	3,6	1,7	2,2
82 a 84	97,60	SIM	PVC	0,013	1,50	1,55	1,55	1,50	1,56	1,56	77	150	276	276	0,000	0,0045	3,454	0,004	275,1	274,7	0,67234	0,037	3,6	1,7	3,4
83 a 84	24,50	SIM	PVC	0,013	0,00	0,01	1,50	0,00	0,01	1,50	50	150	277	276	0,041	0,0045	3,544	0,041	276,1	275,1	0,67234	0,037	3,6	1,7	2,2
84 a 85	91,00	SIM	PVC	0,013	3,05	3,10	3,10	3,06	3,11	3,11	106	150	276	276	0,000	0,0032	2,173	0,003	275,1	274,8	0,67234	0,037	3,6	1,2	2,6
85 a 86	48,80	SIM	PVC	0,013	7,72	7,75	7,75	7,75	7,78	7,78	106	150	276	275	0,020	0,0021	1,176	0,020	275,1	274,1	0,67234	0,037	3,6	1,0	3,4
86 a 89	13,10	SIM	PVC	0,013	7,75	7,75	7,75	7,78	7,79	7,79	163	200	275	275	0,000	0,0021	1,175	0,002	274,1	274,1	1,19527	0,050	4,2	1,0	3,4
87 a 88	50,70	SIM	PVC	0,013	0,00	0,03	1,50	0,00	0,03	1,50	76	150	276	276	0,000	0,0045	3,544	0,005	275,1	274,9	0,67234	0,037	3,6	1,7	2,3
88 a 89	50,50	SIM	PVC	0,013	1,50	1,53	1,53	1,50	1,53	1,53	77	150	276	276	0,000	0,0045	3,497	0,005	275,1	274,9	0,67234	0,037	3,6	1,7	3,4
89 a 91	54,80	SIM	PVC	0,013	9,28	9,31	9,31	9,32	9,35	9,35	177	200	276	276	0,000	0,0019	1,040	0,002	275,1	275,0	1,19527	0,050	4,2	1,0	2,5
90 a 91	68,50	SIM	PVC	0,013	0,00	0,04	1,50	0,00	0,04	1,50	76	150	276	276	0,000	0,0045	3,544	0,005	275,1	274,8	0,67234	0,037	3,6	1,7	2,2
91 a c	69,10	SIM	PVC	0,013	10,81	10,84	10,84	10,85	10,89	10,89	128	150	276	275	0,014	0,0018	0,939	0,014	275,1	274,1	0,67234	0,037	3,6	1,5	3,4
92 a 93	46,60	SIM	PVC	0,013	0,00	0,02	1,50	0,00	0,03	1,50	57	150	280	279	0,021	0,0045	3,544	0,021	279,1	278,1	0,67234	0,037	3,6	1,7	2,4

APÊNDICE A – Planilha de dimensionamento das redes de esgoto (continuação).

Trecho	Extensão (m)	Rua Pavimentada?	Material	Coef. De Maning	Vazão de início de plano (l/s)			Vazão de fim de plano (l/s)			Diâmetro (mm)		Cota do terreno (m)		Inclinações (m/m)				Cota coletor (m)		Parâmetros hidráulicos		Velocidade crítica (m/s)	Tensão tratativa (Pa)	Vf (m/s)
					Montante	Jusante	Jusante adotada	Montante	Jusante	Jusante adotada	Mínimo	Adotado (mm)	Montante	Jusante	Terreno	Mínima	Máxima	Adotada	Montante	Jusante	A (m²)	Rh			
93 a 95	97,60	SIM	PVC	0,013	1,50	1,55	1,55	1,50	1,56	1,56	66	150	279	278	0,010	0,0045	3,454	0,010	278,1	277,1	0,67234	0,037	3,6	1,7	2,2
94 a 95	79,90	SIM	PVC	0,013	0,00	0,04	1,50	0,00	0,05	1,50	76	150	278	278	0,000	0,0045	3,544	0,005	277,1	276,7	0,67234	0,037	3,6	1,7	2,3
95 a 97	91,10	SIM	PVC	0,013	3,05	3,10	3,10	3,06	3,11	3,11	69	150	278	275	0,033	0,0032	2,173	0,033	277,1	274,1	0,67234	0,037	3,6	1,2	2,3
96 a 97	43,70	SIM	PVC	0,013	0,00	0,02	1,50	0,00	0,03	1,50	49	150	277	275	0,046	0,0045	3,544	0,046	276,1	274,1	0,67234	0,037	3,6	1,7	3,4
97 a 103	60,90	SIM	PVC	0,013	4,60	4,63	4,63	4,61	4,65	4,65	80	150	277	275	0,033	0,0027	1,661	0,033	276,1	274,1	0,67234	0,037	3,6	1,0	2,4
98 a 100	73,70	SIM	PVC	0,013	0,00	0,04	1,50	0,00	0,04	1,50	54	150	279	277	0,027	0,0045	3,544	0,027	278,1	276,1	0,67234	0,037	3,6	1,7	2,3
99 a 100	47,30	SIM	PVC	0,013	0,00	0,02	1,50	0,00	0,03	1,50	76	150	277	277	0,000	0,0045	3,544	0,005	276,1	275,9	0,67234	0,037	3,6	1,7	2,2
100 a 102	58,90	SIM	PVC	0,013	3,00	3,03	3,03	3,00	3,04	3,04	105	150	277	277	0,000	0,0033	2,210	0,003	276,1	275,9	0,67234	0,037	3,6	1,2	2,4
101 a 102	96,20	SIM	PVC	0,013	0,00	0,05	1,50	0,00	0,06	1,50	57	150	279	277	0,021	0,0045	3,544	0,021	278,1	276,1	0,67234	0,037	3,6	1,7	3,4
102 a 103	48,50	SIM	PVC	0,013	4,53	4,56	4,56	4,54	4,56	4,56	127	150	277	277	0,000	0,0027	1,681	0,003	276,1	276,0	0,67234	0,037	3,6	1,0	2,2
103 a 104	58,70	SIM	PVC	0,013	9,19	9,22	9,22	9,21	9,25	9,25	117	150	277	276	0,017	0,0019	1,048	0,017	276,1	275,1	0,67234	0,037	3,6	1,7	2,5
104 a b	58,90	SIM	PVC	0,013	9,22	9,25	9,25	9,25	9,28	9,28	117	150	276	275	0,017	0,0019	1,045	0,017	275,1	274,1	0,67234	0,037	3,6	1,6	2,5
105 a 106	83,40	NÃO	PVC	0,013	0,00	0,04	1,50	0,00	0,05	1,50	76	150	284	284	0,000	0,0045	3,544	0,005	282,9	282,5	0,67234	0,037	3,6	1,7	2,2
106 a 108	48,20	NÃO	PVC	0,013	1,50	1,53	1,53	1,50	1,53	1,53	76	150	284	284	0,000	0,0045	3,499	0,005	282,9	282,7	0,67234	0,037	3,6	1,7	2,4
107 a 108	81,60	NÃO	PVC	0,013	0,00	0,04	1,50	0,00	0,05	1,50	63	150	284	283	0,012	0,0045	3,544	0,012	282,9	281,9	0,67234	0,037	3,6	1,7	2,2
108 a 110	51,90	NÃO	PVC	0,013	3,03	3,05	3,05	3,03	3,06	3,06	105	150	283	283	0,000	0,0033	2,198	0,003	281,9	281,7	0,67234	0,037	3,6	1,2	2,2
109 a 110	85,00	NÃO	PVC	0,013	0,00	0,04	1,50	0,00	0,05	1,50	63	150	285	284	0,012	0,0045	3,544	0,012	283,9	282,9	0,67234	0,037	3,6	1,7	2,3
110 a 112	48,60	NÃO	PVC	0,013	3,10	3,12	3,12	4,56	4,59	4,59	123	150	284	284	0,000	0,0032	1,675	0,003	282,9	282,7	0,67234	0,037	3,6	1,2	3,4
111 a 112	83,20	NÃO	PVC	0,013	0,00	0,04	1,50	0,00	0,05	1,50	76	150	284	284	0,000	0,0045	3,544	0,005	282,9	282,5	0,67234	0,037	3,6	1,7	2,5
112 a 114	50,90	NÃO	PVC	0,013	4,62	4,65	4,65	6,09	6,12	6,12	98	150	284	283	0,020	0,0027	1,381	0,020	282,9	281,9	0,67234	0,037	3,6	1,0	2,2
113 a 114	84,30	NÃO	PVC	0,013	0,00	0,04	1,50	0,00	0,05	1,50	76	150	283	283	0,000	0,0045	3,544	0,005	281,9	281,5	0,67234	0,037	3,6	1,7	3,4
114 a 116	47,80	NÃO	PVC	0,013	6,15	6,17	6,17	7,62	7,65	7,65	105	150	283	282	0,021	0,0023	1,190	0,021	281,9	280,9	0,67234	0,037	3,6	1,6	2,4
115 a 116	80,30	NÃO	PVC	0,013	0,00	0,04	1,50	0,00	0,05	1,50	63	150	283	282	0,012	0,0045	3,544	0,012	281,9	280,9	0,67234	0,037	3,6	1,7	2,2
116 a 117	52,20	NÃO	PVC	0,013	7,67	7,70	7,70	9,15	9,18	9,18	114	150	282	281	0,019	0,0021	1,053	0,019	280,9	279,9	0,67234	0,037	3,6	1,5	2,5
117 a 118	29,10	NÃO	PVC	0,013	7,70	7,72	7,72	9,18	9,20	9,20	173	200	281	281	0,000	0,0021	1,051	0,002	279,9	279,8	1,19527	0,050	4,2	1,0	2,2
118 a 121	21,70	NÃO	PVC	0,013	7,72	7,73	7,73	9,20	9,21	9,21	173	200	281	281	0,000	0,0021	1,050	0,002	279,9	279,9	1,19527	0,050	4,2	1,0	2,3
119 a 120	65,80	NÃO	PVC	0,013	0,00	0,03	1,50	0,00	0,04	1,50	76	150	281	281	0,000	0,0045	3,544	0,005	279,9	279,6	0,67234	0,037	3,6	1,7	2,2
120 a 121	65,80	NÃO	PVC	0,013	1,50	1,53	1,53	1,50	1,54	1,54	77	150	281	281	0,000	0,0045	3,483	0,004	279,9	279,6	0,67234	0,037	3,6	1,7	2,2

APÊNDICE A – Planilha de dimensionamento das redes de esgoto (continuação).

