

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO
TOCANTINS**

CAMPUS PALMAS

CURSO SUPERIOR DE ENGENHARIA CIVIL

RENAN CARVALHO MARQUES

**ANÁLISE DO TRATAMENTO INDIVIDUALIZADO DE EFLUENTES DOMÉSTICOS
EM APARECIDA DO RIO NEGRO – TO: Um estudo de caso**

PALMAS

2019

RENAN CARVALHO MARQUES

**ANÁLISE DO TRATAMENTO INDIVIDUALIZADO DE EFLUENTES DOMÉSTICOS
EM APARECIDA DO RIO NEGRO – TO: Um estudo de caso**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
como requisito parcial para obtenção do Título de
Engenheiro Civil do Curso Superior de Engenharia
Civil do Instituto Federal do Tocantins, *Campus*
Palmas.

Área de concentração: Saneamento Básico

Orientadora: Prof.^a Me. Adriana S. A. Monteiro

PALMAS

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Bibliotecas do Instituto Federal do Tocantins

M357a Marques, Renan Carvalho
ANÁLISE DO TRATAMENTO INDIVIDUALIZADO DE
EFLUENTES DOMÉSTICOS EM APARECIDA DO RIO NEGRO – TO
: Um estudo de caso / Renan Carvalho Marques. – Palmas, TO,
2019.
119 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia
Civil) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do
Tocantins, Campus Palmas, Palmas, TO, 2019.

Orientadora: M.^a Adriana Soraya Alexandria Monteiro

1. Extravasamento de fossa. 2. Descarte incorreto de esgoto
doméstico. 3. Análises físico-químicas e microbiológicas. I. Monteiro,
Adriana Soraya Alexandria. II. Título.

CDD 624

A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio deste documento é autorizado para fins
de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

**Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica do IFTO com os dados fornecidos
pelo(a) autor(a).**

FOLHA DE APROVAÇÃO

RENAN CARVALHO MARQUES

ANÁLISE DO TRATAMENTO INDIVIDUALIZADO DE EFLUENTES DOMÉSTICOS EM APARECIDA DO RIO NEGRO – TO: Um estudo de caso

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Coordenação do curso de Engenharia Civil do
Instituto Federal do Tocantins, *Campus* Palmas,
como exigência à obtenção do grau em Engenheiro
Civil.

Aprovado em: 02 / 12 / 2019

BANCA AVALIADORA

Adriana Soraya A. Monteiro

Prof.^a Me. Adriana S. A. Monteiro (Orientadora)

IFTO – *Campus* Palmas

Marcelo Mendes Pedroza

Prof. Dr. Marcelo Mendes Pedroza

IFTO – *Campus* Palmas

Alice Rocha de Souza

Prof.^a Dra. Alice Rocha de Souza

IFTO – *Campus* Palmas

*Dedico essa conquista àqueles que são
minha base: meus pais, Suzano Lino e
Luisa Pereira e meu irmão, Rhuan
Carvalho. Amo muito vocês!*

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, meu melhor amigo, protetor, companheiro e auxiliador. Obrigado por ter me permitido sonhar e conseguir realizar esse sonho que foi tão batalhado e de difícil trajetória. Se não fosse pelo Seu cuidado, refrigério e fortalecimento não teria alcançado essa realização profissional.

Aos meus pais, Suzano Lino e Luisa Pereira, pelo apoio incondicional durante todo o curso e pela educação recebida, contribuindo na minha formação como pessoa e como profissional, para que sempre possa atuar de maneira correta, humilde e responsável, além de instigar a preocupação com o outro e a importância dos estudos.

Ao meu irmãozinho Rhuan Carvalho pelo companheirismo durante toda a trajetória deste trabalho e pelos momentos de diversão e descontração, entre eles, assistir a filmes.

À minha orientadora Professora Me. Adriana Monteiro, pelo acompanhamento deste trabalho durante esses dez meses e que se tornou uma amiga. Obrigado pelo incentivo, risadas, apoio e aprendizado nesse período que, além de procurar impulsionar constantemente meu senso crítico, contribuiu no meu interesse pela área do saneamento básico.

Ao Professor Dr. Marcelo Mendes, membro da banca avaliadora, pelo apoio e acompanhamento durante a realização das análises de água, procurando da melhor maneira ensinar sobre a importância dos ensaios físico-químicos e microbiológicos, transmitindo ensinamentos valiosos.

À Professora Dra. Alice Rocha por aceitar o pedido de ser membro da banca avaliadora deste trabalho e pela contribuição ímpar na normatização do mesmo bem como na minha formação profissional relativa à preocupação com o meio ambiente.

À minha namorada Rebeca Vitória Coelho pela sua presença constante e por todo seu amor e carinho.

Às pessoas que me auxiliaram na coleta das amostras realizadas nos corpos hídricos do município: minha amiga, Kamylla Braga, meu colega de curso, Magno Freitas e meu primo, Luiz Arthur Maciel. À minha prima Ilsa Ferreira pela colaboração durante as visitas *in loco* na cidade.

À minha família que sempre me encorajou diante das dificuldades do curso e dessa dissertação e, que a todo momento, festejava minhas etapas conquistadas.

À minha cidade natal, Aparecida do Rio Negro, onde morei maior parte da minha vida. Local que aprendi a amar e depois a vivenciar seus problemas, o que possibilitou aplicar meus conhecimentos adquiridos no curso para criar soluções viáveis que possam saná-los.

Aos secretários municipais de saúde, obras e meio ambiente de Aparecida do Rio Negro: Sebastiana Luzia da Conceição Batista, Mario Vinicius Virginio Veloso e Paulo César Batista Tavares, respectivamente, pelos dados repassados para que este trabalho pudesse ser feito e ao presidente da AAS, João Carlos Tavares, pelas informações prestadas referentes ao saneamento do município.

Aos moradores que contribuíram na pesquisa referente aos seus sistemas de tratamentos individuais de esgoto doméstico.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins (IFTO), *Campus* Palmas, pela minha formação acadêmica, sempre procurando incentivar os alunos a pensar no futuro e a usar o conhecimento de maneira correta e ética.

Aos Laboratórios de Química e Biologia e de Análise Físico-química de Águas, do IFTO – *Campus* Palmas, pelo suporte técnico durante todos os ensaios para a realização deste presente trabalho.

Aos meus amigos de turma pelo companheirismo durante esses cinco anos de curso, onde vivemos grandes emoções e criamos laços fortes de amizades.

Aos queridos professores do curso do IFTO – *Campus* Palmas que conseguiram compartilhar todos os seus conhecimentos durante esses anos de curso.

Aos irmãos da Igreja Batista Shallom e principalmente das células, Amigos de Deus e Leão de Judá, pelas orações e palavras de apoio.

Aos colegas de curso Alessandro Moreira, Bruno Drumm, Celso Figueiredo, Fabrício Ribeiro e Gabriel Milhomem, que contribuíram na concepção do estudo da rede coletora de esgoto, parte importante na conclusão deste trabalho.

A todo vocês, o meu sincero obrigado!

“O que as pessoas não compreendem, não valorizam; o que elas não valorizam não protegem, e o que não protegem elas perdem.”

Charles Jordan

RESUMO

Saneamento básico é o conjunto de serviços que torna uma área salubre e habitável. Entretanto, o não atendimento e/ ou a distribuição desigual desses serviços interferem na qualidade de vida dos indivíduos e no meio ambiente. Dentre as atividades fornecidas pelo saneamento, é observado que em áreas com a precariedade de esgotamento sanitário, alternativas individuais como fossas sépticas e sumidouro são adotadas pela população. Assim, o objetivo deste trabalho é analisar o tratamento individualizado de efluentes domésticos em Aparecida do Rio Negro – TO que sofre anualmente com o descarte incorreto de águas cinzas e com os extravasamentos de fossas durante o período chuvoso. Para tanto, vários direcionamentos foram realizados: de entrevistas com os moradores e com autoridades municipais à análises físico-químicas e microbiológicas dos três corpos hídricos que margeiam a área urbana do município (rio Negro, grotas da Leozina e grotas Tia Florinda), além de registros fotográficos e mapeamentos dos locais de extravasamento e descarte para correlacioná-los a problemas ambientais e de saúde pública. Dessa maneira, observou-se que o alto nível do lençol freático da região é a causa dos extravasamentos anuais e que as fossas visitadas eram caracterizadas como fossas negras; ademais, havia os descartes de águas servidas oriundas da cozinha e da área de serviço diretamente no meio ambiente, com o intuito geralmente de minimizar o extravasamento das fossas e/ou por falta de informação do morador sobre os impactos dessa ação para ele próprio e o meio ambiente. Para os resultados das análises físico-químicas e microbiológicas foram usados como referência os limites estabelecidos pelo CONAMA 274/2000, CONAMA 357/2005 e resolução nº 112/2013/E da CETESB/2013 e, focando apenas em microrganismo, foi observado que em todas as amostras houve a manifestação de *Escherichia coli* sendo que, em algumas, a concentração ultrapassou os limites impostos pelas normativas brasileiras. Assim, foi possível associar os extravasamentos e descartes incorretos com a qualidade da água dos mananciais e com a notificação de doenças de veiculação hídrica no município entre os anos de 2014 e 2018, dentre as quais merecem destaque: zika, dengue, chikungunya, leishmaniose, meningite, leptospirose, febre amarela e hepatites virais. Então, como o tratamento individualizado tem suas limitações de uso conforme a NBR 7229/1993, sendo uma delas o lençol freático alto, para solucionar tal situação além das problemáticas levantadas é imprescindível a

implantação de sistema público de esgotamento sanitário além da adoção de um conjunto de ações voltadas para a educação sanitária e ambiental da população.

Palavras-chave: Extravasamento de fossas. Descartes incorretos de esgoto doméstico. Análise físico-química e microbiológica. Doenças de veiculação hídrica.

ABSTRACT

Sanitation is the set of services that makes it a healthy and livable area. However, the care and / or unequal distribution of these services interferes with the quality of life of individuals and the environment. Among the activities provided by sanitation, it is observed that areas with poor sanitation, individual alternatives such as septic tanks and sink are adopted by the population. Thus, the objective of this work is to analyze the individualized treatment of domestic effluents in Aparecida do Rio Negro - TO, which suffers annually from the incorrect disposal of gray water and the overflow of pits during the rainy season. To this end, several directions were conducted: from interviews with residents and municipal authorities to physicochemical and microbiological analyzes of the three water bodies that border the urban area of the municipality (Negro river, Leozina creek and Aunt Florinda creek), besides photographic records and mappings of extravasation and disposal sites to correlate them with environmental and public health problems. Thus, it was observed that the high water table in the region is the cause of the annual leaks and that the visited pits were characterized as black pits; In addition, wastewater was discharged from the kitchen and the service area directly into the environment, usually with the aim of minimizing the leakage of the pits and / or lack of information from the resident about the impacts of this action on himself and the environment. For the results of the physicochemical and microbiological analyzes were used as reference the limits established by CONAMA 274/2000, CONAMA 357/2005 and resolution No. 112/2013/E of CETESB/2013 and, focusing only on microorganism, was observed that in all the samples showed the manifestation of *Escherichia coli* being that, in some, the concentration exceeded the limits imposed by the Brazilian regulations. Thus, it was possible to associate the extravasations and incorrect discharges with the water quality of the springs and with the notification of waterborne diseases in the county between 2014 and 2018, among which we highlight: zika, dengue, chikungunya, leishmaniasis, meningitis, leptospirosis, yellow fever and viral hepatitis. Therefore, as the individualized treatment has its limitations of use according to NBR 7229/1993, being one of them the high water table, to solve this situation beyond the problems encountered, it is essential to implement a public sewage system in addition to the adoption of a set actions aimed at the health and environmental education of the population.

Keywords: Septic tank overflow. Incorrect disposal of domestic sewage. Physicochemical and microbiological analysis. Waterborne diseases.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Região metropolitana de Palmas composta por 16 municípios	25
Figura 2 – Aquedutos romanos	28
Figura 3 – Latrina romana	28
Figura 4 – Quadro representando a sociedade na Idade Média.....	29
Figura 5 – Escravos despejando os detritos domésticos no mar no período colonial	31
Figura 6 - Modelo de ciclo de uso urbano da água.....	37
Figura 7 - Resumo dos tipos de esgotamento sanitário	39
Figura 8 – Esquema de fossa seca	41
Figura 9 - Esquema geral de fossa séptica	43
Figura 10 - Funcionamento geral de uma fossa séptica.....	44
Figura 11 – Esquema de uma fossa séptica circular (esquerda) e retangular (direita)	45
Figura 12 – Aberturas e raio de abrangência mínimos para fossas com câmara única	47
Figura 13 - Junção laje de fundo e paredes laterais.....	47
Figura 14 - Detalhe de tanque séptico com chicanas.....	48
Figura 15 - Esquema de limpeza por meio de caminhão "limpa-fossa".....	49
Figura 16 - Fluxograma do tratamento complementar e disposição final para o efluente do tanque séptico (TS)	51
Figura 17 - Materiais mais comuns em sumidouro: concreto (esquerda) e blocos cerâmicos (direita).....	53
Figura 18 - Distância entre sumidouro e o nível máximo do lençol freático.....	54
Figura 19 - Esquema detalhado de sumidouro	56
Figura 20 – Entrada principal de Aparecida do Rio Negro	57
Figura 21 – Mapa do Tocantins destacando o município de Aparecida do Rio Negro	58
Figura 22 - Mapa dos corpos hídricos de Aparecida do Rio Negro	62
Figura 23 – Climograma em Aparecida do Rio Negro	63
Figura 24 – Distribuição geográfica na cidade das fossas com extravasamento anual	65
Figura 25 – Extravasamento de fossa com efluente (Rua 5 de Abril).....	66

Figura 26 – Extravasamento de fossa com formação de limo (Rua 5 de Abril)	66
Figura 27 – Extravasamento de fossa (Rua 5 de Abril)	66
Figura 28 – Extravasamento de fossa com formação de limo (Rua Tocantins).....	67
Figura 29 – Extravasamento de fossa apresentando lodo no ponto extravasado e efluentes percorrendo a via (Rua Antônio Benvindo)	67
Figura 30 – Extravasamento de fossa com formação de lodo no ponto extravasado e efluentes percorrendo a via (Rua Antônio Benvindo)	67
Figura 31 – Fossa com revestimento inadequado (Rua Cícero Virgínio)	68
Figura 32 – Detalhe do ponto de extravasamento da fossa da Figura 31 apresentando efluente com material suspenso	68
Figura 33 – Caminho preferencial dos extravasamentos das fossas na Rua Cícero Virgínio para pontos comerciais da praça municipal	69
Figura 34 – Caminho preferencial dos extravasamentos das fossas na Rua 5 de Abril (Setor Bela Vista) para pontos comerciais no Setor Aeroporto	69
Figura 35 – Número de banheiros nas residências	70
Figura 36 – Presença de caixa de gordura nas residências	71
Figura 37 – Tipo de tratamento individual adotado nas residências.....	72
Figura 38 – Quantidade de tratamentos individuais adotados nas residências	72
Figura 39 – Geometria dos sistemas adotados nas residências	74
Figura 40 – Material de construção adotado nas fossas das residências	74
Figura 41 – Unidades que atendem a distância mínima de 1,50 m entre a fossa e o limite do terreno, sumidouro e construções.....	75
Figura 42 – Unidades que atendem a distância de 3,0 m entre a fossa e as árvores e pontos de rede pública de distribuição de água	75
Figura 43 – Presença de dispositivos para inspeção nas fossas	76
Figura 44 – Localização das fossas em relação ao lote	76
Figura 45 – Qualidade visual dos revestimentos das tampas das fossas	77
Figura 46 – Distribuição geográfica na cidade de descarte incorreto de esgoto doméstico	78
Figura 47 – Descarte incorreto de esgoto doméstico (Rua Tamandaré)	80
Figura 48 – Extravasamento de fossa, descarte incorreto de esgoto doméstico e acúmulo de lixo (Rua 5 de Abril)	80
Figura 49 – Extravasamento de fossa e descarte incorreto de esgoto doméstico com formação de limo (Rua Tocantins)	80