Trecho	Extensão (m)	Rua Pavimentada?	Material	Coef. De Maning	Vazão de início de plano (l/s)			Vazão de fim de plano (l/s)			Diâmetro (mm)		Cota do terreno (m)		Inclinações (m/m)				Cota coletor (m)		Parâmetros hidráulicos		Velocidade crítica (m/s)	Tensão trativa (Pa)	Vf (m/s)
					Montante	Jusante	Jusante adotada	Montante	Jusante	Jusante adotada	Mínimo	Adotado (mm)	Montante	Jusante	Terreno	Mínima	Máxima	Adotada	Montante	Jusante	A (m²)	Rh			
121 a 123	56,60	NÃO	PVC	0,013	9,26	9,29	9,29	10,75	10,78	10,78	123	150	281	280	0,018	0,0019	0,945	0,018	279,9	278,9	0,67234	0,037	3,6	1,3	2,5
122 a 123	42,10	NÃO	PVC	0,013	0,00	0,02	1,50	0,00	0,03	1,50	56	150	281	280	0,024	0,0045	3,544	0,024	279,9	278,9	0,67234	0,037	3,6	1,7	2,4
123 a 135	95,10	NÃO	PVC	0,013	10,79	10,84	10,84	12,28	12,34	12,34	116	150	280	277	0,032	0,0018	0,863	0,032	278,9	275,9	0,67234	0,037	3,6	1,2	2,3
124 a 125	82,20	NÃO	PVC	0,013	0,00	0,04	1,50	0,00	0,05	1,50	76	150	283	283	0,000	0,0045	3,544	0,005	281,9	281,5	0,67234	0,037	3,6	1,7	2,3
125 a 127	51,70	NÃO	PVC	0,013	1,50	1,53	1,53	1,50	1,53	1,53	77	150	283	283	0,000	0,0045	3,496	0,005	281,9	281,7	0,67234	0,037	3,6	1,7	3,4
126 a 127	95,90	NÃO	PVC	0,013	0,00	0,05	1,50	0,00	0,06	1,50	76	150	283	283	0,000	0,0045	3,544	0,005	281,9	281,5	0,67234	0,037	3,6	1,7	2,5
127 a 128	23,20	NÃO	PVC	0,013	3,03	3,04	3,04	3,03	3,04	3,04	65	150	283	282	0,043	0,0033	2,205	0,043	281,9	280,9	0,67234	0,037	3,6	1,2	2,2
128 a 129	97,50	SIM	PVC	0,013	3,04	3,09	3,09	3,04	3,10	3,10	75	150	282	280	0,021	0,0032	2,177	0,021	281,1	279,1	0,67234	0,037	3,6	1,2	3,4
129 a 134	70,50	SIM	PVC	0,013	3,09	3,13	3,13	3,10	3,15	3,15	81	150	280	279	0,014	0,0032	2,158	0,014	279,1	278,1	0,67234	0,037	3,6	1,2	2,4
130 a 131	57,40	NÃO	PVC	0,013	0,00	0,03	1,50	0,00	0,03	1,50	59	150	282	281	0,017	0,0045	3,544	0,017	280,9	279,9	0,67234	0,037	3,6	1,7	2,2
131 a 133	40,70	NÃO	PVC	0,013	1,50	1,52	1,52	1,50	1,52	1,52	56	150	281	280	0,025	0,0045	3,506	0,025	279,9	278,9	0,67234	0,037	3,6	1,7	2,3
132 a 133	53,80	NÃO	PVC	0,013	0,00	0,03	1,50	0,00	0,03	1,50	58	150	281	280	0,019	0,0045	3,544	0,019	279,9	278,9	0,67234	0,037	3,6	1,7	3,4
133 a 134	53,50	NÃO	PVC	0,013	1,55	1,58	1,58	3,02	3,06	3,06	76	150	280	279	0,019	0,0044	2,200	0,019	278,9	277,9	0,67234	0,037	3,6	1,7	3,4
134 a 135	47,50	NÃO	PVC	0,013	4,71	4,73	4,73	6,20	6,23	6,23	85	150	279	277	0,042	0,0026	1,365	0,042	277,9	275,9	0,67234	0,037	3,6	1,0	3,4
135 a 136	75,10	NÃO	PVC	0,013	15,57	15,61	15,61	6,23	6,28	6,28	159	200	277	277	0,000	0,0015	1,358	0,002	275,9	275,8	1,19527	0,050	4,2	1,2	2,4
136 a 137	75,10	NÃO	PVC	0,013	15,61	15,65	15,65	6,28	6,32	6,32	160	200	277	277	0,000	0,0015	1,352	0,002	275,9	275,8	1,19527	0,050	4,2	1,7	2,6
137 a 138	81,50	NÃO	PVC	0,013	15,65	15,70	15,70	6,32	6,37	6,37	108	150	277	276	0,012	0,0015	1,345	0,012	275,9	274,9	0,67234	0,037	3,6	1,5	2,4
138 a a	81,50	NÃO	PVC	0,013	15,70	15,74	15,74	6,37	6,42	6,42	161	200	276	276	0,000	0,0015	1,338	0,002	274,9	274,8	1,19527	0,050	4,2	1,2	2,3

APÊNDICE A – Planilha de dimensionamento das redes de esgoto (continuação).

Trecho	Extensão (m)	Rua Pavimentada?	Material	Coef. De Manning	Vazão de início de plano (l/s)			Vazão de fim de plano (l/s)			Diâmetro (mm)		Cota do terreno (m)		Inclinações (m/m)				Cota coletor (m)		Parâmetros hidráulicos		Velocidade crítica (m/s)	Tensão trativa (Pa)	Vf (m/s)	
					Montante	Jusante	Jusante adotada	Montante	Jusante	Jusante adotada	Mínimo	Adotado (mm)	Montante	Jusante	Terreno	Mínima	Máxima	Adotada	Montante	Jusante	A (m²)	Rh				
BACIA DO RIACHO TAQUARÍ																										
139 a 140	55,30	SIM	PVC	0,013	0,00	0,03	1,50	0,00	0,03	1,50	76	150	283	283	0,000	0,0045	3,544	0,005	282,1	281,8	0,67234	0,037	3,6	1,7	2,3	
140 a 141	55,30	SIM	PVC	0,013	1,50	1,53	1,53	1,50	1,53	1,53	77	150	283	283	0,000	0,0045	3,492	0,005	282,1	281,9	0,67234	0,037	3,6	1,7	3,4	
141 a 144	41,70	SIM	PVC	0,013	1,53	1,55	1,55	1,53	1,56	1,56	56	150	283	282	0,024	0,0045	3,455	0,024	282,1	281,1	0,67234	0,037	3,6	1,7	2,5	
142 a 143	55,40	SIM	PVC	0,013	0,00	0,03	1,50	0,00	0,03	1,50	76	150	283	283	0,000	0,0045	3,544	0,005	282,1	281,8	0,67234	0,037	3,6	1,7	2,2	
143 a 144	55,40	SIM	PVC	0,013	1,50	1,53	1,53	1,50	1,53	1,53	77	150	283	283	0,000	0,0045	3,492	0,005	282,1	281,9	0,67234	0,037	3,6	1,7	3,4	
144 a 145	23,70	SIM	PVC	0,013	3,08	3,09	3,09	3,09	3,11	3,11	66	150	283	282	0,042	0,0032	2,176	0,042	282,1	281,1	0,67234	0,037	3,6	1,2	2,4	
145 a 148	42,60	SIM	PVC	0,013	3,09	3,11	3,11	3,11	3,13	3,13	73	150	282	281	0,023	0,0032	2,164	0,023	281,1	280,1	0,67234	0,037	3,6	1,2	2,2	
146 a 147	67,20	SIM	PVC	0,013	0,00	0,04	1,50	0,00	0,04	1,50	76	150	283	283	0,000	0,0045	3,544	0,005	282,1	281,8	0,67234	0,037	3,6	1,7	2,3	
147 a 148	67,00	SIM	PVC	0,013	1,50	1,54	1,54	1,50	1,54	1,54	61	150	283	282	0,015	0,0045	3,482	0,015	282,1	281,1	0,67234	0,037	3,6	1,7	2,3	
148 a 151	50,10	SIM	PVC	0,013	4,61	4,64	4,64	4,67	4,70	4,70	88	150	281	280	0,020	0,0027	1,648	0,020	280,1	279,1	0,67234	0,037	3,6	1,0	3,4	
149 a 150	67,70	NÃO	PVC	0,013	0,00	0,04	1,50	0,00	0,04	1,50	61	150	282	281	0,015	0,0045	3,544	0,015	280,9	279,9	0,67234	0,037	3,6	1,7	2,2	
150 a 151	68,20	SIM	PVC	0,013	1,50	1,54	1,54	1,50	1,54	1,54	61	150	281	280	0,015	0,0045	3,480	0,015	280,1	279,1	0,67234	0,037	3,6	1,7	2,3	
151 a 152	69,90	SIM	PVC	0,013	6,14	6,18	6,18	6,24	6,28	6,28	105	150	280	279	0,014	0,0023	1,357	0,014	279,1	278,1	0,67234	0,037	3,6	1,2	2,5	
152 a 153	70,00	SIM	PVC	0,013	6,18	6,21	6,21	6,28	6,33	6,33	92	150	279	277	0,029	0,0023	1,351	0,029	278,1	276,1	0,67234	0,037	3,6	1,7	2,2	
153 a 154	99,00	NÃO	PVC	0,013	6,21	6,27	6,27	6,33	6,39	6,39	112	150	277	276	0,010	0,0023	1,343	0,010	275,9	274,9	0,67234	0,037	3,6	1,7	3,4	
154 a j	96,50	NÃO	PVC	0,013	6,27	6,32	6,32	6,39	6,44	6,44	149	150	276	276	0,000	0,0023	1,335	0,002	274,9	274,7	0,67234	0,037	3,6	1,5	2,2	
155 a 157	66,80	SIM	PVC	0,013	0,00	0,04	1,50	0,00	0,04	1,50	76	150	284	284	0,000	0,0045	3,544	0,005	283,1	282,8	0,67234	0,037	3,6	1,7	2,5	
156 a 157	51,70	SIM	PVC	0,013	0,00	0,03	1,50	0,00	0,03	1,50	76	150	284	284	0,000	0,0045	3,544	0,005	283,1	282,9	0,67234	0,037	3,6	1,7	2,2	
157 a 159	52,10	SIM	PVC	0,013	3,00	3,03	3,03	3,00	3,03	3,03	105	150	284	284	0,000	0,0033	2,212	0,003	283,1	282,9	0,67234	0,037	3,6	1,2	2,3	
158 a 159	53,60	SIM	PVC	0,013	0,00	0,03	1,50	0,00	0,03	1,50	76	150	284	284	0,000	0,0045	3,544	0,005	283,1	282,9	0,67234	0,037	3,6	1,7	2,2	
159 a 161	20,40	SIM	PVC	0,013	4,53	4,54	4,54	4,53	4,54	4,54	74	150	284	283	0,049	0,0027	1,687	0,049	283,1	282,1	0,67234	0,037	3,6	1,0	3,4	
160 a 161	52,30	SIM	PVC	0,013	0,00	0,03	1,50	0,00	0,03	1,50	76	150	283	283	0,000	0,0045	3,544	0,005	282,1	281,9	0,67234	0,037	3,6	1,7	2,2	
161 a 163	17,00	SIM	PVC	0,013	6,04	6,05	6,05	6,04	6,05	6,05	145	150	283	283	0,000	0,0024	1,392	0,002	282,1	282,1	0,67234	0,037	3,6	1,0	2,3	
162 a 163	36,80	SIM	PVC	0,013	0,00	0,02	1,50	0,00	0,02	1,50	76	150	283	283	0,000	0,0045	3,544	0,005	282,1	281,9	0,67234	0,037	3,6	1,7	3,4	
163 a 165	81,20	SIM	PVC	0,013	7,55	7,59	7,59	7,55	7,60	7,60	102	150	283	281	0,025	0,0021	1,195	0,025	282,1	280,1	0,67234	0,037	3,6	1,0	2,5	
164 a 165	85,30	SIM	PVC	0,013	0,00	0,04	1,50	0,00	0,05	1,50	63	150	282	281	0,012	0,0045	3,544	0,012	281,1	280,1	0,67234	0,037	3,6	1,7	2,2	
165 a 167	43,00	SIM	PVC	0,013	9,09	9,11	9,11	9,10	9,13	9,13	175	200	281	281	0,000	0,0019	1,057	0,002	280,1	280,0	1,19527	0,050	4,2	1,0	3,4	
166 a 167	89,90	SIM	PVC	0,013	0,00	0,05	1,50	0,00	0,05	1,50	76	150	281	281	0,000	0,0045	3,544	0,005	280,1	279,7	0,67234	0,037	3,6	1,7	2,4	
167 a 169	47,50	SIM	PVC	0,013	10,61	10,64	10,64	10,63	10,63	10,63	119	150	281	280	0,021	0,0018	0,954	0,021	280,1	279,1	0,67234	0,037	3,6	1,3	2,2	
168 a 169	86,10	SIM	PVC	0,013	0,00	0,05	1,50	0,00	0,05	1,50	76	150	280	280	0,000	0,0045	3,544	0,005	279,1	278,7	0,67234	0,037	3,6	1,7	2,2	
169 a 170	93,30	NÃO	PVC	0,013	12,14	12,19	12,19	12,13	12,18	12,18	124	150	280	278	0,021	0,0017	0,871	0,021	278,9	276,9	0,67234	0,037	3,6	1,6	2,2	
170 a 171	98,00	NÃO	PVC	0,013	12,19	12,24	12,24	12,18	12,24	12,24	126	150	278	276	0,020	0,0017	0,868	0,020	276,9	274,9	0,67234	0,037	3,6	1,6	2,5	
171 a 172	86,60	NÃO	PVC	0,013	12,24	12,28	12,28	12,24	12,29	12,29	201	200	276	276	0,000	0,0017	0,866	0,002	274,9	274,8	1,19527	0,050	4,2	1,6	3,4	
172 a 173	80,50	NÃO	PVC	0,013	12,28	12,33	12,33	12,29	12,34	12,34	201	200	276	276	0,000	0,0017	0,863	0,002	274,9	274,8	1,19527	0,050	4,2	1,7	2,2	
173 a k	56,10	NÃO	PVC	0,013	12,33	12,36	12,36	12,34	12,38	12,38	201	200	275	275	0,000	0,0017	0,862	0,002	273,9	273,8	1,19527	0,050	4,2	1,0	2,3	
174 a 176	99,00	SIM	PVC	0,013	0,00	0,05	1,50	0,00	0,06	1,50	65	150	281	280	0,010	0,0045	3,544	0,010	280,1	279,1	0,67234	0,037	3,6	1,7	2,4	

APÊNDICE A – Planilha de dimensionamento das redes de esgoto (continuação).