Figura 50 – Descarte incorreto de esgoto doméstico (Rua Antônio Benvindo)	81
Figura 51 – Descarte incorreto de esgoto doméstico (Rua Duque de Caxias)	81
Figura 52 – Descarte incorreto de esgoto doméstico (Rua 5 de Abril)	81
Figura 53 – Descarte incorreto de esgoto doméstico e animais utilizando esse efluente para consumo na (Avenida dos Estudantes).....	82
Figura 54 – Descarte incorreto de esgoto doméstico (Avenida Maria José)	82
Figura 55 – Descarte incorreto de esgoto doméstico diretamente na grota da Leozina mediante prolongamento de cano (Rua Maranhão)	82
Figura 56 – Descarte incorreto de esgoto doméstico diretamente na grota da Leozina mediante prolongamento de cano (Rua Maranhão)	83
Figura 57 – Praia do Clube Recreativo localizada no Rio Negro.....	84
Figura 58 – Coleta de amostra de água para análise físico-química.....	84
Figura 59 – Monitoramento da <i>Escherichia coli</i> para o ponto P1 (rio Negro)	87
Figura 60 – Riacho da grota da Leozina.....	88
Figura 61 – Coleta de amostra de água para análise microbiológica	89
Figura 62 – Monitoramento da <i>Escherichia coli</i> para o ponto P2 (grota da Leozina).....	91
Figura 63 – Mapa da cidade contendo os pontos de extravasamento de fossas sépticas encontrados e os pontos para corte topográfico de A até C	92
Figura 64 – Corte topográfico dos pontos A, B e C referente a Avenida 7 de Setembro ilustrando os vales das grotas da Tia Florinda (V1) e Leozina (V2)	92
Figura 65 – Corpo hídrico da grota Tia Florinda	93
Figura 66 – Coleta de amostra de água para análise físico-química.....	94
Figura 67 – Monitoramento da <i>Escherichia coli</i> para o ponto P3 (grota Tia Florinda)	95
Figura 68 – Sub-bacias de contribuição de esgoto.....	113
Figura 69 – Componentes de um reator UASB	117
Figura 70 – Esquema de reator UASB seguido por lagoa de polimento	118

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Implantação de sistemas de esgotamento ocorrido após epidemias em algumas cidades do mundo.....	30
Tabela 2 – Doenças relacionadas com a água	35
Tabela 3 – Doenças relacionadas com as fezes.....	36
Tabela 4 – Dados das metodologias adotadas para análise dos parâmetros microbiológicos e físico-químicos de águas superficiais	62
Tabela 5 – Endereços dos extravasamentos de fossas encontrados no município ..	65
Tabela 6 – Quantitativo geral que a entrevista contempla no município	70
Tabela 7 – Endereços dos descartes incorretos de esgoto doméstico no município	79
Tabela 8 – Resultados das análises para o ponto P1 (rio Negro).....	86
Tabela 9 – Resultados das análises para o ponto P2 (grota da Leozina)	90
Tabela 10 – Resultados das análises para o ponto P3 (grota Tia Florinda)	95
Tabela 11 - Tipo de esgotamento sanitário nos domicílios particulares permanentes no município de Aparecida do Rio Negro	96
Tabela 12 – Resumo das doenças de veiculação hídrica ocorridas em Aparecida do Rio Negro durante os anos de 2014 a 2018.....	99
Tabela 13 – Projeção da população urbana de Aparecida do Rio Negro	113
Tabela 14 – Resultados para a rede coletora de esgoto de Aparecida do Rio Negro	114
Tabela 15 – Resultados para o cálculo das estações elevatórias de esgoto de Aparecida do Rio Negro	115

LISTA DE SIGLAS E ABREVIACÕES

AAS – Agência Aparecidense de Saneamento e Limpeza Pública

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

CAESB – Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo

CNI – Confederação Nacional da Indústria

CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente

CP – Caixa de Passagem

DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio

EEE – Estação Elevatória de Esgoto

ETE – Estação de Tratamento de Esgoto

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IDEB – Índice de Desenvolvimento da Educação Básica

IDH-M – Índice de Desenvolvimento Humano Municipal

IFTO – Instituto Federal do Tocantins

IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

MUNIC – Pesquisa de Informações Básicas Municipais

NBR – Norma Brasileira Registrada

OMS – Organização Mundial da Saúde

PLANASA – Plano Nacional de Saneamento

PMSB – Plano Municipal de Saneamento Básico

PV – Poço de Visita

PVC – Policloreto de Vinila

RAFA – Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente

SABESP – Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo

SEPLAN-TO – Secretaria de Planejamento do Estado do Tocantins

SINAN – Sistema de Informação de Agravos de Notificação

SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento

TDH – Tempo de Detenção Hidráulico

TIL – Terminal de Inspeção e Limpeza

TL – Terminal de Limpeza

TO – Tocantins

TS – Tanque séptico

UASB – Upflow Anaerobic Sludge Blanket / Reator Anaeróbico de manta de lodo

UBS – Unidade Básica de Saúde

UFT – Universidade Federal do Tocantins

LISTA DE SÍMBOLOS

mg/L – Miligrama por litro

NMP – Número mais provável

mL – Mililitros

m³ – Metros cúbicos

m² – Metros quadrados

km² – Quilômetros quadrados

km – Quilômetros

μS/cm – microsiemens por centímetro

uT – Unidades de turbidez

°C – Grau Celsius

m³/h – Metros cúbicos por hora

N – Nitrogênio

CaCO₃ – Carbonato de cálcio

pH – Potencial Hidrogeniônico

Q – Vazão

Ø_{adot} – Diâmetro adotado

Vol – Volume

H_{útil} – Altura útil

H_{final} – Altura final

A – Área

LR – Linha de recalque

C – Coeficiente de rugosidade da tubulação

Hg – Altura geométrica

H_f – Perda de carga

H_{man} – Altura manométrica

K_1 – Coeficiente de máxima vazão diária

K_2 – Coeficiente de máxima vazão horária

L/hab.dia – Litros por habitante por dia

n – Coeficiente de Manning

L/s.km – Litros por segundos por quilometro

m/s – Metros por segundo

L/s – Litros por segundo

Pa – Pascal

m – Metros

mm – Milímetros

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	23
2. PROBLEMA DA PESQUISA.....	24
3. JUSTIFICATIVA	25
4. OBJETIVOS	26
4.1. Objetivo Geral.....	26
4.2. Objetivos Específicos	26
5. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	27
5.1. Saneamento Básico	27
5.1.1. Abordagem histórica mundial	27
5.1.2. Abordagem histórica brasileira	30
5.1.3. Saúde	32
5.2. Esgotamento Sanitário	37
5.2.1. Esgoto doméstico	38
5.2.2. Tipos de esgotamento sanitário.....	39
5.3. Fossas sépticas, secas e negras	40
5.3.1. Normas técnicas	41
5.3.2. Definições	42
5.3.3. Funcionamento	43
5.3.4. Materiais e geometria	44
5.3.5. Recomendações de uso	45
5.3.5.1. Caixa de gordura	45
5.3.6. Distâncias mínimas.....	46
5.3.7. Dimensionamento	46
5.3.8. Aspectos construtivos.....	46
5.3.9. Manutenção e limpeza.....	48
5.3.10. Eficiência	49

5.4. Alternativas de pós-tratamento de fossa séptica.....	50
5.4.1. Sumidouros	51
5.4.1.1. Funcionamento.....	52
5.4.1.2. Influência do solo	52
5.4.1.3. Recomendações	53
5.4.1.4. Materiais e geometria	53
5.4.1.5. Dimensões e distâncias mínimas	53
5.4.1.6. Dimensionamento	54
5.4.1.7. Aspectos construtivos.....	55
5.4.1.8. Cuidados	56
5.4.1.9. Eficiência do conjunto tanque séptico e sumidouro.....	57
6. METODOLOGIA.....	57
6.1. Caracterização do objeto de estudo	57
6.1.1. Bioma e clima	58
6.1.2. Aspectos econômicos.....	59
6.2. Planejamento da pesquisa	59
6.2.1. Pesquisa bibliográfica e documental	59
6.2.2. Pesquisa de campo	59
6.2.3. Visita à Prefeitura Municipal de Aparecida do Rio Negro	61
6.2.4. Coleta de amostras dos corpos hídricos para ensaio	61
6.2.5. Análise dos dados coletados	64
7. RESULTADOS E DISCUSSÕES	64
7.1. Situações encontradas no município	64
7.1.1. Extravasamentos de fossas sépticas.....	64
7.1.2. Descarte incorreto de esgoto doméstico	78
7.2. Análises físico-químicas e microbiológicos	83
7.2.1. Ponto P1 – rio Negro	83
7.2.2. Ponto P2 – gruta da Leozina	88

7.2.3. Ponto P3 – grotta Tia Florinda.....	93
7.3. Saneamento Básico Municipal.....	96
7.3.1. Entrevista Secretaria Municipal de Saúde	97
7.3.1.1. Doenças municipais: quinquênio 2014-2018.....	98
7.3.2. Entrevista na Agência municipal de Saneamento.....	101
7.3.3. Entrevista nas secretarias de Obras e Meio Ambiente	101
8. CONCLUSÃO.....	102
8.1. Recomendações.....	104
REFERÊNCIAS.....	105
APÊNDICES	110
APÊNDICE A – Roteiro de pesquisa para estudo de campo sobre o uso do sistema Individual de Tratamento de esgoto doméstico no Município de Aparecida do Rio Negro – TO.	110
APÊNDICE B – Resumo do estudo de concepção de Sistema de Rede Coletora de Esgoto para o Município de Aparecida do Rio Negro – TO.	112
APÊNDICE C – Representação gráfica do estudo de concepção de Sistema de Rede Coletora de Esgoto para o Município de Aparecida do Rio Negro – TO. ...	119

1. INTRODUÇÃO

O cenário urbano no Brasil tem passado por diversas transformações econômicas, sociais e principalmente, ambientais. E a natureza, como fonte de recursos esgotável merece ser utilizada de maneira racional.

Assim, inúmeras são as notícias que relatam o descaso da sociedade com o meio ambiente, tais como: a poluição de mares, rios e córregos, impróprios para banho devido o lançamento do esgoto doméstico sem tratamento; indisponibilidade da água tratada em certas regiões do país e a contaminação da água ocasionada pelos costumes da população além das intensas atividades agrícolas e industriais.

Nesse contexto, pode-se destacar a falta de saneamento básico como um fator importante da poluição hídrica. Um exemplo visto está na contaminação dos mananciais superficiais e das águas subterrâneas, geradas pelos esgotos domésticos não tratados, lançados diretamente no solo e nos corpos hídricos, influenciando diretamente na manifestação de doenças na população. No Brasil, essas doenças são resultantes da falta ou de um inadequado sistema de saneamento, especialmente em áreas pobres, o que tem agravado o seu quadro epidemiológico (BRASIL, 2004).

A Lei Federal n.º 11.445 de 05 de janeiro de 2007, aborda que o saneamento básico é o conjunto de serviços, infraestrutura e instalações operacionais com a finalidade de proporcionar o abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, drenagem e manejo de águas pluviais urbanas e limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos. Além dessa, outras legislações ambientais e urbanísticas auxiliam no controle da qualidade dos serviços de saneamento ajudando no desenvolvimento sustentável do país.

De acordo com dados divulgados em 2017 pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), 60,2 % da população urbana conta com rede coletora de esgotos e apenas 46,0 % do esgoto gerado é efetivamente tratado. Tal fato merece atenção principalmente para a região Norte, onde somente 13,0 % dos municípios são atendidos por rede de esgotos e o índice de tratamento do esgoto produzido é de 22,6 %.

Em locais que não apresentam nenhuma coleta de esgoto doméstico bem como seu tratamento, algumas soluções são adotadas. A principal e mais utilizada são as construções do conjunto fossa séptica e sumidouro, mecanismo que recebe o esgoto e o trata dentro do lote do próprio morador (PEREIRA; SOARES, 2006 apud

RIOS, 2010). Por serem fáceis de executar, raramente são assistidas por profissionais habilitados além de não seguirem às normas técnicas do país, mas, quando bem dimensionadas e executadas, trazem benefícios e melhoria no saneamento local.

O município de Aparecida do Rio Negro – TO, distante 70 km da capital Palmas via TO-020, não apresenta atendimento por sistema de esgotamento sanitário. Assim, o tratamento individual de efluente doméstico adotado pela população é o sistema de fossas sépticas, e atualmente, durante o período das chuvas, é observado o extravasamento dessas unidades em áreas específicas da cidade. Outros problemas são o descarte incorreto dos esgotos domésticos, que muitas vezes são escoados diretamente para o meio ambiente.

Diante do exposto, este trabalho realizou o levantamento de campo dos problemas decorrentes da situação atual do saneamento básico no município, com foco na área de esgotamento sanitário, e propôs alternativas que pudessem ser aplicadas para melhorar a qualidade de vida da sociedade e a manutenção dos recursos ambientais na sede do município. Para tanto, foram mapeadas as áreas onde acontecem os extravasamentos das fossas sépticas e descartes incorretos no meio, foram também realizadas coletas em pontos específicos dos corpos hídricos que cortam o município para verificar se eles estavam contaminados. Paralelamente, foi procurado junto à Secretaria Municipal de Saúde os dados referentes aos atendimentos nas unidades de saúde no período de 2014 a 2018, no qual verificou-se a possibilidade de ligação entre a degradação ambiental e a saúde da população urbana.

Assim, foram propostas possíveis melhorias para o esgotamento local bem como um documento para estudos mais aprofundados sobre o tema e sobre a região do município, que visem o seu desenvolvimento sanitário e ambiental.

2. PROBLEMA DA PESQUISA

Como está a situação do sistema de fossa séptica no município de Aparecida do Rio Negro? Por que acontecem extravasamentos das fossas sépticas todo ano nesta cidade? Qual a importância em tratar o esgoto doméstico corretamente e quais as implicações que a sua ausência ou má utilização causa para a sociedade e para o meio ambiente?

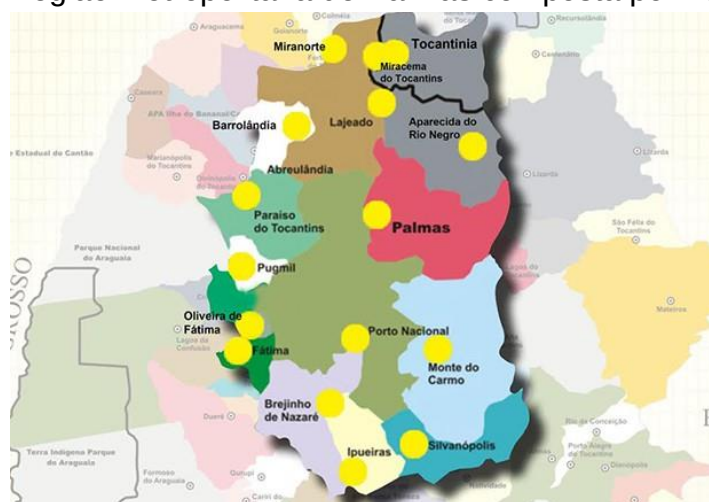
3. JUSTIFICATIVA

O saneamento básico afeta diretamente na saúde da população e no meio ambiente, sendo esse um serviço de vital importância para o desenvolvimento de uma região. É comprovado que a falta do saneamento básico pode afetar a economia do país, devido a redução da produtividade do trabalhador e impacto no aprendizado de crianças, adolescentes e jovens. Ou seja, influencia diretamente nos índices de desenvolvimento do país.

De acordo com a Confederação Nacional da Indústria (CNI, 2018), o estado do Tocantins apresenta uma coleta de esgoto de 21,7 % em seus municípios, dos quais 96,7 % são tratados. No que se refere ao saneamento, ele vem evoluindo nessa área pois, dados de 2017 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), mostram que houve um crescimento de 253 % de municípios tocantinenses com política pública de saneamento quando comparados ao ano de 2011. Apesar disso, 44 % das cidades não possuem nenhum tipo de planejamento nessa área.

O governo estadual sancionou a Lei n.º 2.824 (2014) que cria a região metropolitana de Palmas (Figura 1) abrangendo um total de 16 municípios da região central do estado, dentre eles, Aparecida do Rio Negro.

Figura 1 – Região metropolitana de Palmas composta por 16 municípios



Fonte: G1 Tocantins (2014).

O objetivo dessa lei é impulsionar o planejamento regional, o desenvolvimento socioeconômico e melhorar a qualidade de vida dos cidadãos. Logo, é esperado que as regiões alcançadas pela referida lei estejam com melhorias nos mais diversos setores como saúde, educação e saneamento.

Além desse fator, o estado do Tocantins oferece investimento alto no setor de saneamento de R\$ 321,65 por habitante, aproximadamente o dobro da média nacional, sendo a capital Palmas a cidade que apresenta os melhores índices de atendimento de toda região Norte (CNI, 2018). Entretanto, analisando a situação atual de Aparecida do Rio Negro, apesar de compor a região metropolitana, existe uma divergência da realidade da capital. O avanço e investimento não são vistos no município quando se trata sobre o saneamento, em destaque para as obras de esgotamento sanitário e tratamento do mesmo, pois o extravasamento de fossas é uma realidade na sociedade urbana aparecidense.

Assim, se demonstra a preocupação de associar a teoria à prática para minimizar os impactos da atividade antrópica ao meio ambiente, na percepção de ajudar no desenvolvimento de uma cidade de pequeno porte, com soluções práticas e economicamente viáveis que se enquadram na sua realidade e com isso, diminuir a lacuna que separa o ideal da realidade.

4. OBJETIVOS

4.1. Objetivo Geral

Analisar as condições da utilização do sistema de fossas sépticas como tratamento individualizado de efluentes domésticos no município de Aparecida do Rio Negro – TO, buscando verificar as deficiências encontradas e seus impactos para o meio ambiente e saúde da população.

4.2. Objetivos Específicos

- Identificar e mapear os pontos de extravasamento de fossas sépticas no período chuvoso e de lançamento direto de efluente doméstico no meio ambiente;
- Realizar análises físico-químicas e microbiológicas em amostras de água dos corpos hídricos da cidade;
- Demonstrar o impacto que o saneamento básico, com foco no esgotamento sanitário, causa à natureza (corpos hídricos) e à saúde da sociedade;
- Propor possíveis correções, soluções e melhorias para o saneamento municipal.

5. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

5.1. Saneamento Básico

De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS), saneamento é o controle de todos os fatores do meio físico do homem que exercem ou podem exercer efeitos prejudiciais sobre o bem-estar mental, físico e social. Já o conceito de saneamento ambiental, para Brasil (2004, p. 115) é definido como:

“[...] o conjunto de ações socioeconômicas que têm por objetivo alcançar Salubridade Ambiental, por meio do abastecimento de água potável, coleta e disposição sanitária de resíduos sólidos, líquidos e gasosos, promoção da disciplina sanitária do uso do solo, drenagem urbana, controle de doenças transmissíveis e demais serviços e obras especializadas, com a finalidade de proteger e melhorar as condições de vida urbana e rural”.

5.1.1. Abordagem histórica mundial

Os desdobramentos da história do saneamento mostram que há uma relação direta com a evolução da humanidade e das cidades. Ou seja, a cada período da história em que o homem desenvolvia sua cultura, pensamentos, teorias e tecnologias, ele mudava o desenvolvimento da urbanização e, por conseguinte, do saneamento. Essa análise histórica ajuda a compreender melhor a mudança existente entre o passado e a atualidade e como o desenvolvimento do saneamento aconteceu.

Na antiguidade, também conhecida como Idade Antiga, houve várias contribuições na parte teórica e prática, principalmente pelas civilizações greco-romanas. As primeiras civilizações formadas na história se localizavam no Oriente e dependiam de bacias hidrográficas próximas a elas, como o Rio Nilo, Tigre e Eufrates.

Com o passar dos séculos, as sociedades foram se desenvolvendo e devido à agricultura, com os sistemas de irrigação, surgiram as civilizações hídricas, cuja organização sociopolítica focava no controle das águas e produtividade agrícola (TURCI, 2008). Dentre essas civilizações, pode-se destacar a Egípcia quanto ao seu sistema de saneamento pois segundo Brandão (2011), há registros sobre o uso do sulfato de alumínio para coagular partículas buscando a clarificação da água de abastecimento.

Grandes obras de saneamento foram criadas pelos romanos, como a distribuição de água nas ruas com encanamentos para fontes públicas e domicílios

que pagavam pelo privilégio. Brasil (2004) considera que das práticas sanitárias coletivas mais marcantes nesta época, tem-se as construções de aquedutos, ilustrado na Figura 2; banhos públicos; termas e esgotos romanos, tendo como símbolo histórico a conhecida Cloaca Máxima.

Figura 2 – Aquedutos romanos



Fonte: Portugalnotavel.com (2015).

Aquedutos são antigos sistemas de transporte de água e depois de utilizado, a água fluía para o esgoto, levando consigo toda sujeira, inclusive os dejetos das latrinas (Figura 3) instaladas nos banhos públicos. A latrina pública era um local com uma bancada de pedra com vários buracos, onde as pessoas usavam para necessidades fisiológicas havendo nestes locais, escravos para fazer a limpeza.

Figura 3 – Latrina romana



Fonte: Getty Images (2016).

Na Grécia, final do século V a.C, Hipócrates no seu livro “Dos Ares, Águas e Lugares”, escreveu sobre as preocupações que se deviam ter sobre as medidas sanitárias. Informava sobre a relação entre o ambiente e a saúde, dizendo que ingerir água e alimentos ruins provocariam doenças, podendo ser originadas também por mosquitos que ficavam em locais poluídos com fonte de águas ruins (VILAR, 2015).

Para Brasil (2004), após este período, a população foi levada a um retrocesso durante a Idade Média, ocasionando epidemias e quedas nas conquistas

sanitárias. Tal acontecimento se deve a ruptura do homem com o conhecimento, costumes da época (retratado na Figura 4) como a pouca frequência de banhos e o lançamento de dejetos nas vias públicas. Ou seja, não havia um sistema apropriado para os resíduos produzidos e dejetos, sendo a epidemia da peste negra o maior exemplo dessa época, que matou um terço da população da Europa no século XIV.

Figura 4 – Quadro representando a sociedade na Idade Média



Fonte: Pieter Bruegel (1559).

Na Idade Moderna e Idade Contemporânea houve um grande impulso no desenvolvimento científico do período, fortalecendo a relação entre a saúde e o saneamento como, o aperfeiçoamento das bombas hidráulicas e fabricação dos tubos de ferro fundido que contribuíram para o aumento da água distribuída. Nessa época, os habitantes eram os responsáveis pela limpeza das ruas, havendo punição para causadores de poluição em cursos d'água de abastecimento ou nas vias públicas.

As fontes de problemas na Europa Moderna eram as questões de higiene, saúde pública e saneamento. Com a Revolução Industrial, apesar do desenvolvimento científico, esses problemas foram massificados, devido ao crescimento acelerado sem planejamento da área urbana e industrial, ocasionando o surgimento de doenças mais acentuadas como cólera e febre tifoide. A solução foi o investimento maciço no desenvolvimento de políticas públicas, ciências e técnicas de saneamento (DIAS, 2003).

A evolução tecnológica e a industrialização nos países capitalistas possibilitaram a execução em larga escala de sistemas de abastecimento de água e de esgotamento sanitário. À medida que a vida do homem era influenciada negativamente pela forma de disposição final dos rejeitos, novos métodos e estruturas

eram elaborados (Tabela 1) a fim de que o saneamento evoluísse, trazendo benefícios para a população. A terceira lei de Newton diz que para toda ação há uma reação e de maneira semelhante foi o que aconteceu nas grandes cidades da Europa e América do Norte, com a implantação de seus sistemas de esgotamento sanitário que só eram desenvolvidos após o aparecimento de epidemias de cólera e tifo.

Tabela 1 – Implantação de sistemas de esgotamento ocorrido após epidemias em algumas cidades do mundo

Cidade	Epidemia	Obras
Londres	1854	1855
Buenos Aires	1869	1874
Memphis	1873	1879
Hamburgo	1892	1898
São Paulo	1893	1895-1910

Fonte: Conselho de Regulação e Fiscalização da AR-ITU (2016).

Merece destaque, segundo Brasil (2004), a pesquisa de John Snow, que relacionou o saneamento e as condições de saúde, comprovando a associação entre a fonte de água consumida pela população de Londres e a incidência de cólera. No século XIX aconteceram mudanças relacionadas à saúde e saneamento pois, a partir dos estudos de Louis Pasteur, modificou-se os estudos da causalidade das doenças com a descoberta dos microrganismos como agentes patológicos (TEIXEIRA, 2014 apud VIDIGAL, 2015). Isso possibilitou uma melhor compreensão sobre os ciclos das doenças e suas formas de transmissão. Todas as técnicas e processos de tratamento de água só foram aplicados amplamente no final do século XIX, na Europa, possibilitando a recuperação de mananciais contaminados.

5.1.2. Abordagem histórica brasileira

No Brasil, antes da colonização pelos portugueses, os povos indígenas praticavam uma interação saudável e de respeito com o meio ambiente. No entanto, devido ao escambo, começou-se a consumir em demasia os recursos naturais e dessa época aos dias atuais, percebe-se que há um desequilíbrio, no qual a essência de se preservar e consumir conscientemente e ecologicamente está cada vez mais distante do ideal. Além disso, por ser um país de diversas etnias, os costumes dos colonizadores europeus e, logo depois, dos negros advindos do tráfico negreiro mudou a cultura e o modo de viver da população.

No século XVII, iniciativas urbanísticas na Pernambuco holandesa e no Rio de Janeiro marcariam a ação de administrações públicas na área do saneamento (CASA DO RIO, 2014 apud MURTHA; CASTRO; HELLER, 2015). O primeiro poço escavado no Rio de Janeiro comandado por Estácio de Sá, em 1561, para abastecer a cidade carioca representa o início do saneamento no Brasil. Já no ano de 1673, começou-se obras de adução de água, sendo representadas pelo primeiro aqueduto do país em 1723, que levava água até o chafariz público, atualmente conhecido como os Arcos da Lapa, encontrados na cidade do Rio de Janeiro.

No período colonial, as ações de saneamento eram feitas de forma individual, resumindo-se à drenagem de terrenos e instalação de chafarizes. Esses, se destacaram nos séculos XVIII e XIX devido a urbanização, promovendo o abastecimento comunitário gratuito de água à população, juntamente com bicas e fontes públicas. Para aqueles que detinham poder econômico, os escravos eram responsáveis pelo transporte de água até as residências e pela destinação final de excretas (Figura 5), pejorativamente chamados de tigres, em vasilhames para o mar ou para valas, como sendo uma atividade comum (MURTHA; CASTRO; HELLER, 2015).

Figura 5 – Escravos despejando os detritos domésticos no mar no período colonial



Fonte: Revista "A Semana Ilustrada" (1861).

No final do século XIX e início século XX foi o período de desenvolvimento do saneamento no Brasil. Houve intervenções no país para que este se inserisse no modelo técnico europeu de infraestruturas, com importação de tecnologias e serviços. Dessa maneira, os serviços de saneamento como a distribuição de água foram entregues por meio de concessões às companhias estrangeiras, no entanto, no início

do século XX, o Brasil estatizou o serviço de saneamento, começando a comercializar os serviços e partir dos anos 1940.

Personagens importantes colaboraram na história sanitária brasileira. O engenheiro Saturnino de Brito (1893-1929) defendia a proteção dos mananciais e propôs o sistema separador absoluto para o Brasil, dividindo a água pluvial daquela advinda dos esgotos sanitários. Já o médico Oswaldo Cruz (1872-1917) aplicou uma reforma sanitária no Rio de Janeiro contra a febre amarela, varíola e peste bubônica, contribuindo para a política do saneamento do país.

Dessa época aos dias atuais, várias etapas importantes ocorreram para o desenvolvimento sanitário brasileiro, como a criação em 1969 do PLANASA (Plano Nacional de Saneamento) que direcionava grandes investimentos para o setor de saneamento pois, até o início da década de 70, não havia um programa de saneamento básico (IBGE, 2007 apud ARRUDA et al., 2009). Os principais marcos regulatórios para a área de saneamento do país são a Constituição Federal de 1988 e a Lei n.º 11.445 de 2007.

5.1.3. Saúde

Saneamento significa sanear, tornar uma área limpa e habitável, ou seja, tornar saudável. Seu objetivo final é a promoção da saúde oferecendo condições adequadas para vivência. Dessa maneira, segundo Ribeiro (2004, apud VIDIGAL, 2015) a Constituição Federal, de 1988, expressa essa preocupação com a Saúde Ambiental em diversos de seus artigos. Um exemplo visto é o artigo 196º, definindo a saúde como direito de todos e dever do Estado, garantido através de políticas econômicas e sociais, com intenção de reduzir o risco de doença e de outros agravos além do acesso universal e igualitário às ações e serviços relacionados a salubridade ambiental.

Um dos mais importantes fatores determinantes da saúde são as condições ambientais, sendo que, a maioria dos problemas sanitários que afetam a população mundial estão relacionados com o meio ambiente (BRASIL, 2004). Logo, existe uma relação direta entre o modo como a sociedade atua diante do seu habitat, que por consequência, afeta no bem-estar de todos os agentes do meio, desde a natureza até ao homem.

Segundo o Instituto Trata Brasil (2017), o cenário atual do saneamento brasileiro mostra que da população urbana, 83,5 % é atendida com água tratada e pouco mais de 50 % com acesso a coleta de esgoto. Em números, existem 100 milhões de brasileiros sem ter acesso à coleta de esgoto e 35 milhões sem ser abastecidos com água potável. A falta de abrangência ainda existente localiza-se basicamente nas favelas, periferias, interior e zona rural (BRASIL, 2004). Abastecimento de água e coleta e tratamento de esgoto são áreas determinantes para uma saúde pública eficaz, pois representam a base para o desenvolvimento do saneamento básico.

Os fatores que influenciam no impacto do saneamento sobre a saúde são, conforme Brasil (2015): o nível da intervenção, funcionamento e utilização dos serviços; nível de exposição ao agente patogênico e status socioeconômico. Ou seja, em locais onde não existem, por exemplo, água com qualidade de consumo aceitável, tratamento adequado e eficiente do esgoto sanitário e descarte incorreto de lixo somados a ausência da educação ambiental, são locais propícios a acontecer problemas de saúde pública. Dessa maneira, as doenças ocasionadas pela falta ou deficiência do saneamento favorece uma intensificação do quadro epidemiológico brasileiro, principalmente de regiões menos favorecidas financeiramente.