Trecho	Extensão (m)	Rua Pavimentada?	Material	Coef. De Maning	Vazão de início de plano (l/s)			Vazão de fim de plano (l/s)			Diâmetro (mm)		Cota do terreno (m)		Inclinações (m/m)				Cota coletor (m)		Parâmetros hidráulicos		Velocidade crítica (m/s)	Tensão tratativa (Pa)	Vf (m/s)
					Montante	Jusante	Jusante adotada	Montante	Jusante	Jusante adotada	Mínimo	Adotado (mm)	Montante	Jusante	Terreno	Mínima	Máxima	Adotada	Montante	Jusante	A (m²)	Rh			
175 a 176	53,70	SIM	PVC	0,013	0,00	0,03	1,50	0,00	0,03	1,50	58	150	281	280	0,019	0,0045	3,544	0,019	280,1	279,1	0,67234	0,037	3,6	1,7	2,2
176 a 180	50,30	SIM	PVC	0,013	3,00	3,03	3,03	3,00	3,03	3,03	75	150	280	279	0,020	0,0033	2,212	0,020	279,1	278,1	0,67234	0,037	3,6	1,2	2,3
177 a 178	49,60	SIM	PVC	0,013	0,00	0,03	1,50	0,00	0,03	1,50	76	150	279	279	0,000	0,0045	3,544	0,005	278,1	277,9	0,67234	0,037	3,6	1,7	3,4
178 a 180	33,70	SIM	PVC	0,013	1,50	1,52	1,52	1,50	1,52	1,52	76	150	279	279	0,000	0,0045	3,512	0,005	278,1	277,9	0,67234	0,037	3,6	1,7	2,5
179 a 180	48,30	SIM	PVC	0,013	0,00	0,03	1,50	0,00	0,03	1,50	76	150	279	279	0,000	0,0045	3,544	0,005	278,1	277,9	0,67234	0,037	3,6	1,7	2,2
180 a 186	37,60	SIM	PVC	0,013	6,04	6,06	6,06	6,05	6,07	6,07	145	150	279	279	0,000	0,0024	1,389	0,002	278,1	278,0	0,67234	0,037	3,6	1,0	3,4
181 a 182	51,80	SIM	PVC	0,013	0,00	0,03	1,50	0,00	0,03	1,50	58	150	280	279	0,019	0,0045	3,544	0,019	279,1	278,1	0,67234	0,037	3,6	1,7	2,4
182 a 185	45,30	SIM	PVC	0,013	1,50	1,52	1,52	1,50	1,53	1,53	76	150	279	279	0,000	0,0045	3,501	0,005	278,1	277,9	0,67234	0,037	3,6	1,7	2,2
183 a 185	44,20	SIM	PVC	0,013	0,00	0,02	1,50	0,00	0,03	1,50	76	150	279	279	0,000	0,0045	3,544	0,005	278,1	277,9	0,67234	0,037	3,6	1,7	2,2
184 a 185	30,60	SIM	PVC	0,013	0,00	0,02	1,50	0,00	0,02	1,50	76	150	279	279	0,000	0,0045	3,544	0,005	278,1	278,0	0,67234	0,037	3,6	1,7	3,4
185 a 186	52,00	SIM	PVC	0,013	4,52	4,55	4,55	4,53	4,56	4,56	127	150	279	279	0,000	0,0027	1,683	0,003	278,1	278,0	0,67234	0,037	3,6	1,0	2,2
186 a 187	20,70	SIM	PVC	0,013	10,62	10,63	10,63	10,63	10,63	10,63	188	200	279	279	0,000	0,0018	0,954	0,002	278,1	278,1	1,19527	0,050	4,2	1,0	3,4
187 a 188	97,10	SIM	PVC	0,013	10,63	10,68	10,68	10,63	10,69	10,69	136	150	279	278	0,010	0,0018	0,951	0,010	278,1	277,1	0,67234	0,037	3,6	1,0	3,4
188 a 189	94,70	NÃO	PVC	0,013	10,68	10,73	10,73	10,69	10,75	10,75	135	150	278	277	0,011	0,0018	0,947	0,011	276,9	275,9	0,67234	0,037	3,6	1,0	2,6
189 a 190	82,50	NÃO	PVC	0,013	10,73	10,77	10,77	10,75	10,80	10,80	116	150	277	275	0,024	0,0018	0,944	0,024	275,9	273,9	0,67234	0,037	3,6	1,2	3,4
190 a 191	99,00	NÃO	PVC	0,013	10,77	10,82	10,82	10,80	10,86	10,86	190	200	275	275	0,000	0,0018	0,941	0,002	273,9	273,7	1,19527	0,050	4,2	1,2	3,4
191 a 192	94,70	NÃO	PVC	0,013	10,82	10,87	10,87	10,86	10,91	10,91	136	150	275	274	0,011	0,0018	0,938	0,011	273,9	272,9	0,67234	0,037	3,6	1,7	2,3
192 a l	47,20	NÃO	PVC	0,013	10,87	10,90	10,90	10,91	10,94	10,94	190	200	274	274	0,000	0,0018	0,936	0,002	272,9	272,8	1,19527	0,050	4,2	1,7	3,4
193 a 196	77,40	SIM	PVC	0,013	0,00	0,04	1,50	0,00	0,05	1,50	76	150	277	277	0,000	0,0045	3,544	0,005	276,1	275,7	0,67234	0,037	3,6	1,7	2,5
194 a 195	25,80	SIM	PVC	0,013	0,00	0,01	1,50	0,00	0,02	1,50	51	150	279	278	0,039	0,0045	3,544	0,039	278,1	277,1	0,67234	0,037	3,6	1,7	2,2
195 a 196	28,40	SIM	PVC	0,013	1,50	1,51	1,51	1,50	1,52	1,52	52	150	278	277	0,035	0,0045	3,517	0,035	277,1	276,1	0,67234	0,037	3,6	1,7	3,4
196 a 197	63,50	SIM	PVC	0,013	3,01	3,05	3,05	3,02	3,06	3,06	105	150	277	277	0,000	0,0033	2,200	0,003	276,1	275,9	0,67234	0,037	3,6	1,2	2,4
197 a 199	63,50	SIM	PVC	0,013	3,05	3,08	3,08	3,06	3,09	3,09	106	150	277	277	0,000	0,0032	2,182	0,003	276,1	275,9	0,67234	0,037	3,6	1,2	2,2
198 a 199	33,80	SIM	PVC	0,013	0,00	0,02	1,50	0,00	0,02	1,50	76	150	277	277	0,000	0,0045	3,544	0,005	276,1	275,9	0,67234	0,037	3,6	1,7	2,3
199 a 202	17,90	SIM	PVC	0,013	4,58	4,59	4,59	4,59	4,60	4,60	127	150	277	277	0,000	0,0027	1,672	0,003	276,1	276,1	0,67234	0,037	3,6	1,0	2,4
200 a 201	99,00	SIM	PVC	0,013	0,00	0,05	1,50	0,00	0,06	1,50	76	150	277	277	0,000	0,0045	3,544	0,005	276,1	275,6	0,67234	0,037	3,6	1,7	3,4
201 a 202	98,00	SIM	PVC	0,013	1,50	1,55	1,55	1,50	1,56	1,56	77	150	277	277	0,000	0,0045	3,454	0,004	276,1	275,7	0,67234	0,037	3,6	1,7	2,3
202 a 203	99,00	SIM	PVC	0,013	6,14	6,19	6,19	6,16	6,22	6,22	98	150	277	275	0,020	0,0023	1,366	0,020	276,1	274,1	0,67234	0,037	3,6	1,7	2,3
203 a 204	94,60	NÃO	PVC	0,013	6,19	6,24	6,24	6,22	6,28	6,28	97	150	275	273	0,021	0,0023	1,358	0,021	273,9	271,9	0,67234	0,037	3,6	1,7	2,3
204 a 205	99,30	NÃO	PVC	0,013	6,24	6,30	6,30	6,28	6,34	6,34	148	150	273	273	0,000	0,0023	1,349	0,002	271,9	271,7	0,67234	0,037	3,6	1,0	2,2
205 a 206	94,10	NÃO	PVC	0,013	6,30	6,35	6,35	6,34	6,39	6,39	148	150	273	273	0,000	0,0023	1,341	0,002	271,9	271,7	0,67234	0,037	3,6	1,0	3,4
206 a m	63,70	NÃO	PVC	0,013	6,35	6,38	6,38	6,39	6,43	6,43	104	150	273	272	0,016	0,0023	1,336	0,016	271,9	270,9	0,67234	0,037	3,6	1,0	2,2
207 a 208	100,00	SIM	PVC	0,013	0,00	0,05	1,50	0,00	0,06	1,50	76	150	277	277	0,000	0,0045	3,544	0,005	276,1	275,6	0,67234	0,037	3,6	1,7	2,5
208 a 210	100,00	SIM	PVC	0,013	1,50	1,55	1,55	1,50	1,56	1,56	51	150	279	275	0,040	0,0045	3,452	0,040	278,1	274,1	0,67234	0,037	3,6	1,7	2,3
209 a 210	50,50	SIM	PVC	0,013	0,00	0,03	1,50	0,00	0,03	1,50	51	150	277	275	0,040	0,0045	3,544	0,040	276,1	274,1	0,67234	0,037	3,6	1,7	2,2
210 a 211	85,10	SIM	PVC	0,013	3,05	3,10	3,10	3,06	3,11	3,11	106	150	275	275	0,000	0,0032	2,174	0,003	274,1	273,8	0,67234	0,037	3,6	1,2	2,5

APÊNDICE A – Planilha de dimensionamento das redes de esgoto (continuação).