O esgoto gerado nas residências, edifícios, indústrias e outros domicílios apresentam microrganismos importantes para a transformação da matéria dentro dos ciclos biogeoquímicos (VON SPERLING, 2005). Esses grupos de seres diminutos só podem ser visualizados com o auxílio de um microscópio e atuam de maneira importante no tratamento biológico dos esgotos.

O lançamento de esgotos sem tratamento nos corpos receptores contribui para a ocorrência de várias doenças relacionadas com a água (BRASIL, 2015). Os esgotos podem contaminar a água, alimentos, utensílios domésticos, mãos, solo ou serem transportados por vetores, provocando novas infecções (BRAGA et al., 2010).

Para Von Sperling (2005), a água, em termos de sua qualidade biológica, pode ser responsável por transmitir doenças através dos microrganismos parasitos, categoria patogênica com capacidade de causar doenças no homem e nos animais. Os principais grupos que podem provocar essas enfermidades são os vírus, as bactérias, os protozoários e os helmintos.

A maneira como são transmitidas as infecções relacionadas com a água são divididas em quatro categorias: transmissão hídrica, transmissão relacionada com

a falta de higiene, transmissão baseada na água e transmissão por um inseto vetor (VON SPERLING, 2005). A transmissão hídrica ocorre quando o patógeno se encontra na água que é ingerida, ocasionando, principalmente, as seguintes doenças: amebíase, giardíase, gastroenterite, febres tifoide e paratifoide, hepatite infecciosa e cólera.

A transmissão relacionada com a falta de higiene se refere como aquela cuja interrupção possa ser realizada pela implantação de higiene pessoal e doméstica, tendo como exemplo de doença: ascaridíase, ancilostomose e teníase. Já a transmissão baseada na água é caracterizada quando o patógeno desenvolve parte do seu ciclo de vida em um animal aquático, como no caso da esquistossomose. De acordo com Brasil (2006), tem-se também as leishmanioses (visceral e tegumentar) que vêm expandido sua ocorrência devido a diversos fatores, dos quais podem ser associados a insuficiente infraestrutura nas redes de água e de esgoto doméstico ou na disponibilidade de acesso a esses serviços.

Por fim, a difusão ocasionada por um inseto vetor é aquela em que esses animais procriam na água ou cuja picadura ocorre próximo a ela. Os transmissores são: malária, dengue, febre amarela, filariose e, recentemente descobertos em meados de 2015, zika e chikungunya, que são transmitidos pelo mesmo mosquito da dengue. Essas três doenças são de vital importância para as autoridades públicas pois acarretam em um grande número de infectados no país. Tal fato pode ser percebido de acordo com dados divulgados pelo Ministério da Saúde (2019), em que o número de casos prováveis de dengue no Brasil mais que dobraram quando comparados ao ano de 2018, chegando a registrar um aumento de 149 %.

O cuidado com todas as doenças relacionadas com a água citadas são de vital importância para a saúde nacional, vista a possibilidade de ocorrerem endemias e epidemias em todo o território, ocasionando altos investimentos dos governos para controle e tratamento dos enfermos além da possibilidade de resultar em mortes. Segundo CNI (2018), um total de 1.935 municípios brasileiros apresentaram endemias e epidemias, sendo as principais em ordem decrescente de ocorrências: dengue, diarreia, verminoses, chikungunya, zika, doença do aparelho respiratório, dermatite, hepatite, leptospirose, difteria, malária, febre amarela e tifo.

A Tabela 2 ilustrada em seguida traz uma síntese dessas principais enfermidades que estão relacionadas com a água, descrevendo sobre quais são as formas de transmissão bem como de prevenção das doenças.

Tabela 2 – Doenças relacionadas com a água

Grupo de Doenças	Formas de Transmissão	Principais Doenças	Formas de Prevenção
Transmitidas pela via feco-oral (alimentos contaminados por fezes)	O organismo patogênico é ingerido	• Diarreias e disenterias, como a cólera e a giardíase • Febre tifoide e paratifoide • Leptospirose • Amebíase • Hepatite infecciosa • Ascaridíase (lombriga)	• Proteger e tratar as águas de abastecimento e evitar uso de fontes contaminadas • Fornecer água em quantidade adequada e promover a higiene pessoal, doméstica e dos alimentos
Controladas pela limpeza com a água (associadas ao abastecimento insuficiente de água)	Falta de água e a higiene pessoal insuficiente criam condições favoráveis para sua disseminação	Infecções na pele e nos olhos, como o tracoma e o tifo relacionado com piolhos, e a escabiose	Fornecer água em quantidade adequada e promover a higiene pessoal e doméstica
Associadas à água (uma parte do ciclo da vida do agente infeccioso ocorre em um animal aquático)	O patogênico penetra pela pele ou é ingerido	Esquistossomose	• Evitar o contato de pessoa com águas infectadas • Proteger mananciais • Medidas adequadas para a disposição de esgotos • Combater o hospedeiro intermediário
Transmitidas por vetores que se relacionam com a água	As doenças são propagadas por insetos que nascem na água ou picam perto dela	• Malária • Febre amarela • Dengue • Filariose (elefantíase)	• Combater os insetos transmissores • Eliminar condições que possam favorecer criadouros • Evitar o contato com criadouros • Utilizar meios de proteção individual

Fonte: Von Sperling (2005) – Adaptado

Muitas infecções podem ser transmitidas de uma pessoa doente para outra sadia por diferentes caminhos envolvendo as excreções humanas. Von Sperling (2005) cita, como exemplo: hepatite A, febre tifoide e paratifoide, diarreia e disenterias, poliomielite, giardíase, ascaridíase, ancilostomose, esquistossomose, teníase e cisticercose.

Ainda, segundo Von Sperling (2005), as doenças de transmissão feco-oral, ou seja, aquelas de transmissão hídrica e relacionada com a higiene, tem o controle ligado ao tratamento e disposição adequados das excretas e dos esgotos. Dessa maneira, conforme a Tabela 3 apresentada abaixo, tem-se as principais doenças causadas pela transmissão fecal-oral.

Tabela 3 – Doenças relacionadas com as fezes

Organismo	Doença	Agente causal	Sintomas e manifestações
Bactérias	1. Disenteria bacilar 2. Enterite por <i>Campylobacter</i> 3. Cólera 4. Gastroenterite 5. Leptospirose 6. Febre paratifoide 7. Salmonella 8. Febre tifoide	1. <i>Shigelia dysenteriae</i> 2. <i>Campylobacter jejuni</i> , <i>Campylobacter coli</i> 3. <i>Vibrio cholerae</i> 4. <i>Escherichia coli</i> – enteropatogênica 5. <i>Leptospira</i> – várias espécies 6. <i>Salmonella</i> – várias espécies 7. <i>Salmonella</i> – várias espécies 8. <i>Salmonella typhi</i>	1. Forte diarreia 2. Diarreia, dor abdominal, indisposição, febre, náusea, vômito 3. Diarreia extremamente forte, desidratação, alta taxa de mortalidade 4. Diarreia 5. Icterícia, febre 6. Febre, diarreia, indisposição, dor de cabeça, aumento do baço, envolvimento dos tecidos linfáticos e intestinos 7. Febre, náusea, diarreia 8. Febre alta, diarreia, ulceração do intestino delgado
	1. Hepatite infecciosa 2. Doenças respiratórias 3. Gastroenterite 4. Meningite 5. Poliomielite	1. Vírus da hepatite A 2. Adenovírus – vários tipos 3. Enterovírus, Norwalk, rotavírus etc – vários tipos 4. Enterovírus 5. <i>Polyomyelitis virus</i>	1. Icterícia, febre 2. Doenças respiratórias 3. Diarreia, vômito 4. Febre, vômito, enrijecimento do pescoço 5. Paralisia, atrofia
Protozoários	1. Disenteria amebiana 2. Giardíase 3. Criptosporidiose 4. Balantidiase	1. <i>Entamoeba histolytica</i> 2. <i>Giardia lamblia</i> 3. <i>Cryptosporidium</i> 4. <i>Balantidium coli</i>	1. Diarreia prolongada com sangramentos, abscessos no fígado e intestino fino 2. Diarreia, náusea, indigestão, flatulência 3. Diarreia 4. Diarreia, disenteria
	1. Ascaridíase 2. Tricuríase	1. <i>Ascaris lumbricoides</i> 2. <i>Trichuris trichiura</i>	1. Manifestações pulmonares. Deficiência nutricional, obstrução intestinal 2. Diarreia, fezes com sangramento, prolapso retal

Fonte: Sperling (2005) – Adaptado.

As doenças citadas nas Tabelas 2 e 3 têm alguma relação direta ou indireta com a água que, apesar de ser primordial para a existência humana, pode acabar sendo um veículo de doenças quando não há um controle adequado do saneamento básico e da educação sanitária da população. Segundo Brasil (2015), a poluição e a contaminação da água estão entre as principais causas de incidência de enfermidades, principalmente para a população de baixa renda, não atendidas por sistemas de abastecimento de água e de coleta e disposição de esgotos.

O saneamento básico promove a prevenção de doenças por meio da interrupção de algumas das vias de transmissão de doenças. A influência que o saneamento impõe à saúde coletiva é vista também na economia que esta gera ao país, pois, de acordo com Brasil (2004), a cada R\$ 1,00 investido em saneamento há uma economia de R\$ 4,00 em gastos com saúde pública.

5.2. Esgotamento Sanitário

Para Philippi Jr e Malheiros (2015), o ciclo de uso da água refere-se às atividades de retirada para consumo, adequação à qualidade requerida, uso propriamente dito, tratamento para reuso ou disposição final e despejo dos efluentes tratados no corpo d'água receptor, como representado na Figura 6.

Figura 6 - Modelo de ciclo de uso urbano da água



Fonte: Philippi Jr e Malheiros (2015).

Após o emprego da água para atividades humanas, suas características naturais são alteradas devido a incorporação de inúmeras substâncias. Assim, a estes despejos provenientes das diversas modalidades de uso da água, se dá o nome de esgoto, águas servidas ou águas residuárias (BRASIL, 2015).

O esgotamento sanitário é um dos pilares da Lei do Saneamento Básico (Lei Federal n.º 11.445/2007), definido através do Art. 2º, que para Brasil (2018, p. 1):

“[...] é constituído pelas atividades, disponibilização e pela manutenção de infraestrutura e das instalações operacionais de coleta, transporte, tratamento e disposição final adequados dos esgotos sanitários, desde as ligações prediais até a sua destinação final para a produção de água de reuso ou o seu lançamento final no meio ambiente”.

“As águas residuárias formadas pelo esgoto doméstico e eventuais lançamentos de esgoto industrial, somados às águas de infiltração, constituem juntos os esgotos sanitários” (BRASIL, 2015, p. 178). De acordo com Dacach (1991), o esgoto sanitário, apesar de ser constituído por 99,9 % de água, possui impurezas que impedem o seu uso como sucedâneo da água natural. O líquido do esgoto é o meio de transporte de inúmeras substâncias orgânicas, inorgânicas e microrganismos eliminados pelo homem diariamente. A parte sólida (0,1 %) é responsável pela deterioração da qualidade do corpo de água que recebe os esgotos e, portanto, sua informação é de grande valor para o conhecimento de qualquer sistema de tratamento de esgoto (BRAGA et al., 2005).

A água pode ser utilizada para fins domésticos e industriais, diferença relevante na concepção dos sistemas de abastecimento de água e de tratamento de águas residuárias. Isso se deve ao fato de serem necessárias qualidades de água diferenciadas para consumo, tratamento e disposição do efluente tratado ou reuso. Esgoto não doméstico provém de qualquer utilização da água para fins comerciais ou industriais e adquirem características próprias em função do processo empregado (SABESP, NTS 025, 2006). São exemplos desse tipo de esgoto os resíduos orgânicos de predominância agroindustrial além de águas residuárias de indústrias de metais, química, cerâmica, refrigeração e outros (BRASIL, 2015).

5.2.1. Esgoto doméstico

É a água residuária advinda da atividade higiênica e de limpeza (NBR 7229, ABNT, 1993). A sua composição, conforme Brasil (2015), é basicamente orgânica, abrangendo as águas que possuem a matéria originada pelas necessidades fisiológicas humanas e as águas servidas, provenientes das atividades domésticas (banho, lavagens de pisos, roupas etc.). Para Nuvolari (2003), em termos elementares, a composição do esgoto doméstico é carbono, hidrogênio, oxigênio, nitrogênio, fósforo, enxofre e outros microelementos.

Von Sperling (2005) diz que o efluente doméstico contém aproximadamente 99,9 % de água, o restante é constituído de: sólidos orgânicos, como proteínas, lipídeos e carboidratos; sólidos inorgânicos, como amônia e nitrato, suspensos e dissolvidos; e microrganismos. Devido a essa fração de 0,1 % que o esgoto deve ser tratado. Ainda, de acordo com Brasil (2015, p. 183), “as substâncias

componentes da fração sólida dos esgotos dependem dos costumes, da situação social, econômica da população, bem como do clima, entre outros fatores”.

O esgoto doméstico ou domiciliar pode ser dividido em águas negras e águas cinzas, sendo que a primeira se refere a parcela do esgoto que é proveniente das instalações sanitárias, contendo fezes e urina enquanto a outra, é aquela proveniente de banhos, lavagens e demais usos domésticos (BRASIL, 2015). Este tipo de esgoto tem sua origem principalmente nas residências, mas, que incluem também os efluentes das instalações sanitárias de estabelecimentos comerciais, de empresas e instituições. Ou seja, construções que possuem banheiro, lavanderia, cozinha e serviços com água para fins domésticos.

5.2.2. Tipos de esgotamento sanitário

De acordo com Von Sperling (2005), o sistema de esgotamento sanitário tem basicamente duas variantes: o sistema individual ou sistema estático e o sistema coletivo ou sistema dinâmico (Figura 7). O primeiro é adotado como solução local, individual e para poucas residências enquanto o outro, é destinado como solução que possui o afastamento dos esgotos da área servida.

Figura 7 - Resumo dos tipos de esgotamento sanitário



Fonte: Von Sperling (2005).

O sistema estático pode ser representado pelos tanques sépticos usualmente envolvendo infiltração no solo. De acordo com Crespo (2001), essencialmente, os componentes desse sistema são as fossas sépticas e os poços absorventes, também conhecidos como sumidouros.

Já o sistema coletivo é representado pela canalização que recebe o lançamento dos esgotos transportando o efluente ao seu destino final, de forma sanitariamente adequada, podendo ter duas variantes: sistema unitário ou combinado e sistema separador (VON SPERLING, 2005).

5.3. Fossas sépticas, secas e negras

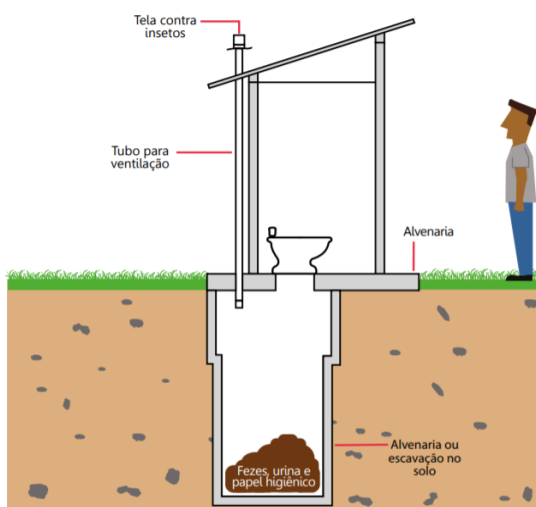
O inventor do tanque séptico foi Jean Louis Mouras, que construiu na França, em 1860, um tanque de alvenaria que passava os esgotos, águas pluviais e restos de comidas, antes de ir para o sumidouro. A quantidade de sólidos que foi estimada na época não era a esperada devido a função da redução apresentada no efluente líquido do tanque (BRASIL, 2004).

As fossas sépticas representam um tipo de tanque séptico, sendo considerada um sistema de tratamento individual de efluente doméstico formado por um tanque impermeável fechado que diminui a carga poluidora do esgoto, ajudando na proteção do meio ambiente. Elas evitam o lançamento direto das águas servidas em corpos hídricos, superficiais ou subterrâneos, e na superfície do solo, ajudando no controle de doenças.

Esse tipo de sistema, para Cruz (2013, p.1), “também chamado descentralizado, se projetado, construído, operado e com manutenções apropriadas pode proporcionar serviços adequados e benefícios ambientais e à saúde da população”. Os processos principais do sistema fossa séptica, de acordo com Gonçalves (2008) são a sedimentação e digestão anaeróbia, nos quais tem a função de tratar o esgoto doméstico, retraindo os sólidos e purificando a parte líquida.

Localidades desprovidas de abastecimento de água ou com escassez hídrica é comum a adoção de fossas secas, recebendo somente excretas sem dispor de veiculação hídrica (TONETTI et al., 2018). Como ilustrado na Figura 8, é feito um buraco escavado no solo para receber as fezes, urina e papel higiênico. Ao redor desta, é construído um cômodo coberto para proteção e conforto do usuário.

Figura 8 – Esquema de fossa seca



Fonte: Tonetti et al. (2018).

No Brasil, é comum o descarte incorreto do esgoto doméstico onde alguns domicílios adotam fossas negras como solução de esgotamento sanitário. Consiste em uma escavação profunda sem nenhum ou com insuficiente revestimento na base e nas paredes. São empregadas na zona rural e suburbanas, recebendo diretamente os esgotos das residências e, devido à quantidade grande de sólidos em suspensão, matéria orgânica em digestão e ao lodo digerido, ocorre a colmatação do solo verificando a perda de capacidade de infiltração do solo (BRASIL, 2015).

No mecanismo de fossa negra existe o contato direto do esgoto bruto com o subsolo, trazendo alto risco de contaminação do lençol freático, corpos hídricos e do solo, o que acarreta riscos para a população. Segundo Tonetti et al. (2018), esse tipo de fossa também é chamada de fossa rudimentar, absorvente ou caipira, sendo que depois dela, a fossa séptica é a tecnologia mais utilizada no Brasil, demonstrando a importância em conhecer esse tipo de tratamento individualizado.

5.3.1. Normas técnicas

O sistema de fossa séptica é normatizado pela NBR 7229 de 1993. O objetivo desse documento é, segundo NBR 7229 (ABNT, 1993, p. 1):

“[...] fixar as condições exigíveis para projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos, incluindo tratamento e disposição de efluentes e lodo sedimentado. Tem por objetivo preservar a saúde pública e ambiental, a higiene, o conforto e a segurança dos habitantes de áreas servidas por estes sistemas.”

Com a norma citada acima, as fossas sépticas mudaram a denominação oficial para tanques sépticos com o intuito de evitar alguma associação do sistema com o lançamento de esgoto sem tratamento conhecido como fossa negra (LEAL, 2000). Apesar disso, ainda é comumente chamado de fossa séptica.

Segundo Brasil (2015, p. 190), “quando não dimensionadas, não executadas e não mantidas de forma adequada, podem resultar em problemas de contaminação ambiental (do solo e da água)”. Assim, é necessário seguir os critérios estabelecidos (dimensão, execução e operação) pela NBR 7229 (ABNT, 1993) com o intuito de garantir o seu correto funcionamento bem como sua influência ao meio ambiente. Já a NBR 13969 (ABNT, 1997) padroniza os projetos, construções e operações das unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos advindos das fossas sépticas.

5.3.2. Definições

Tonetti et al. (2018) consideram a fossa séptica como uma câmara impermeável que armazena a água servida por um tempo estabelecido, permitindo que o material sólido sedimente em seu fundo, formando um lodo rico em microrganismos, responsáveis pela degradação da matéria orgânica do esgoto. O sistema proporciona também a flutuação de óleos e gorduras.

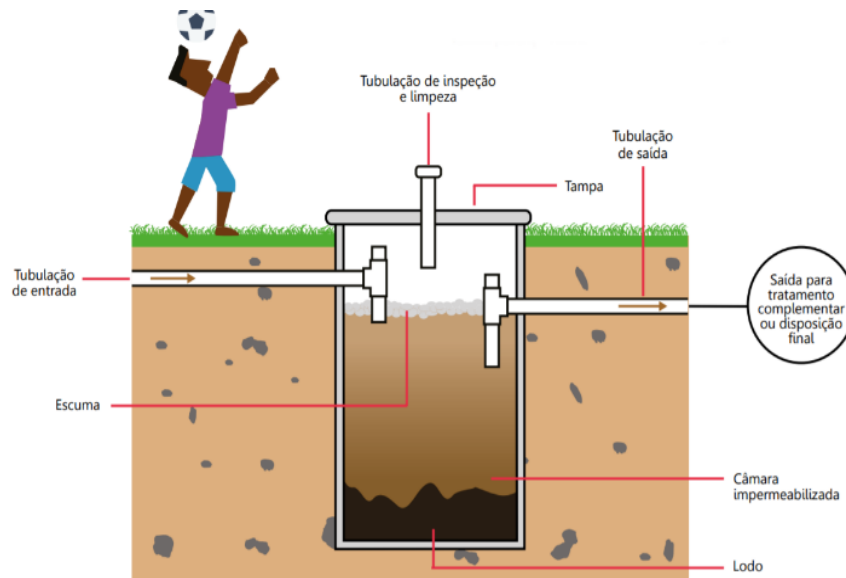
De acordo com a NBR 7229 (ABNT, 1993), a fossa séptica trata o esgoto por processos de sedimentação, flotação e digestão sendo ela uma unidade cilíndrica ou retangular de fluxo horizontal. Quando somadas unidades complementares de tratamento de efluentes nas fossas, é então formado o sistema de fossa séptica, conjunto de unidades destinadas ao tratamento e à disposição final de esgotos domésticos.

Para Brasil (2015, p. 194), as fossas sépticas são consideradas:

“[...] câmaras fechadas com a finalidade de deter os despejos domésticos, por um período de tempo estabelecido, de modo a permitir a decantação dos sólidos e retenção do material graxo contido nos esgotos transformando-os bioquimicamente, em substanciais e compostos mais simples e estáveis”.

Os seus componentes estão representados na Figura 9, onde existe a formação de lodo na parte inferior do tanque e a espuma, na parte superior, constituída por sólidos não sedimentados como graxas, óleos e gorduras.

Figura 9 - Esquema geral de fossa séptica



Fonte: Tonetti et al. (2018).

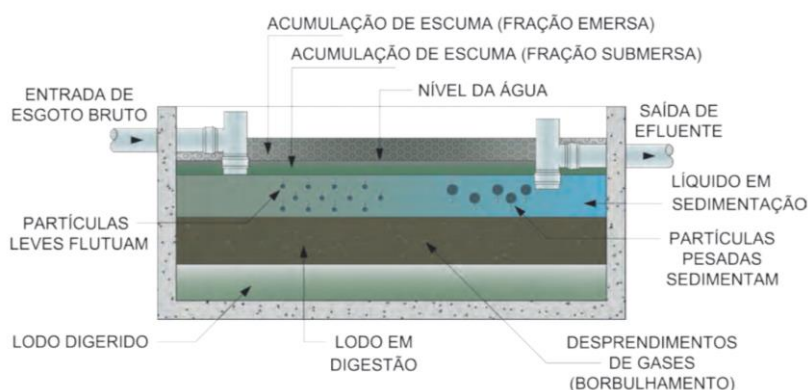
5.3.3. Funcionamento

A fossa séptica realiza várias funções ao mesmo tempo, transformando as características biológicas, químicas e físicas do esgoto. As etapas do processo de tratamento que ocorrem simultaneamente nas fossas sépticas, estão descritas abaixo (BRASIL, 2015):

- a) Retenção: o esgoto doméstico é detido na fossa por um tempo racionalmente estabelecido, variando de 12 a 24 horas, dependendo das contribuições afluentes como o número de habitantes da residência;
- b) Decantação: transcorre de maneira simultânea à fase retentora aonde há uma sedimentação de 60% a 70% dos sólidos em suspensão contido no esgoto, depositando-se no fundo do tanque e formando assim, o lodo;
- c) Flotação: os sólidos que não foram decantados (óleos, graxas, gorduras e outros materiais misturados com gases), ascendem para a superfície livre do líquido no interior do tanque e são chamadas de espuma;
- d) Digestão: ocorre o ataque de bactérias anaeróbias (microrganismos que atuam sem a presença de oxigênio no meio) no lodo e na espuma, provocando uma destruição total ou parcial de organismos patogênicos;
- e) Redução de volume: na digestão, resultam gases, líquidos e acentuada redução de volume dos sólidos retidos e estabilizados.

A Figura 10 representa as etapas principais de uma fossa séptica.

Figura 10 - Funcionamento geral de uma fossa séptica



Fonte: Brasil (2015).

O efluente líquido da fossa séptica possui elevada Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) que, para Brasil (2004), significa a quantidade de oxigênio necessária para estabilizar a matéria orgânica, sendo um parâmetro empregado para medir indiretamente o grau de poluição de esgotos.

De acordo com Von Sperling (2005), pelo fato desse sistema ser um tanque de sedimentação (sem reações bioquímicas na fase líquida), a remoção de DBO é limitada. Assim, o efluente precisa de uma disposição cuidadosa, previamente tratada, que o impeça de contaminar águas subterrâneas e cursos de água. Brasil (2004) considera que é necessária uma solução eficiente e econômica da disposição desse efluente, como filtro anaeróbio, sumidouro e vala de infiltração.

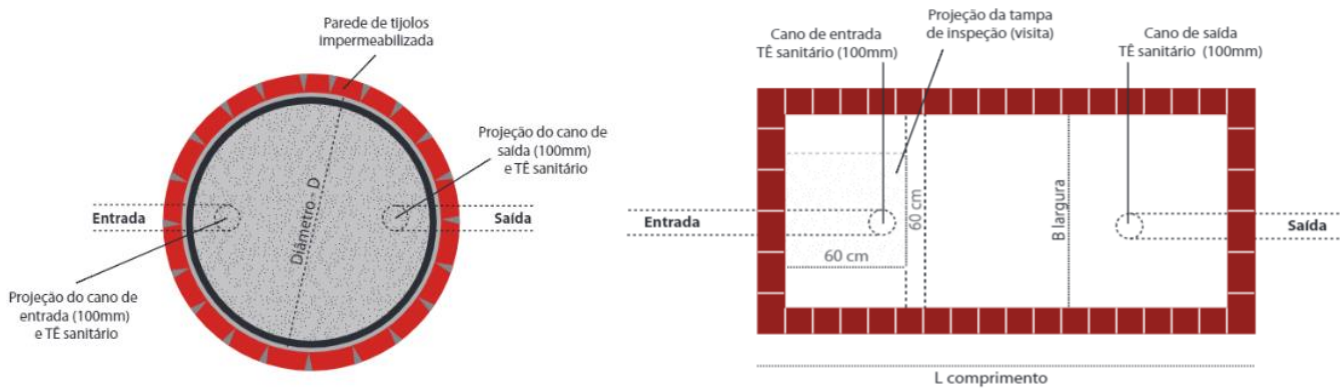
5.3.4. Materiais e geometria

De acordo com a NBR 7229 (ABNT, 1993), uma resistência mecânica adequada e resistência ao ataque químico de substâncias contidas no esgoto devem ser obedecidas pelos materiais utilizados na construção da fossa séptica. Ainda segundo a norma, os materiais podem ser: alvenaria de tijolo, concreto armado (moldado *in loco* ou anéis pré-moldados), chapas metálicas revestidas e componentes de poliéster armado com fibra de vidro.

Assim, para Tonetti et al. (2018), pode ser construído com qualquer material que garanta a impermeabilização das paredes e fundo. Isso para que não ocorra a infiltração do líquido contido no tanque diretamente no solo ou corpos hídricos. A geometria das fossas sépticas podem ser prismáticas retangulares ou cilíndricas,

dependendo da área disponibilizada para sua implantação. A Figura 11 demonstra os formatos, materiais e esquemas representativos desse dispositivo.

Figura 11 – Esquema de uma fossa séptica circular (esquerda) e retangular (direita)



Fonte: CETESB Ambiental (s.d).

5.3.5. Recomendações de uso

A utilização do sistema de fossa séptica somente é indicada, segundo NBR 7229 (ABNT, 1993) para regiões desprovidas de rede pública coletora de esgoto, como alternativa de tratamento de esgoto em localidades que possuem a rede de esgoto ou ainda, para retenção prévia dos sólidos sedimentáveis. Além disso, esse dispositivo não deve receber águas proveniente de chuvas e despejos capazes de causar interferência negativa no tratamento do esgoto, podendo ser ocasionados por elevadas variações na vazão do afluente (água proveniente de piscinas, lavagem de carros, pisos externos e reservatórios de água) e por produtos químicos.

5.3.5.1. Caixa de gordura

Brasil (2015) diz que para as águas cinzas provenientes da pia da cozinha, recomenda-se colocar uma caixa de gordura na saída da habitação, indo em seguida para a fossa séptica. Esse dispositivo é construído para reter a gordura e outros sólidos, prevenindo o entupimento nas tubulações que levam o esgoto à fossa, a colmatação dos sumidouros e a obstrução dos ramais condominiais. Podem ser construídas em alvenaria de tijolos, concreto ou pré-fabricadas em casas de materiais de construção. Devem ser inspecionadas e sua limpeza deve ser feita periodicamente

a cada seis meses, dependendo dos hábitos dos moradores sobre o modo como preparam alimentos com gordura e óleos.

5.3.6. Distâncias mínimas

A partir da face externa mais próxima aos elementos considerados, as distâncias horizontais mínimas em que as fossas sépticas devem seguir são, conforme a NBR 7229 (ABNT, 1993):

- 1,50 m de construções, limites de terrenos e sumidouros;
- 3,0 m de árvores e de qualquer ponto de rede pública de água;
- 15,0 m de poços freáticos e de corpos de água de qualquer natureza.

Essas distâncias são pontos importante a ser analisado durante o projeto das fossas sépticas, pois auxiliam no seu correto funcionamento evitando que, por exemplo, as raízes das árvores quebrem as suas paredes e os corpos hídricos não sejam contaminados devido a infiltração do efluente no solo e no lençol freático.

5.3.7. Dimensionamento

Deve atender às disposições da NBR 7229 (ABNT, 1993). No projeto, é de suma importância a determinação criteriosa da vazão, uma vez que ela influencia diretamente no processo de tratamento do esgoto e sedimentação dos sólidos.

Os parâmetros a serem considerados para o dimensionamento de fossas sépticas são: contribuição de despejos e de lodo fresco, período de retenção dos despejos e a taxa de acumulação total de lodo. Todos esses estão dispostos em tabelas da NBR 7229 (ABNT, 1993), o que viabiliza o cálculo do volume útil do tanque além de mostrar o passo a passo necessário para o seu dimensionamento, fornecendo também desenhos ilustrativos e cortes esquemáticos.