Trecho	Extensão (m)	Rua Pavimentada?	Material	Coef. De Maning	Vazão de início de plano (l/s)			Vazão de fim de plano (l/s)			Diâmetro (mm)		Cota do terreno (m)		Inclinações (m/m)				Cota coletor (m)		Parâmetros hidráulicos		Velocidade crítica (m/s)	Tensão trativa (Pa)	Vf (m/s)
					Montante	Jusante	Jusante adotada	Montante	Jusante	Jusante adotada	Mínimo	Adotado (mm)	Montante	Jusante	Terreno	Mínima	Máxima	Adotada	Montante	Jusante	A (m²)	Rh			
211 a 212	96,60	NÃO	PVC	0,013	3,10	3,15	3,15	3,11	3,17	3,17	66	150	275	271	0,041	0,0032	2,147	0,041	273,9	269,9	0,67234	0,037	3,6	1,2	2,5
212 a 213	87,40	NÃO	PVC	0,013	3,15	3,19	3,19	3,17	3,22	3,22	108	150	271	271	0,000	0,0032	2,124	0,003	269,9	269,6	0,67234	0,037	3,6	1,2	2,2
213 a 214	91,50	NÃO	PVC	0,013	3,19	3,24	3,24	3,22	3,28	3,28	109	150	271	271	0,000	0,0032	2,100	0,003	269,9	269,6	0,67234	0,037	3,6	1,2	2,3
214 a n	95,60	NÃO	PVC	0,013	3,24	3,29	3,29	3,28	3,33	3,33	88	150	271	270	0,010	0,0031	2,075	0,010	269,9	268,9	0,67234	0,037	3,6	1,2	3,4
215 a 216	97,00	SIM	PVC	0,013	0,00	0,05	1,50	0,00	0,06	1,50	76	150	277	277	0,000	0,0045	3,544	0,005	276,1	275,7	0,67234	0,037	3,6	1,7	2,5
216 a 218	97,00	SIM	PVC	0,013	1,50	1,55	1,55	1,50	1,56	1,56	66	150	277	276	0,010	0,0045	3,455	0,010	276,1	275,1	0,67234	0,037	3,6	1,7	2,2
217 a 218	31,90	SIM	PVC	0,013	0,00	0,02	1,50	0,00	0,02	1,50	76	150	276	276	0,000	0,0045	3,544	0,005	275,1	275,0	0,67234	0,037	3,6	1,7	3,4
218 a 219	99,40	NÃO	PVC	0,013	3,05	3,10	3,10	3,06	3,12	3,12	75	150	276	274	0,020	0,0032	2,171	0,020	274,9	272,9	0,67234	0,037	3,6	1,2	2,4
219 a 220	98,50	NÃO	PVC	0,013	3,10	3,16	3,16	3,12	3,18	3,18	67	150	274	270	0,041	0,0032	2,143	0,041	272,9	268,9	0,67234	0,037	3,6	1,2	2,2
220 a 221	99,30	NÃO	PVC	0,013	3,16	3,21	3,21	3,18	3,24	3,24	108	150	270	270	0,000	0,0032	2,117	0,003	268,9	268,6	0,67234	0,037	3,6	1,2	2,2
221 a 222	95,00	NÃO	PVC	0,013	3,21	3,26	3,26	3,24	3,29	3,29	87	150	270	269	0,011	0,0032	2,092	0,011	268,9	267,9	0,67234	0,037	3,6	1,2	3,4
222 a o	91,40	NÃO	PVC	0,013	3,26	3,30	3,30	3,29	3,35	3,35	110	150	269	269	0,000	0,0031	2,069	0,003	267,9	267,6	0,67234	0,037	3,6	1,2	3,4
223 a 224	88,60	SIM	PVC	0,013	0,00	0,05	1,50	0,00	0,05	1,50	76	150	278	278	0,000	0,0045	3,544	0,005	277,1	276,7	0,67234	0,037	3,6	1,7	2,2
224 a 227	88,60	SIM	PVC	0,013	1,50	1,55	1,55	1,50	1,55	1,55	53	150	278	275	0,034	0,0045	3,462	0,034	277,1	274,1	0,67234	0,037	3,6	1,7	2,2
225 a 227	19,50	SIM	PVC	0,013	0,00	0,01	1,50	0,00	0,01	1,50	48	150	276	275	0,051	0,0045	3,544	0,051	275,1	274,1	0,67234	0,037	3,6	1,7	2,2
226 a 227	36,20	SIM	PVC	0,013	0,00	0,02	1,50	0,00	0,02	1,50	76	150	275	275	0,000	0,0045	3,544	0,005	274,1	273,9	0,67234	0,037	3,6	1,7	2,4
227 a 228	100,00	SIM	PVC	0,013	4,55	4,60	4,60	4,55	4,61	4,61	100	150	275	274	0,010	0,0027	1,669	0,010	274,1	273,1	0,67234	0,037	3,6	1,0	2,5
228 a 229	99,00	SIM	PVC	0,013	4,60	4,65	4,65	4,61	4,67	4,67	77	150	274	270	0,040	0,0027	1,655	0,040	273,1	269,1	0,67234	0,037	3,6	1,0	2,3
229 a 230	99,30	NÃO	PVC	0,013	4,65	4,70	4,70	4,67	4,73	4,73	101	150	270	269	0,010	0,0027	1,641	0,010	268,9	267,9	0,67234	0,037	3,6	1,0	3,4
230 a 231	95,00	NÃO	PVC	0,013	4,70	4,75	4,75	4,73	4,79	4,79	130	150	269	269	0,000	0,0026	1,628	0,003	267,9	267,6	0,67234	0,037	3,6	1,0	2,5
231 a p	96,00	NÃO	PVC	0,013	4,75	4,80	4,80	4,79	4,85	4,85	130	150	269	269	0,000	0,0026	1,615	0,003	267,9	267,6	0,67234	0,037	3,6	1,0	2,2
232 a 233	86,60	SIM	PVC	0,013	0,00	0,05	1,50	0,00	0,05	1,50	64	150	279	278	0,012	0,0045	3,544	0,012	278,1	277,1	0,67234	0,037	3,6	1,7	3,4
233 a 234	86,60	SIM	PVC	0,013	1,50	1,55	1,55	1,50	1,55	1,55	52	150	278	275	0,035	0,0045	3,464	0,035	277,1	274,1	0,67234	0,037	3,6	1,7	2,4
234 a 237	26,60	SIM	PVC	0,013	1,55	1,56	1,56	1,55	1,57	1,57	77	150	275	275	0,000	0,0045	3,440	0,004	274,1	274,0	0,67234	0,037	3,6	1,7	2,2
235 a 236	90,70	SIM	PVC	0,013	0,00	0,05	1,50	0,00	0,05	1,50	76	150	278	278	0,000	0,0045	3,544	0,005	277,1	276,7	0,67234	0,037	3,6	1,7	2,2
236 a 237	90,70	SIM	PVC	0,013	1,50	1,55	1,55	1,50	1,55	1,55	53	150	278	275	0,033	0,0045	3,460	0,033	277,1	274,1	0,67234	0,037	3,6	1,7	3,4
237 a 238	100,00	SIM	PVC	0,013	3,11	3,16	3,16	3,12	3,18	3,18	87	150	275	274	0,010	0,0032	2,141	0,010	274,1	273,1	0,67234	0,037	3,6	1,2	3,4
238 a 239	96,20	SIM	PVC	0,013	3,16	3,21	3,21	3,18	3,24	3,24	67	150	274	270	0,042	0,0032	2,115	0,042	273,1	269,1	0,67234	0,037	3,6	1,2	3,4
239 a 240	92,40	SIM	PVC	0,013	3,21	3,26	3,26	3,24	3,30	3,30	76	150	270	268	0,022	0,0032	2,091	0,022	269,1	267,1	0,67234	0,037	3,6	1,2	2,2
240 a 241	100,00	NÃO	PVC	0,013	3,26	3,31	3,31	3,30	3,36	3,36	110	150	268	268	0,000	0,0031	2,066	0,003	266,9	266,6	0,67234	0,037	3,6	1,2	2,6
241 a q	100,00	NÃO	PVC	0,013	3,31	3,36	3,36	3,36	3,42	3,42	89	150	268	267	0,010	0,0031	2,042	0,010	266,9	265,9	0,67234	0,037	3,6	1,2	2,2
242 a 243	61,60	SIM	PVC	0,013	0,00	0,03	1,50	0,00	0,04	1,50	60	150	279	278	0,016	0,0045	3,544	0,016	278,1	277,1	0,67234	0,037	3,6	1,7	2,2
243 a 244	61,70	SIM	PVC	0,013	1,50	1,53	1,53	1,50	1,54	1,54	49	150	278	275	0,049	0,0045	3,486	0,049	277,1	274,1	0,67234	0,037	3,6	1,7	2,3
244 a 245	23,90	SIM	PVC	0,013	1,53	1,51	1,51	1,54	1,55	1,55	77	150	275	275	0,000	0,0045	3,465	0,005	274,1	274,0	0,67234	0,037	3,6	1,7	3,4
245 a 246	100,00	SIM	PVC	0,013	1,51	1,57	1,57	1,55	1,61	1,61	67	150	275	274	0,010	0,0045	3,378	0,010	274,1	273,1	0,67234	0,037	3,6	1,7	2,5
246 a 247	92,30	NÃO	PVC	0,013	1,57	1,61	1,61	1,61	1,67	1,67	55	150	275	272	0,033	0,0044	3,302	0,033	273,9	270,9	0,67234	0,037	3,6	1,6	2,2

APÊNDICE A – Planilha de dimensionamento das redes de esgoto (continuação).