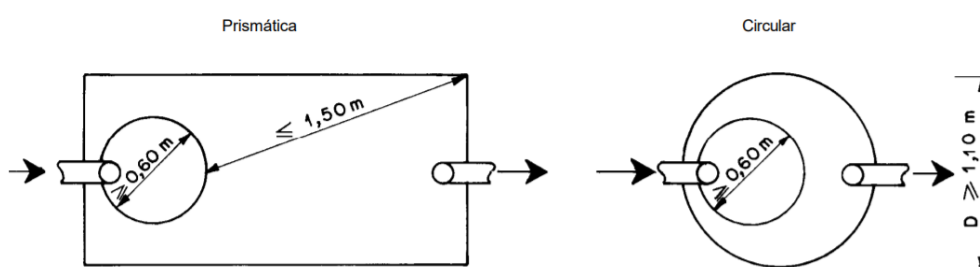
5.3.8. Aspectos construtivos

As aberturas de inspeção das fossas sépticas (Figura 12) devem permitir a remoção do lodo produzido e da espuma acumulada, bem como a desobstrução dos

dispositivos internos. As seguintes relações de distribuição e medidas devem ser observadas, conforme a NBR 7229 (ABNT, 1993):

- a) todo tanque deve ter no mínimo uma abertura igual ou superior a 60 cm, que permita acesso direto ao dispositivo de entrada do esgoto no tanque;
- b) o máximo raio de abrangência horizontal, admissível para efeito de limpeza, é de 1,50 m, a partir do qual nova abertura deve ser necessária.

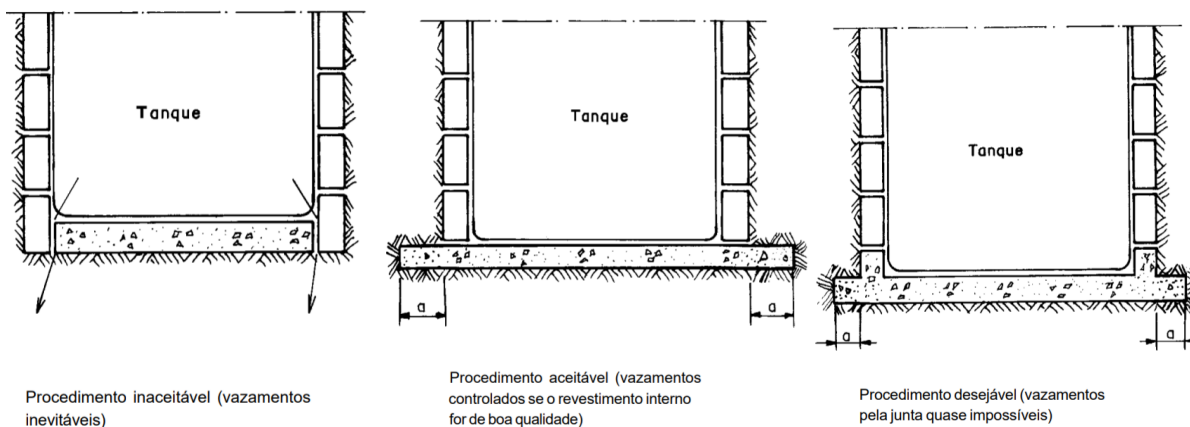
Figura 12 – Aberturas e raio de abrangência mínimos para fossas com câmara única



Fonte: NBR 7229 (1993).

As fossas devem ser estanques e antes da construção de suas paredes laterais, a laje de fundo deve ser feita logo após a escavação do solo (conforme Figura 13), evitando possíveis patologias que prejudicariam o funcionamento do sistema. O tanque feito de alvenaria, precisa ser impermeáveis, revestidos internamente com material de desempenho equivalente à camada de argamassa de cimento e areia no traço 1:3 e espessura de 1,5 cm (NBR 7229, ABNT, 1993).

Figura 13 - Junção laje de fundo e paredes laterais



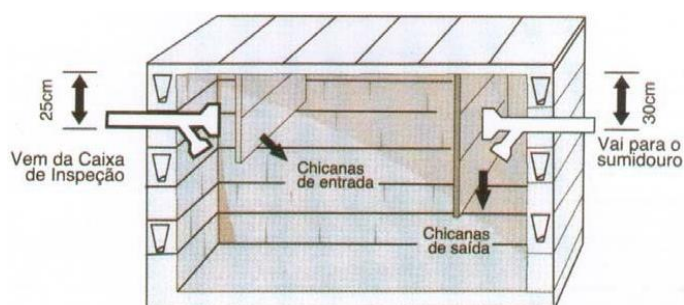
Nota: a = dimensão de acordo com dimensionamento para não-flutuação devido ao empuxo.

Fonte: NBR 7229 (1993).

As paredes das fossas sépticas de uso doméstico, individuais e coletivos, com volume útil de até 6,0 m³, de acordo com a NBR 7229 (ABNT, 1993), devem ter espessuras de 8 a 10 cm se construídas em concreto armado, ou então, de 20 a 22 cm se feitas em alvenaria cerâmica.

Como a matéria orgânica do esgoto é degradada pelos microrganismos presentes no lodo depositado no fundo do tanque, para Tonetti et al. (2018), a tubulação de entrada desse deve ter um tê que facilita a condução do esgoto direto para o fundo, para que assim, ele entre em contato com o lodo. Tem-se ainda um anteparo chamado chicana (Figura 14) para que o esgoto entre e perca a velocidade, facilitando dessa maneira a decantação dos sólidos.

Figura 14 - Detalhe de tanque séptico com chicanas



Fonte: FK Comércio (s.d).

Souza (2009) diz que a canalização do sistema de esgoto deve ser sempre em linha reta e com declividade uniforme de 2 a 3% para material em PVC. A fossa séptica deve estar em um nível inferior após a última caixa de passagem (CP), objeto destinado a permitir a inspeção e desobstruções de canalizações, e as tubulações de entrada e saída devem ser de 100 mm de diâmetro.

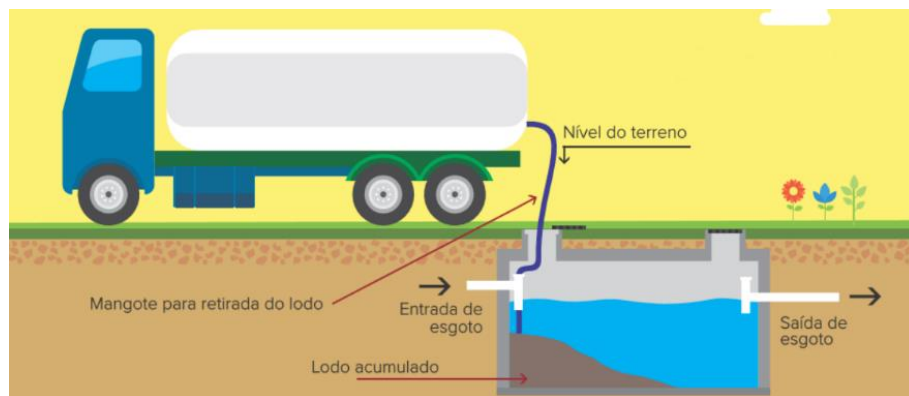
5.3.9. Manutenção e limpeza

O lodo e a espuma acumulados nas fossas devem ser removidos por profissionais especializados em intervalos equivalentes ao período de limpeza do projeto. Quando da remoção do lodo digerido, aproximadamente 10% de seu volume devem ser deixados no interior do tanque. Segundo Crespo (2001), essa retirada do lodo não deve ser total, deixando na unidade um pouco de material para inoculação

bacteriana. Essa sementeira é indispensável para garantir a eficiência da fossa num curto período de tempo.

Antes de operar no interior das fossas, conforme NBR 7229 (ABNT, 1993), as tampas devem ser mantidas abertas para ventilá-las por tempo suficiente à remoção de gases tóxicos ou explosivos de no mínimo 5 minutos. Para a limpeza, utiliza-se os serviços de caminhão tipo “limpa-fossa”, equipado com uma bomba de vácuo que permite que o tanque seja aspirado por meio da inserção de um mangote de sucção (Figura 15) não havendo o contato direto dos profissionais com os resíduos produzidos.

Figura 15 - Esquema de limpeza por meio de caminhão "limpa-fossa"



Fonte: SANEPAR (s.d).

É importante também educar os donos das fossas sépticas sobre os efeitos negativos devido à pouca manutenção e reparo desses sistemas. Não se deve jogar soluções de soda cáustica nas fossas, pois causa a colmatação em solos argilosos e prejudica na eficiência do sistema (BRASIL, 2015).

Já o lodo e a espuma removidos das fossas não podem ser lançados em corpos de água ou galerias de águas pluviais. Para a NBR 7229 (ABNT, 1993), em locais sem rede coletora de esgoto, os órgãos responsáveis pelo meio ambiente, saúde e saneamento básico devem ser consultados sobre o que fazer para que os lodos coletados sejam tratados e dispostos sem danos à saúde e ao meio ambiente.

5.3.10. Eficiência

Quando as fossas sépticas são bem projetadas, construídas e com manutenção e operação adequadas, as eficiências de remoção são, conforme

Nuvolari (2003): sólidos suspensos de 50 a 70 %; DBO varia de 40 a 60% e óleos e graxas de 70 a 90 %. Já para Brasil (2015), a remoção de DBO varia de 30 a 45 %; sólidos suspensos em torno de 60 % e coliformes fecais, percentuais de 25 a 75 %.

5.4. Alternativas de pós-tratamento de fossa séptica

Os tanques sépticos, na maioria das vezes, não produzem efluente de acordo com os padrões de lançamento. Assim, é preciso que este seja encaminhado a um pós-tratamento, uma vez que ainda apresenta elevado teor de matéria orgânica solúvel e de organismos patogênicos (CRUZ, 2013).

Segundo Brasil (2015, p. 204):

“O efluente líquido do tanque séptico tem aspecto e cheiros desagradáveis, concentração de DBO e é potencialmente contaminado devido à presença de bactérias em grande quantidade, inclusive patogênicas não eliminadas na fase anaeróbia, exigindo, por estas razões, uma solução eficiente de sua disposição”.

Esse odor característico é devido à presença de gás sulfídrico e outros gases produtores de odores. A fossa séptica não purifica os esgotos, apenas reduz a sua carga orgânica a um grau de tratamento aceitável em determinadas condições (SOUZA, 2009).

As comunidades isoladas são núcleos habitacionais que não estão conectados aos serviços públicos de saneamento básico. Nessas, após o esgoto doméstico passar por um processo de tratamento, produz um resíduo líquido que deverá ser conduzido para o chamado destino final (TONETTI et al., 2018).

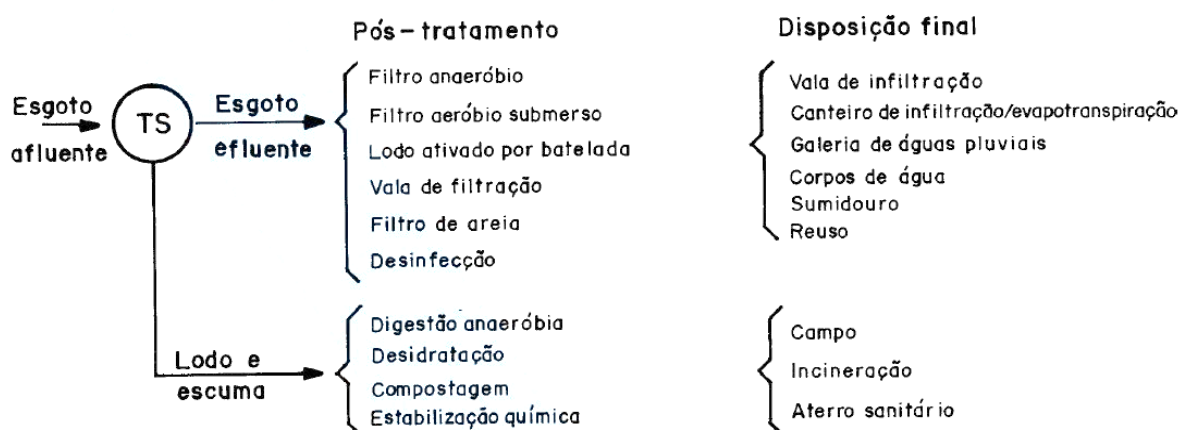
As possibilidades existentes são a disposição no solo ou nos corpos d'água, na qual a primeira opção se mostra, ainda, a mais adequada para comunidades isoladas (TONETTI et al., 2018). Para escolher qual o processo a ser adotado, deve-se analisar primeiro os seguintes fatores (BRASIL, 2015, p. 205):

[...] a natureza, utilização e densidade de ocupação do solo; a profundidade do lençol freático; o grau de permeabilidade do solo; a utilização e localização da fonte de água de subsolo utilizada para consumo humano; o volume e taxa de renovação das águas de superfície”.

De acordo com Tonetti et al. (2018, p. 101), “para que seja feita uma escolha correta da tecnologia a ser empregada para a disposição do esgoto tratado no solo, é necessário avaliar a profundidade do lençol freático e o tipo do solo do

local”. A NBR 7229 (ABNT, 1993) sugere vários tipos de tratamento complementar e disposição final para o efluente do tanque séptico, conforme mostrado na Figura 16. Essas possíveis alternativas para o tratamento local de esgotos são descritas pela NBR 13969 (ABNT, 1997) que traz procedimentos técnicos para o seu projeto, construção e operação.

Figura 16 - Fluxograma do tratamento complementar e disposição final para o efluente do tanque séptico (TS)



Nota: Pode haver combinação entre as alternativas citados acima

Fonte: NBR 13969 (1997).

Para que o esgoto tratado possa ser disposto em corpos hídricos, o sistema deve atender as qualidades impostas pelas normas brasileiras, Resoluções do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 357/2005 e nº 430/2011, além de leis estaduais e ambientais quando existirem no local de despejo.

5.4.1. Sumidouros

Também chamados de poços absorventes, os sumidouros, segundo a NBR 13969 (ABNT, 1993) são escavações verticais no solo, destinados à depuração e disposição final do esgoto. De acordo com Brasil (2004), povos do antigo império Caldeu, há 6.000 anos, descarregavam seus esgotos em covas profundas. Outro exemplo visto está na Bíblia no livro de Deuteronômio, onde Moisés ordenava que as necessidades humanas fossem feitas fora da área do acampamento militar, enterrando-os. Ou seja, a prática de lançar o esgoto no subsolo é muito antiga e perdura até os dias atuais.

5.4.1.1. Funcionamento

O esgoto já tratado é aplicado na parte superior do sumidouro e é absorvido pelo solo, através das paredes e do fundo da unidade. Durante a percolação do esgoto, ocorre a sua depuração devido a processos físicos, químicos e biológicos (TONETTI et al., 2018). Assim, para absorver o efluente que sai da fossa séptica, o sumidouro utiliza a capacidade de infiltração natural do solo daquela região onde ele está fixado. A parte sólida do afluente que chega ao poço absorvente é degradada por microrganismos anaeróbios, a porção líquida se infiltra no solo enquanto os gases formados no sistema escapam pelo suspiro.

5.4.1.2. Influência do solo

Brasil (2015) considera o solo um excelente purificador dos esgotos domésticos pois promove uma grande diminuição dos organismos patogênicos. Para Caputo (2013) o solo pode ser considerado como um sistema disperso formado por três fases (sólido, líquido e gasoso) e conforme as dimensões das partículas constituintes do solo, elas podem ser classificadas em pedregulho, areia, silte e argila.

A existência de espaços vazios interconectados faz com se tornem permeáveis, através dos quais a água consegue fluir por eles. Logo, o movimento da água através do solo é guiado de acordo com o tamanho das suas partículas que regula a dimensão dos poros.

A permeabilidade, segundo Caputo (2013, p. 66) “é a propriedade do solo de permitir o escoamento da água através desse”. Representa a dificuldade com que a água tem para percolar os espaços porosos do solo. Portanto, para Brasil (2015, p. 197), “quanto maiores as partículas constituintes do solo, maiores os poros e mais rápida será a absorção, ou seja, a permeabilidade”.

Materiais granulares não coesivos (areias) apresentam uma grande porosidade, facilitando o fluxo da água através do solo, ao contrário do que acontece em materiais finos e coesivos (argilas), apresentando baixa permeabilidade (BRASIL, 2015). De uma maneira prática, pode-se considerar que quanto maior for a permeabilidade de um solo, menor será a dimensão do sumidouro para aquele local.

5.4.1.3. Recomendações

De acordo com a NBR 13969 (ABNT, 1997) o uso do sumidouro é indicado somente em locais onde o lençol freático é profundo, sendo importante o solo ser permeável. Por isso que, para Tonetti et al. (2018), o conhecimento da profundidade do lençol freático é importante, quanto mais profundo, mais segura é a disposição de esgotos no solo e menor a chance de ele contaminar as águas subterrâneas.

5.4.1.4. Materiais e geometria

Para Nuvolari (2003), os sumidouros podem ser construídos com alvenaria de tijolos, pedras ou ainda por anéis pré-moldados de concreto com furos na parede lateral, deixando o fundo livre para que ambos permitam a infiltração do líquido no solo. No que se refere a geometria, os poços absorventes podem ser cilíndricos ou prismáticos. A Figura 17 ilustra os materiais mais empregados para sumidouros.

Figura 17 - Materiais mais comuns em sumidouro: concreto (esquerda) e blocos cerâmicos (direita)

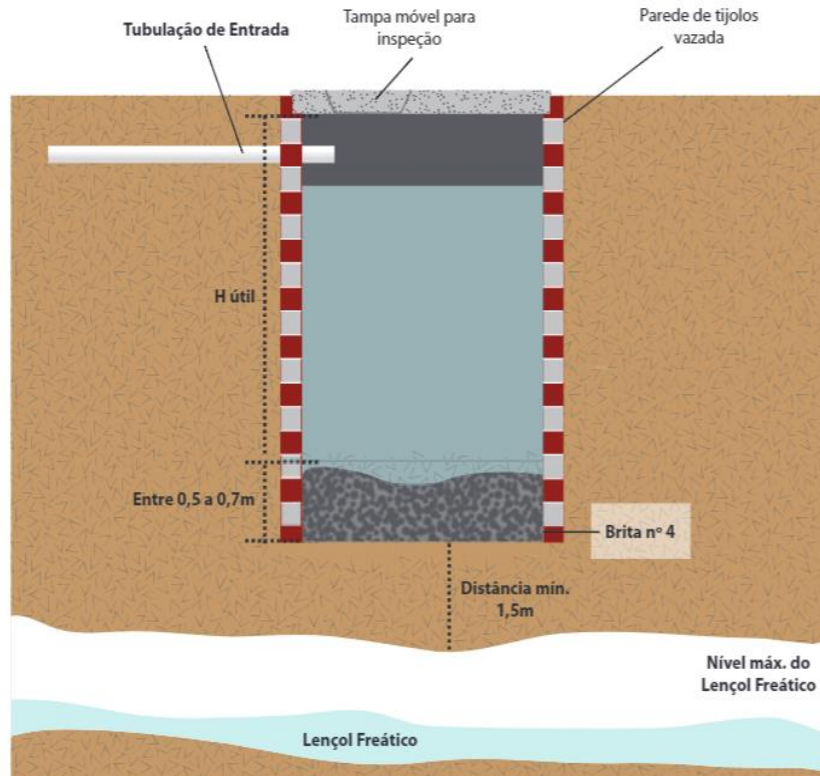


Fonte: SANEPAR (s.d).

5.4.1.5. Dimensões e distâncias mínimas

Deve ser obedecida e garantida uma distância vertical mínima entre o fundo do sumidouro e o nível máximo do aquífero de 1,50 m (Figura 18). Essa distância precisa ser mantida para que a altura útil do poço possa ser determinada e o diâmetro interno deve ser de no mínimo 30 cm (NBR 13969, ABNT, 1997).

Figura 18 - Distância entre sumidouro e o nível máximo do lençol freático



Fonte: CAESB Ambiental (s.d) – Adaptado.

As distâncias horizontais mínimas a serem obedecidas são de 1,50 m para construções e limites de terreno; 3,0 m de árvores e pontos da rede públicas de abastecimento de água e 15,0 m de corpos d'água e poços freáticos.

Nuvolari (2003) fala que, nesse último tópico, depende da natureza do solo, indicando que para terrenos arenosos, com alta permeabilidade, a distância seja ainda maior. É aconselhado a distância de 3,0 m entre sumidouros múltiplos para que suas áreas de infiltração não interfiram entre si, prejudicando o funcionamento do sistema no qual ele está inserido.

5.4.1.6. Dimensionamento

De acordo com a NRB 13969 (ABNT, 1997), as características do solo desempenham papel fundamental onde o sumidouro é instalado, como a capacidade de percolação do solo bem como sua composição química e saturação.

Para o cálculo do poço absorvente é necessário determinar área das suas paredes, ou seja, a área de infiltração necessária (m^2), que depende da capacidade e absorção do terreno (coeficiente de infiltração). Brasil (2015, p. 197) considera que

“estabelecer a capacidade de absorção do solo, ou sua permeabilidade, é imprescindível para a definição da solução adequada dos efluentes do tanque séptico”.

Esse coeficiente de infiltração pode ser encontrado por meio de métodos laboratoriais ou de testes práticos in loco. A NBR 13969 (ABNT, 1997) sugere que seja feito um teste de percolação do solo para ter em mãos um valor mais exato da capacidade de receber e infiltrar o esgoto tratado daquele solo onde o sumidouro está aplicado.

As dimensões do sumidouro podem ser calculadas seguindo o passo a passo do item 4.5.2.4 – Sumidouro, referente ao Manual de Saneamento elaborado pelo Ministério da Saúde e FUNASA. No manual é sugerido que se encontre primeiramente a área de infiltração do solo e depois a profundidade do sumidouro e o diâmetro a ser adotado. O documento menciona também como segurança que a área do fundo não deve ser computada no cálculo, pois o fundo logo se colmata com o tempo (BRASIL, 2015).

5.4.1.7. Aspectos construtivos

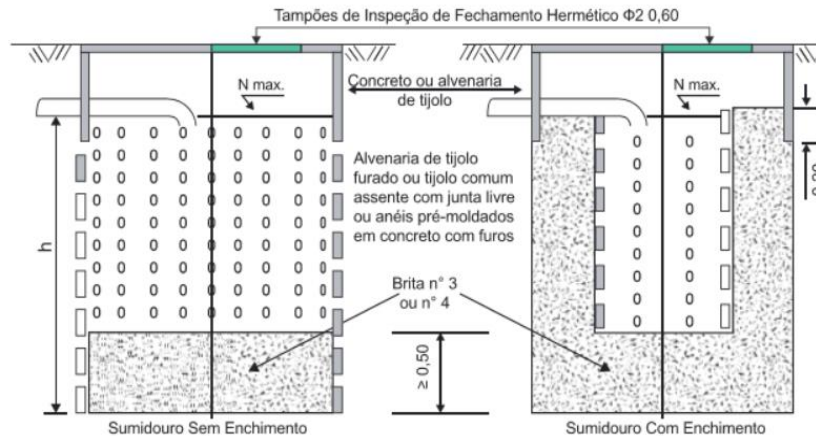
Segundo a NBR 13969 (ABNT, 1997), os detalhes construtivos desempenham grande influência no funcionamento e durabilidade do sistema que utiliza o subsolo como disposição final do efluente. Entretanto, a mesma norma não aborda quais são os processos construtivos necessários para os sumidouros, indicando apenas que durante a sua construção, o fundo e as paredes laterais não sofram qualquer compactação.

Os blocos só podem ser assentados com argamassa de cimento e areia nas juntas horizontais, uma vez que as juntas verticais facilitam no escoamento dos efluentes. As três primeiras fiadas de blocos cerâmicos da parede do sumidouro não devem conter furos ou espaços, com o intuito de impedir as enxurradas ocasionadas durante o período da chuva na região onde este se encontra.

Brasil (2015) considera que a laje de cobertura seja de concreto armado ficando acima do nível do terreno, possuindo ainda uma abertura de inspeção de fechamento hermético de no mínimo 60 cm. Recomenda-se também, fazer um aterro compactado em torno da laje do sumidouro para proteger sua base, desviar as águas pluviais e dificultar a entrada de roedores, que podem ser transmissores de doenças.

No fundo do sumidouro, como mostra a Figura 19, devem ser feitos enchimentos de cascalho, brita nº 03 ou nº 04, com uma altura de no mínimo 50 cm.

Figura 19 - Esquema detalhado de sumidouro



Fonte: Brasil (2015).

5.4.1.8. Cuidados

“Não é recomendado que esgoto bruto seja aplicado diretamente no sumidouro pois desse modo este poderia entupir rapidamente, deixando de cumprir com sua função” (TONETTI et al., 2018, p. 119). Ele perde sua funcionalidade devido o fenômeno da colmatção, que é o bloqueio dos poros do solo gerando alterações nas suas condições hidrodinâmicas como a redução da condutividade hidráulica.

De acordo com Silva (2014, p. 50), “o fenômeno de colmatção afeta diretamente a capacidade drenante do meio poroso por onde o fluxo se dá, reduzindo-a à medida que os espaços disponíveis diminuem”, e com isso, o solo não consegue filtrar e purificar o efluente doméstico contido no sumidouro. Assim, uma maneira de retardar esse fenômeno, para Mendes, Dias e Rodrigues (2007), é a utilização da caixa de gordura que ajuda a diminuir a quantidade de óleos e gorduras no efluente e assim, evita a impermeabilização da sua parede em contato com o solo, contribuindo na vida útil do sistema fossa-sumidouro.

Quando houver a obstrução das superfícies internas do sumidouro, é recomendado pela NBR 13969 (ABNT, 1997) que durante pelo menos seis meses, suas paredes internas fiquem expostas ao ar livre, permitindo assim, que a capacidade infiltrativa do solo seja recuperada.

5.4.1.9. Eficiência do conjunto tanque séptico e sumidouro

Segundo a NBR 13969 (ABNT, 1997) as faixas prováveis de remoção dos poluentes adotando como tratamento as fossas sépticas com sumidouros são: DBO (50 a 80 %); sólidos sedimentáveis (100 %); coliformes fecais (99,5 % ou mais); fosfato (30 a 70 %) e nitrogênio amoniacal (50 a 80 %).

6. METODOLOGIA

Segundo Gil (2010), a pesquisa é desenvolvida durante um processo envolvendo várias etapas, desde a adequada formulação do problema até a satisfatória apresentação dos resultados. Sendo assim, este trabalho será resultado de revisão bibliográfica, caracterização do objeto de estudo, revisão documental e pesquisa de campo.

6.1. Caracterização do objeto de estudo

O objeto de estudo deste trabalho é o município de Aparecida do Rio Negro (Figura 20) pertencente ao estado do Tocantins e possui uma área de 1160,368 km².

Figura 20 – Entrada principal de Aparecida do Rio Negro



Fonte: <https://www.ferias.tur.br/fotos/9799/aparecida-do-rio-negro-to.html> (s.d).

A localização geográfica da cidade referente ao estado é destacada na Figura 21, estando o município situado na latitude -09°57'06" sul e na longitude 47°58'20" oeste e a sede municipal a uma altitude média de 265 m, conforme dados da Secretaria do Planejamento e Orçamento do Tocantins (SEPLAN-TO, 2017). O

município está distante 70 km capital Palmas por meio da rodovia TO-020, sendo uma das principais vias de acesso ao Jalapão, região de grande importância turística .

Figura 21 – Mapa do Tocantins destacando o município de Aparecida do Rio Negro



Fonte: ABREU, R. L. (2006).

De acordo com o IBGE (2010), sua população total estimada em 2018 era de 4.741 pessoas, sendo que a população no último censo demográfico (2010) foi de 4.213 habitantes, dos quais 3.313 são da área urbana. No que se refere à sua densidade demográfica, o município possui 3,63 habitantes/km².

Referente a história dessa cidade, de acordo com o IBGE (2017), a sua instalação ocorreu no dia 1º de junho de 1989 e o topônimo de Aparecida do Rio Negro deve-se a homenagem feita à padroeira da cidade, Nossa Senhora Aparecida, e ao rio que banha a cidade, o rio Negro.

6.1.1. Bioma e clima

O bioma que caracteriza Aparecida do Rio Negro é o cerrado (SEPLAN-TO, 2017), possuindo grandes arbustos e as árvores esparsas, de galhos retorcidos e raízes profundas. De acordo com Silva (s.d), no Estado do Tocantins o clima predominante é o tropical com inverno seco, apresentando uma estação chuvosa no verão (novembro a abril) e uma estação seca no inverno (maio a outubro), sendo julho o mês mais seco. Já quando se faz a regionalização climática do Estado, o município de Aparecida do Rio Negro é caracterizado pelo clima do tipo úmido subúmido sendo megatérmico e apresentando deficiência hídrica moderada no inverno.

6.1.2. Aspectos econômicos

O município de Aparecida do Rio Negro apresenta forte investimento nas áreas de agricultura, pecuária, aquicultura além da indústria. De acordo com dados do IBGE (2010), pode-se destacar como produções principais as seguintes áreas:

- Agricultura (em toneladas): arroz (720), milho (15.120) e soja (52.920);
- Pecuária (por cabeça ou número de animais): rebanhos bovinos (23.934), aves (17.501) e suínos (1.984).

Outra atividade econômica relacionada ao município é a extração e o engarrafamento de água mineral sendo vendida para Palmas, Maranhão, Pará, Goiás e Bahia. Tem-se ainda as atividades industriais de olaria, marcenaria e serralheria.

6.2. Planejamento da pesquisa

6.2.1. Pesquisa bibliográfica e documental

A pesquisa bibliográfica é utilizada em qualquer trabalho no meio científico, colocando o autor a tomar conhecimento do que já foi estudado sobre determinado assunto. Para Gil (2010) são utilizados materiais impressos como livros, dissertações, revistas, teses e anais de eventos científicos podendo ser disseminado por meio da internet. Já a pesquisa documental é baseada no uso de fontes como tabelas e registros estatísticos, documentos institucionais de órgãos públicos etc.

Sendo assim, nesta primeira etapa foram estudados principalmente o esgotamento sanitário com foco em fossa sépticas e fossas negras para se ter maior aprofundamento sobre o assunto, como sua utilização, principais características, funções e variantes que interferem na sua aplicação e seu funcionamento. Além do acervo da biblioteca do IFTO – *Campus* Palmas, foram utilizadas monografias, artigos acadêmicos, teses, sítios, pesquisas estatísticas além da legislação e de normas técnicas.

6.2.2. Pesquisa de campo

O estudo de campo, conforme Gil (2010), procura aprofundar uma realidade específica e seus resultados costumam ser mais fidedignos quando

comparado a outros métodos. É estudado um único grupo ou comunidade tendendo a utilizar mais técnicas de observação do que de interrogação. A metodologia é baseada em entrevistas com informantes para percepção daquela realidade e na observação direta das atividades do grupo em estudo.

Dentro dessa coleta de dados, foi realizada para este trabalho, o recurso da pesquisa ex-post-facto. Nesse tipo, o estudo é feito após a ocorrência de variações na variável dependente no curso natural dos acontecimentos (GIL, 2010). O objetivo principal, segundo Silveira e Corcova (2009, p.38) é:

“[...] investigar possíveis relações de causa e efeito entre um determinado fato identificado pelo pesquisador e um fenômeno que ocorre posteriormente. A principal característica deste tipo de pesquisa é o fato de os dados serem coletados após a ocorrência dos eventos”.