Trecho	Extensão (m)	Rua Pavimentada?	Material	Coef. De Maning	Vazão de início de plano (l/s)			Vazão de fim de plano (l/s)			Diâmetro (mm)		Cota do terreno (m)		Inclinações (m/m)				Cota coletor (m)		Parâmetros hidráulicos		Velocidade crítica (m/s)	Tensão tratativa (Pa)	Vf (m/s)
					Montante	Jusante	Jusante adotada	Montante	Jusante	Jusante adotada	Mínimo	Adotado (mm)	Montante	Jusante	Terreno	Mínima	Máxima	Adotada	Montante	Jusante	A (m²)	Rh			
247 a 248	93,30	NÃO	PVC	0,013	1,61	1,66	1,66	1,67	1,72	1,72	52	150	272	268	0,043	0,0043	3,230	0,043	270,9	266,9	0,67234	0,037	3,6	1,6	3,4
248 a 249	95,00	NÃO	PVC	0,013	1,66	1,71	1,71	1,72	1,78	1,78	82	150	268	268	0,000	0,0043	3,160	0,004	266,9	266,5	0,67234	0,037	3,6	1,6	2,4
249 a r	82,10	NÃO	PVC	0,013	1,71	1,76	1,76	1,78	1,83	1,83	83	150	268	268	0,000	0,0042	3,103	0,004	266,9	266,6	0,67234	0,037	3,6	1,6	2,2
250 a 252	74,00	SIM	PVC	0,013	0,00	0,04	1,50	0,00	0,04	1,50	62	150	284	283	0,014	0,0045	3,544	0,014	283,1	282,1	0,67234	0,037	3,6	1,7	2,3
251 a 252	26,90	SIM	PVC	0,013	0,00	0,01	1,50	0,00	0,02	1,50	51	150	283	282	0,037	0,0045	3,544	0,037	282,1	281,1	0,67234	0,037	3,6	1,7	2,2
252 a 254	57,40	SIM	PVC	0,013	3,00	3,03	3,03	3,00	3,03	3,03	77	150	282	281	0,017	0,0033	2,210	0,017	281,1	280,1	0,67234	0,037	3,6	1,2	3,4
253 a 254	79,10	SIM	PVC	0,013	0,00	0,04	1,50	0,00	0,05	1,50	63	150	281	280	0,013	0,0045	3,544	0,013	280,1	279,1	0,67234	0,037	3,6	1,7	2,2
254 a 257	91,30	SIM	PVC	0,013	4,53	4,58	4,58	4,53	4,59	4,59	86	150	280	278	0,022	0,0027	1,675	0,022	279,1	277,1	0,67234	0,037	3,6	1,0	2,3
255 a 256	33,80	SIM	PVC	0,013	0,00	0,02	1,50	0,00	0,02	1,50	53	150	281	280	0,030	0,0045	3,544	0,030	280,1	279,1	0,67234	0,037	3,6	1,7	2,2
256 a 257	23,60	SIM	PVC	0,013	1,50	1,51	1,51	1,50	1,51	1,51	50	150	280	279	0,042	0,0045	3,522	0,042	279,1	278,1	0,67234	0,037	3,6	1,7	2,3
257 a 258	49,80	SIM	PVC	0,013	6,09	6,12	6,12	6,10	6,13	6,13	79	150	278	275	0,060	0,0023	1,379	0,060	277,1	274,1	0,67234	0,037	3,6	1,0	3,4
258 a 259	100,00	SIM	PVC	0,013	6,12	6,17	6,17	6,13	6,19	6,19	146	150	275	275	0,000	0,0023	1,370	0,002	274,1	273,9	0,67234	0,037	3,6	1,0	2,2
259 a 260	92,40	SIM	PVC	0,013	6,17	6,22	6,22	6,19	6,25	6,25	97	150	275	273	0,022	0,0023	1,362	0,022	274,1	272,1	0,67234	0,037	3,6	1,0	2,5
260 a 261	99,30	NÃO	PVC	0,013	6,22	6,27	6,27	6,25	6,31	6,31	83	150	273	268	0,050	0,0023	1,354	0,050	271,9	266,9	0,67234	0,037	3,6	1,0	2,5
261 a 262	95,00	NÃO	PVC	0,013	6,27	6,32	6,32	6,31	6,37	6,37	148	150	268	268	0,000	0,0023	1,346	0,002	266,9	266,7	0,67234	0,037	3,6	1,7	2,3
262 a X	71,60	NÃO	PVC	0,013	6,32	6,36	6,36	6,37	6,41	6,41	106	150	268	267	0,014	0,0023	1,339	0,014	266,9	265,9	0,67234	0,037	3,6	1,7	2,2
263 a 264	82,10	NÃO	PVC	0,013	0,00	0,04	1,50	0,00	0,05	1,50	76	150	285	285	0,000	0,0045	3,544	0,005	283,9	283,5	0,67234	0,037	3,6	1,7	2,2
264 a 266	26,60	NÃO	PVC	0,013	1,50	1,51	1,51	1,50	1,52	1,52	76	150	285	285	0,000	0,0045	3,519	0,005	283,9	283,8	0,67234	0,037	3,6	1,7	2,3
265 a 266	29,90	NÃO	PVC	0,013	0,00	0,02	1,50	0,00	0,02	1,50	76	150	285	285	0,000	0,0045	3,544	0,005	283,9	283,8	0,67234	0,037	3,6	1,7	2,3
266 a 267	32,30	NÃO	PVC	0,013	1,50	1,52	1,52	3,02	3,04	3,04	61	150	285	283	0,062	0,0045	2,210	0,062	283,9	281,9	0,67234	0,037	3,6	1,7	3,4
267 a 268	37,30	NÃO	PVC	0,013	1,52	1,54	1,54	3,04	3,06	3,06	62	150	283	281	0,054	0,0045	2,199	0,054	281,9	279,9	0,67234	0,037	3,6	1,7	2,5
268 a 269	99,10	NÃO	PVC	0,013	1,54	1,59	1,59	3,06	3,12	3,12	64	150	281	276	0,050	0,0044	2,171	0,050	279,9	274,9	0,67234	0,037	3,6	1,7	2,2
269 a 270	82,00	NÃO	PVC	0,013	1,59	1,63	1,63	3,12	3,17	3,17	73	150	276	274	0,024	0,0044	2,148	0,024	274,9	272,9	0,67234	0,037	3,6	1,6	3,4
270 a 271	96,60	NÃO	PVC	0,013	1,63	1,68	1,68	3,17	3,22	3,22	76	150	274	272	0,021	0,0043	2,122	0,021	272,9	270,9	0,67234	0,037	3,6	1,6	2,4
271 a 272	87,70	NÃO	PVC	0,013	1,68	1,73	1,73	3,22	3,28	3,28	103	150	272	272	0,000	0,0043	2,099	0,004	270,9	270,5	0,67234	0,037	3,6	1,6	2,2

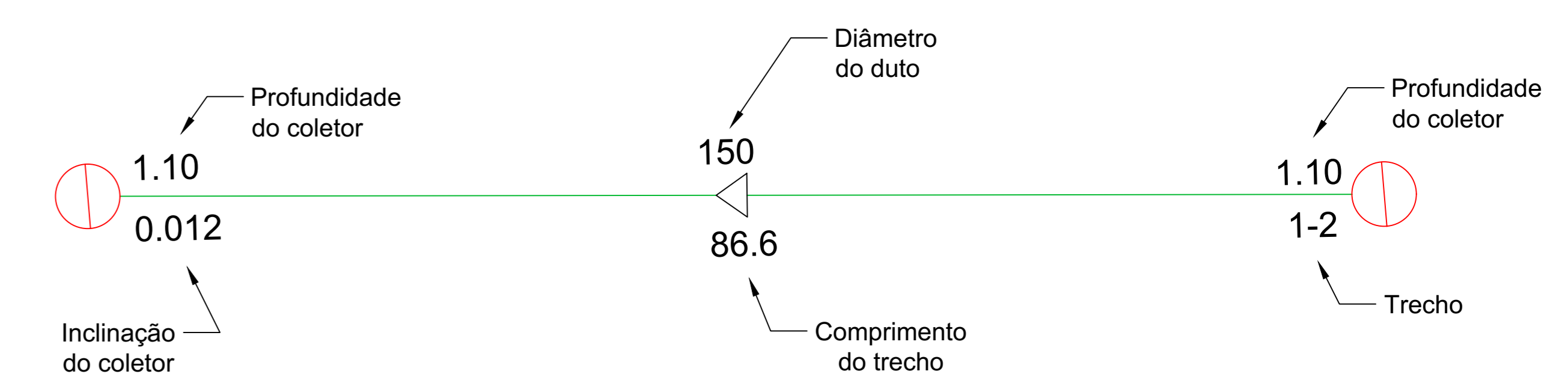
APÊNDICE B – Planilha de dimensionamento dos interceptores.

Trecho	Extensão (m)	Vazões (l/s)		Diâmetro (mm)		Cota do terreno (m)		Inclinações (m/m)				Cota coletor (m)		Parâmetros hidráulicos		Velocidade crítica (m/s)	Tensão tratativa (Pa)	Vf (m/s)
		Início de plano (l/s)	Fim de plano (l/s)	Mínimo (Calculado)	Adotado	Montante	Jusante	Terreno	Mínima	Máxima	Adotada	Montante	Jusante	A (m²)	Rh			
BACIA DO RIACHO DO TAQUARÍ																		
a - b	161,3	15,74	15,76	173	500	278	277	0,006	0,0015	0,733	0,006	277,1	276,1	0,67234	0,037	3,63	1,7	2,31
b - c	155,1	24,99	25,04	204	500	277	276	0,006	0,0012	0,537	0,006	276,1	275,1	0,67234	0,037	3,63	1,7	2,35
c - d	91,2	35,83	35,94	241	500	276	275,5	0,005	0,0010	0,422	0,005	275,1	274,6	0,67234	0,037	3,63	1,7	2,23
d - e	45,4	48,33	48,55	193	500	275,5	274	0,033	0,0009	0,345	0,033	274,6	273,1	0,67234	0,037	3,63	1,2	2,21
e - f	55,1	63,59	63,84	431	500	274	274	0,000	0,0008	0,287	0,001	273,1	273,1	0,67234	0,037	3,63	1,2	2,32
f - g	72,3	71,30	71,58	273	500	274	273,2	0,011	0,0007	0,266	0,011	273,1	272,3	0,67234	0,037	3,63	1,2	2,12
g - h	68,4	77,53	77,85	259	500	273,2	272	0,018	0,0007	0,251	0,018	272,3	271,1	0,67234	0,037	3,63	1,2	3,51
h - i	244	80,88	81,25	481	500	272	272	0,000	0,0007	0,244	0,001	271,1	271,1	0,67234	0,037	3,63	1,2	3,20
BACIA DO RIACHO DA BARROQUINHA																		
j - k	54,1	6,32	6,44	149	500	279	279	0,000	0,0023	1,335	0,002	278,1	278,1	0,67234	0,037	3,63	1,2	3,55
k - l	55,1	18,67	18,82	161	500	279	278,3	0,013	0,0014	0,651	0,013	278,1	277,4	0,67234	0,037	3,63	1,2	2,29
l - m	41,5	29,57	29,76	162	500	278,3	277	0,031	0,0011	0,479	0,031	277,4	276,1	0,67234	0,037	3,63	1,7	3,36
m - n	57,9	35,95	36,19	214	500	277	276,4	0,010	0,0010	0,420	0,010	276,1	275,5	0,67234	0,037	3,63	1,7	3,63
n - o	35,3	39,24	39,53	172	500	276,4	275	0,040	0,0010	0,396	0,040	275,5	274,1	0,67234	0,037	3,63	1,7	2,34
o - p	27,8	42,54	42,88	358	500	275	275	0,000	0,0009	0,375	0,001	274,1	274,1	0,67234	0,037	3,63	1,7	2,23
p - q	36,8	47,35	47,72	202	500	275	274,1	0,024	0,0009	0,349	0,024	274,1	273,2	0,67234	0,037	3,63	1,2	3,25
q - r	51,4	50,71	51,14	213	500	274,1	273	0,021	0,0009	0,333	0,021	273,2	272,1	0,67234	0,037	3,63	1,7	2,23
r - s	37,4	52,47	52,97	221	500	273	272,3	0,019	0,0009	0,325	0,019	272,1	271,4	0,67234	0,037	3,63	1,0	2,63
s - t	99,3	58,83	59,38	325	500	272,3	272	0,003	0,0008	0,301	0,003	271,4	271,1	0,67234	0,037	3,63	1,7	2,23
t - u	250	60,60	62,70	205	500	272	272	0,040	0,0008	0,291	0,040	271,1	271,1	0,67234	0,037	3,63	1,0	2,85
u - x	210	60,60	62,70	214	500	279	278,3	0,000	0,001	0,396	0,031	269,9	269,9	0,67234	0,037	3,63	1,7	2,23
x - y	353	60,60	62,70	263	500	278,3	277	0,024	0,001	0,375	0,010	268,7	268,7	0,67234	0,037	3,63	1,7	2,63
y - z	230	60,60	62,70	205	500	277	276,4	0,021	0,001	0,349	0,040	267,5	267,5	0,67234	0,037	3,63	1,5	2,23



LEGENDA

- HIDROGRAFIA
- COLETORES
- INTERCEPTORES
- TERMINAL DE LIMPEZA
- ⊘ TUBO DE INSPEÇÃO E LIMPEZA
- ⊗ POÇO DE VISITA



**Universidade Federal
de Campina Grande**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Aluno: Cássio Renê Sousa dos Santos, Matrícula: 919110214
Orientadora: Rosinete Batista dos Santos Ribeiro

Local: Lagoa/PB

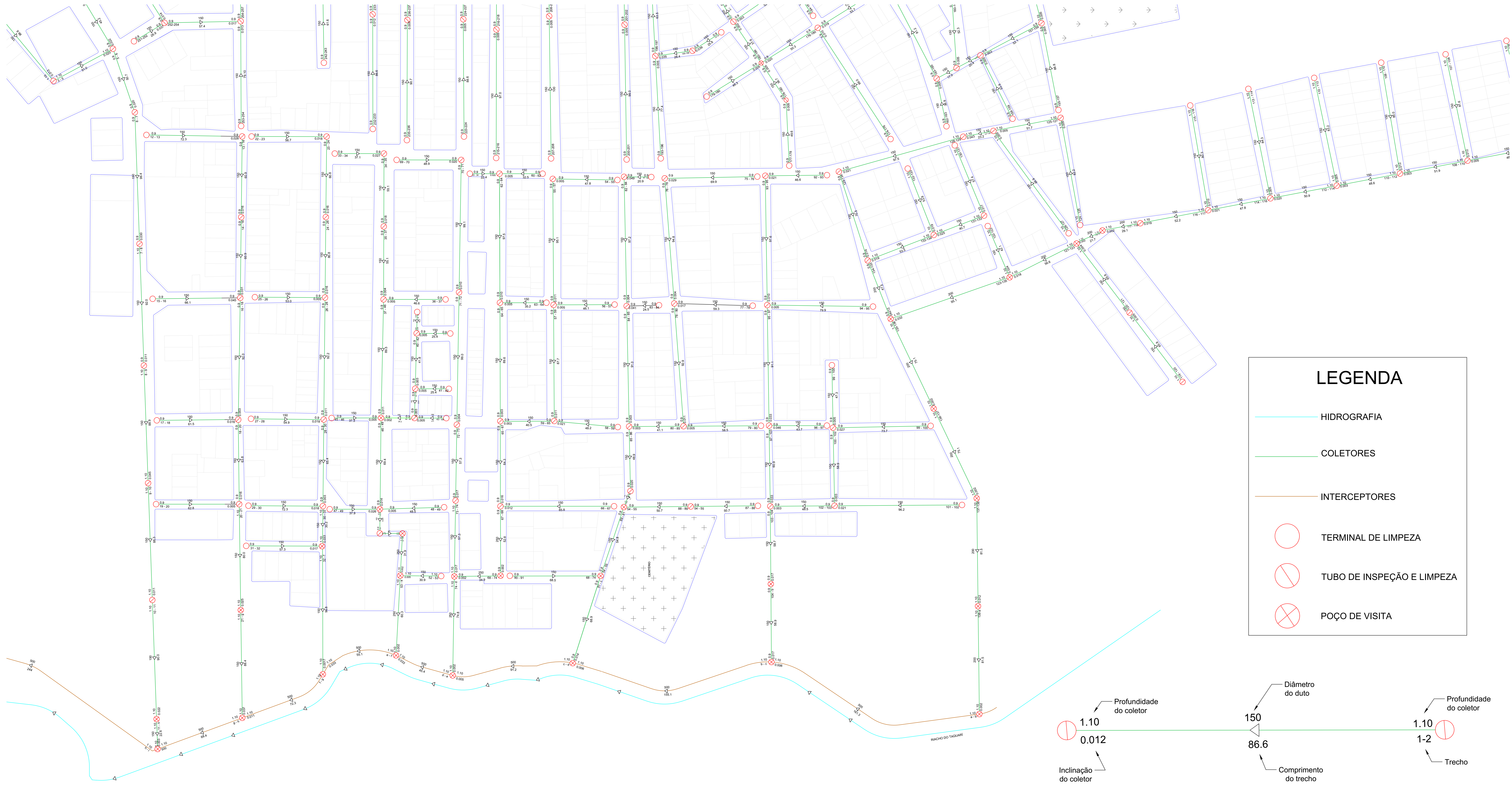
Projeto: Sistema de Esgotamento Sanitário da cidade de Lagoa-PB

APÊNDICE C: Rede coletora de esgoto completa

Escala: 1:2000

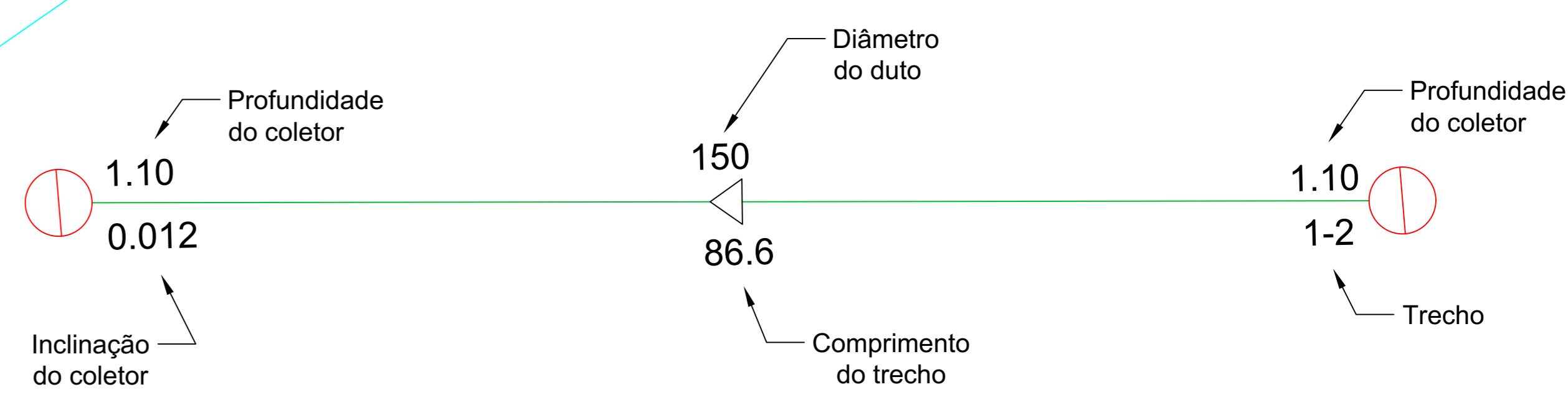
Data: Novembro de 2022

Prancha 01/03



LEGENDA

- HIDROGRAFIA
- COLETORES
- INTERCEPTORES
- TERMINAL DE LIMPEZA
- ⊗ TUBO DE INSPEÇÃO E LIMPEZA
- ⊗ POÇO DE VISITA



TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

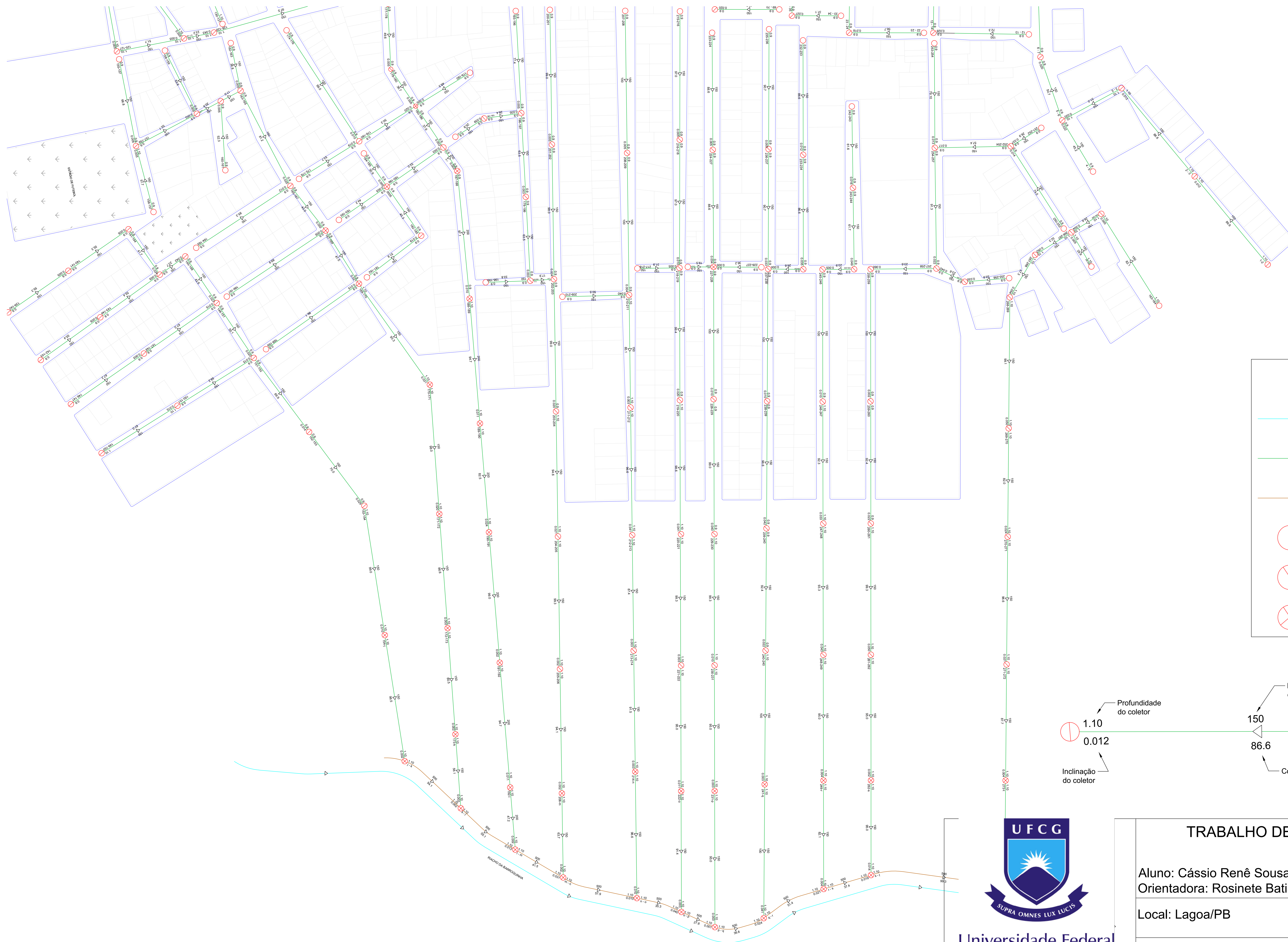
Aluno: Cássio Renê Sousa dos Santos, Matrícula: 919110214
Orientadora: Rosinete Batista dos Santos Ribeiro

Local: Lagoa/PB

Projeto: Sistema de Esgotamento Sanitário da cidade de Lagoa-PB

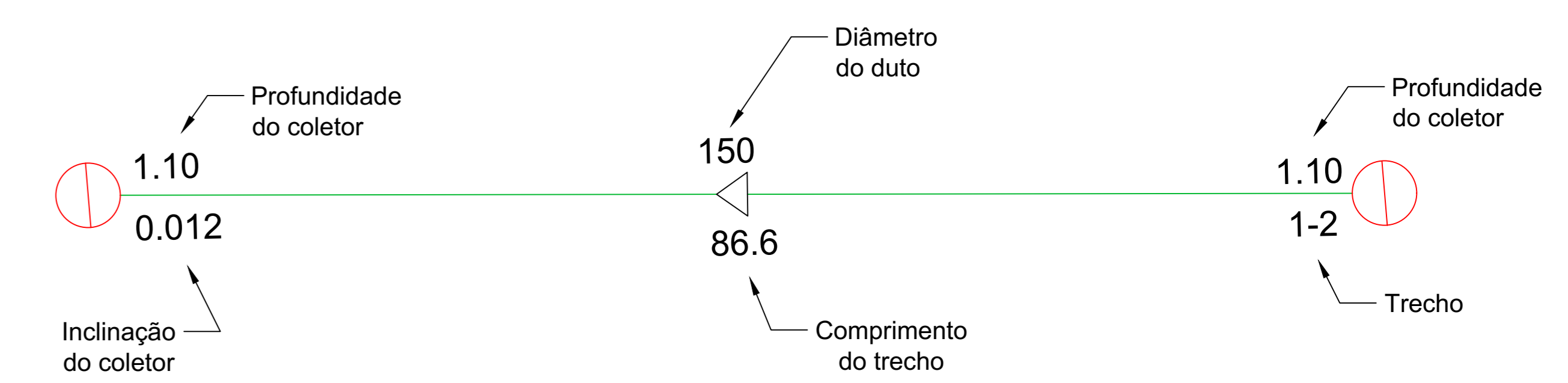
APÊNDICE D: Rede coletora de esgoto da Bacia do Taquari

Escala:	1:1000	Data:	Dezembro de 2022	Prancha:	02/03
---------	--------	-------	------------------	----------	-------



LEGENDA

- HIDROGRAFIA
- COLETORES
- INTERCEPTORES
- TERMINAL DE LIMPEZA
- ⊘ TUBO DE INSPEÇÃO E LIMPEZA
- ⊗ POÇO DE VISITA



Universidade Federal de Campina Grande

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Aluno: Cássio Renê Sousa dos Santos, Matrícula: 919110214
Orientadora: Rosinete Batista dos Santos Ribeiro

Local: Lagoa/PB

Projeto: Sistema de Esgotamento Sanitário da cidade de Lagoa-PB

APÊNDICE E: Rede coletora de esgoto da Baía da Barroquinha

Escala:	Data:	Prancha
1:1000	Dezembro de 2022	03/03

ANEXO A – Características de vazão das calhas Parshall padrão.

Calha Parshall nº	Largura da garganta b m	Equação da vazão ¹⁾ $Q = Ch_a^n$ m³/s	Intervalo de altura		Intervalo de vazão ²⁾		Limite modular σ_c (experimental)	Razão de submergência σ (recomendado)
			h_a m		Q $\times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$			
			min.	max.	min.	max.		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0,152	$0,381h_a^{1,580}$	0,03	0,45	1,5	100	0,55	0,6
2	0,25	$0,561h_a^{1,513}$	0,03	0,60	3,0	250		0,6
3	0,30	$0,679h_a^{1,521}$	0,03	0,75	3,5	400	0,62	0,6
4	0,45	$1,038h_a^{1,537}$	0,03	0,75	4,5	630	0,64	0,6
5	0,60	$1,403h_a^{1,548}$	0,05	0,75	12,5	850	0,66	0,6
6	0,75	$1,772h_a^{1,557}$	0,06	0,75	25,0	1100	0,67	0,6
7	0,90	$2,147h_a^{1,565}$	0,06	0,75	30,0	1250	0,68	0,6
8	1,00	$2,397h_a^{1,569}$	0,06	0,80	30,0	1500		0,7
9	1,20	$2,904h_a^{1,577}$	0,06	0,80	35,0	2000	0,70	0,7
10	1,50	$3,668h_a^{1,586}$	0,06	0,80	45,0	2500	0,72	0,7
11	1,80	$4,440h_a^{1,593}$	0,08	0,80	80,0	3000	0,74	0,7
12	2,10	$5,222h_a^{1,599}$	0,08	0,80	95,0	3600	0,76	0,7
13	2,40	$6,004h_a^{1,605}$	0,08	0,80	100,0	4000	0,78	0,7

¹⁾ $C = C_D b \times 3,279^n$
 onde
 C_D é o coeficiente de descarga;
 n é um expoente dependente de b ;
²⁾ Valores arredondados.

Fonte: NBR ISO 9826:2008.