Posto isso, a pesquisa utilizada foi do tipo ex-post-facto pois, durante o período chuvoso, anualmente, muitas fossas sépticas extravasam e acabam lançando os efluentes nas ruas da cidade, ou seja, o evento acontece após a ocorrência de chuvas.

Assim, a partir de visitas *in loco*, foram anotadas, mapeadas e fotografadas algumas situações irregulares do sistema de fossa séptica bem como o descarte irregular das águas servidas, seja nas ruas, lotes ou corpos hídricos. Com o auxílio da Secretaria Municipal de Saúde e com as informações obtidas através de visitas feitas pelos Agentes de Saúde do município, foram obtidos dados referentes as localidades com maiores problemas de esgotamento sanitário. Dessa maneira, pode-se fazer um levantamento que abrangeu a área urbana mais impactada.

Posteriormente, com a utilização de uma pesquisa de campo, coletou-se informações sobre esses locais mediante entrevistas com os moradores. O questionário utilizado possuía perguntas previamente estabelecidas e um número limitado de respostas, de modo a reunir informações que auxiliassem na construção do cenário atual do sistema de fossas sépticas. Com o auxílio desse documento e com a percepção visual do local, foi possível avaliar quais as possíveis causas e implicações que geraram aquela situação e comparar o sistema de fossas sépticas adotado pelo morador em sua residência com os parâmetros impostos pela NBR 7229 (ABNT, 1994) e NBR 13969 (ABNT, 1997).

O questionário da entrevista foi baseado na experiência acadêmica e em materiais teóricos sobre o assunto. O seu roteiro encontra-se no Apêndice A deste trabalho, sendo uma ferramenta prática, que sistematiza as informações e dados obtidos em campo e otimiza o tempo durante as visitas *in loco*.

6.2.3. Visita à Prefeitura Municipal de Aparecida do Rio Negro

Foram feitas entrevistas nas secretarias municipais de Saúde, Obras e Meio Ambiente além da Agência Aparecidense de Saneamento e Limpeza Pública (AAS).

O objetivo foi fazer um levantamento de dados para saber se existia influência nas doenças acometidas durante os anos de 2014 a 2018 pelo saneamento ineficaz na cidade, principalmente pelos extravasamentos das fossas sépticas e, quais os mecanismos utilizados pelo município para proporcionar um serviço sanitário de qualidade para a população. Buscou-se ainda informações sobre futuras obras relacionadas ao saneamento e quais as ações adotadas para diminuir a poluição ambiental na cidade entre outros assuntos relacionados ao tema do trabalho.

6.2.4. Coleta de amostras dos corpos hídricos para ensaio

O município possui três corpos hídricos na região urbana: dois córregos popularmente nomeados de Grota da Leozina e Grota Tia Florinda e um rio principal (Rio Negro) que atravessa a cidade e posteriormente desagua no Rio dos Sonos, no qual tem importante contribuição para a bacia hidrográfica tocantinense.

Assim, amostras de águas foram coletadas desses três corpos hídricos em pontos estratégicos para análises físico-químicas e bacteriológicas, realizadas nos Laboratórios de Química e Biologia e de Análise Físico-química de Águas, ambos localizados no IFTO – *Campus Palmas*.

Os pontos escolhidos, em destaque na Figura 22, representam os locais onde os córregos desaguam dentro do rio principal (P2 e P3) e a população pratica recreação e lazer, ou seja, área de balneabilidade (P1) utilizado principalmente por crianças e adolescentes.

Figura 22 - Mapa dos corpos hídricos de Aparecida do Rio Negro

Fonte: HIDROWEB (2018) – Adaptado.

Os ensaios realizados analisaram os seguintes parâmetros: Temperatura, Turbidez, Sólidos Totais, Condutividade Elétrica, pH, Nitrogênio Amoniacal, Cloretos, Alcalinidade, DBO, Coliformes Totais e *Escherichia coli*. As metodologias utilizadas são apresentadas na Tabela 4 seguindo os métodos descritos no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA/AWWA/WEF, 2005).

Tabela 4 – Dados das metodologias adotadas para análise dos parâmetros microbiológicos e físico-químicos de águas superficiais

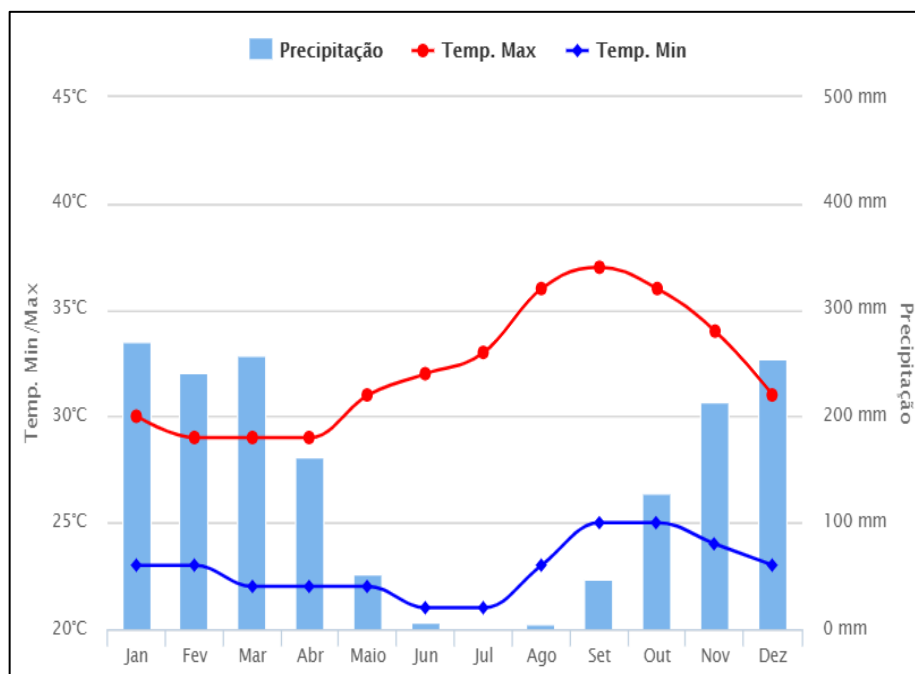
Parâmetro	Unidade	Método	Referência
Temperatura	°C	Eletrométrico	APHA, 2005
Turbidez	uT	Nefelométrico	
Sólidos Totais	mg/L	Gravimétrico	
Condutividade	µS/cm	Condutimétrico	
pH	-	Eletrométrico	
Nitrogênio amoniacal	mg N/L	Nesslerização direta	
Cloretos	mg/L	Mohr	
Alcalinidade	mg CaCO ₃ /L	Volumétrico	
DBO	mg/L	Frascos padrões	
Coliformes Totais e <i>Escherichia coli</i>	NMP/100 mL	Colilert	

Fonte: Autor (2019).

Ao todo foram coletadas quatro amostras, uma por mês, conforme o período climático característicos da região, representado pelo climograma da cidade

(Figura 23). Duas amostras no período chuvoso, sendo adotados os meses de abril e maio e duas amostras no período seco, admitindo os meses de junho e julho.

Figura 23 – Climograma em Aparecida do Rio Negro



Fonte: Climatempo (s.d).

De posse dos resultados físico-químicos e microbiológicos, tabelas foram feitas para cada um dos pontos de coleta relacionando com os meses do período chuvoso (abril e maio) e seco (junho e julho).

Os objetivos dos ensaios, principalmente o microbiológico, basearam-se em comparar os valores encontrados com os padrões de qualidade necessários para corpos d'água consoante as Resoluções CONAMA 357/2005 e 274/2000 além de outras normativas brasileiras.

Além disso, foram investigados possíveis problemas ambientais descobertos nos corpos hídricos do município que pudessem ser associados aos extravasamentos dos sistemas de fossas sépticas na cidade e com as doenças que aconteceram no município entre 2014 e 2018 além de analisar se existia diferença de valores nos períodos estudados de chuva e seca, relacionado com as concentrações de bactérias *Echerichia coli*.

6.2.5. Análise dos dados coletados

Após todo esse processo relacionado ao embasamento teórico, mapeamento e registros fotográficos das situações irregulares das fossas sépticas e esgotos domésticos, entrevistas e coleta de amostras, foram verificados a relação dessas etapas com o tema principal do trabalho, procurando as causas principais desses extravasamentos no município.

Ademais, foram analisados se havia alguma relação dos descartes incorretos e extravasamento de efluentes com as doenças acometidas na população aparecidense, por meio da comparação entre esses problemas com as formas de contaminação das doenças.

Além disso, analisou-se também as problemáticas sanitárias do município com a qualidade dos corpos hídricos que permeiam a cidade, adotando principalmente a variação de concentração encontrada de *Echerichia coli* nos períodos estudados, pois essa bactéria pode estar também associada com os efluentes extravasados das fossas sépticas. Por fim, levantou-se algumas propostas para sanar as problemáticas vivenciadas na cidade bem como melhorar a qualidade do saneamento municipal.

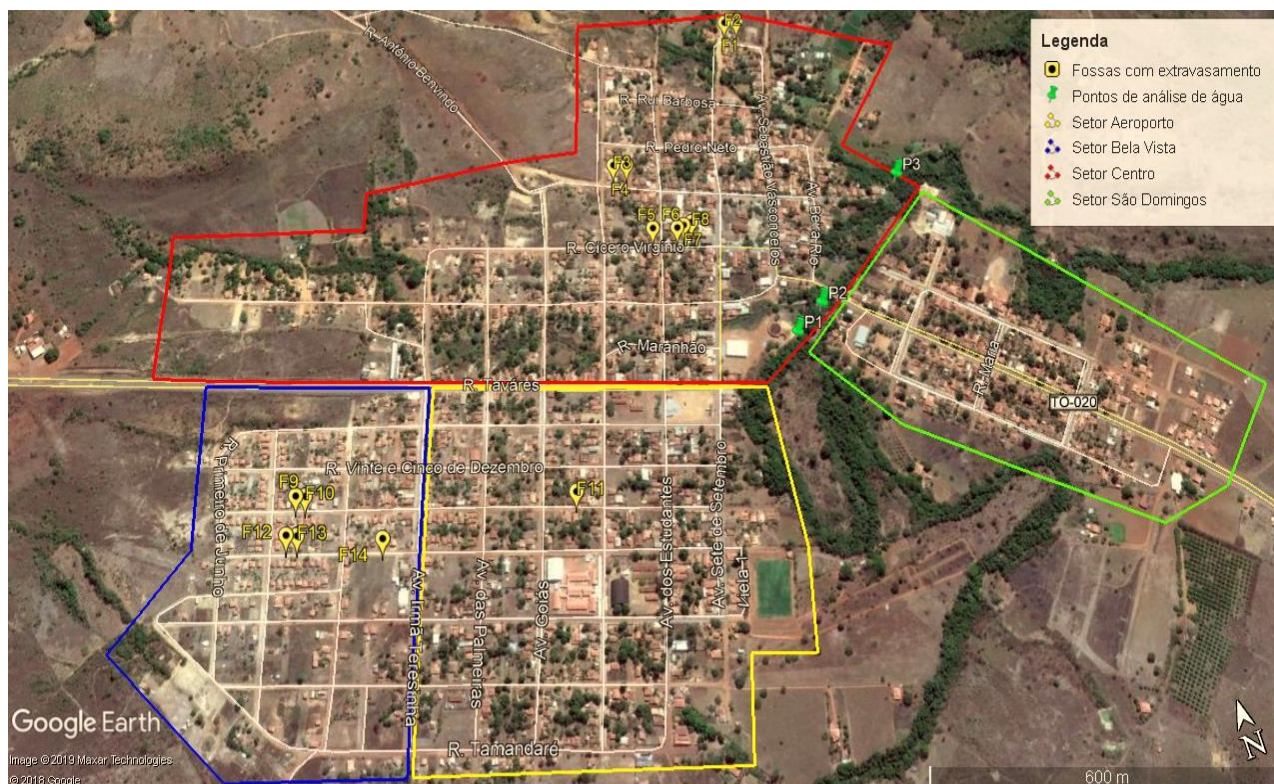
7. RESULTADOS E DISCUSSÕES

7.1. Situações encontradas no município

7.1.1. Extravasamentos de fossas sépticas

Após a realização das visitas *in loco* nas ruas do município entre os meses de março a julho de 2019 e com o auxílio da Secretaria Municipal de Saúde, foram encontrados um total de 14 residências unifamiliares que apresentavam extravasamento das fossas sépticas diretamente na via pública ou no meio ambiente durante o período chuvoso.

Posto isso, esses locais foram demarcados no mapa da cidade (Figura 24) conforme a sua distribuição geográfica. Das fossas sépticas encontradas que extravasavam, a maioria estavam situadas no setor Centro (57,1 %), seguidas dos setores Bela Vista (35,7%) e Aeroporto (7,2 %). No setor São Domingos não houve casos relacionados.

Figura 24 – Distribuição geográfica na cidade das fossas com extravasamento anual

Fonte: Google Earth (2019) – Editado

A Tabela 5 traz o setor e o endereço dos locais mapeados com extravasamento de fossas para auxiliar no seu controle sanitário e acompanhamento para estudos futuros relacionados ao tema deste trabalho.

Tabela 5 – Endereços dos extravasamentos de fossas encontrados no município

Ponto mapeado com extravasamento	Setor	Endereço
F1	Centro	Rua Padre do Morro
F2	Centro	Rua Padre do Morro
F3	Centro	Rua Antônio Benvindo Luz
F4	Centro	Rua Antônio Benvindo Luz
F5	Centro	Rua Cícero Virgínio
F6	Centro	Rua Cícero Virgínio
F7	Centro	Rua Cícero Virgínio
F8	Centro	Rua Cícero Virgínio
F9	Bela Vista	Rua 5 de Abril
F10	Bela Vista	Rua 5 de Abril
F11	Aeroporto	Rua 5 de Abril
F12	Bela Vista	Rua Tocantins
F13	Bela Vista	Rua Tocantins
F14	Bela Vista	Rua Tocantins

Fonte: Autor (2019).

Por meio de fotografias, foram registrados os extravasamentos das fossas em algumas residências, conforme as Figuras de 25 a 32, com o intuito de retratar a realidade local. As setas vermelhas auxiliam na percepção do local extravasado.

Figura 25 – Extravasamento de fossa com efluente (Rua 5 de Abril)



Fonte: Autor (2019).

Figura 26 – Extravasamento de fossa com formação de limo (Rua 5 de Abril)



Fonte: Autor (2019).

Figura 27 – Extravasamento de fossa (Rua 5 de Abril)



Fonte: Autor (2019).

Figura 28 – Extravasamento de fossa com formação de limo (Rua Tocantins)



Fonte: Autor (2019).

Figura 29 – Extravasamento de fossa apresentando lodo no ponto extravasado e efluentes percorrendo a via (Rua Antônio Benvindo)



Fonte: Autor (2019).

Figura 30 – Extravasamento de fossa com formação de lodo no ponto extravasado e efluentes percorrendo a via (Rua Antônio Benvindo)



Fonte: Autor (2019).

As Figuras de 25 a 30 mostram alguns aspectos que causam desconforto estético aos moradores devido a formação de limo nas calçadas e ruas além da geração de odores desagradáveis devido ao volume de esgoto extravasado no ambiente. Já nas Figuras 31 e 32 é possível observar que algumas fossas apresentam tampas com trincas e revestimentos inadequados (lonas de plástico), possibilitando maior volume de extravasamento, promovendo o carreando de material suspenso em dispersão às ruas da cidade, causando problemas de disseminação de doenças além de proliferação de vetores.

Figura 31 – Fossa com revestimento inadequado (Rua Cícero Virgínio)



Fonte: Autor (2019).

Figura 32 – Detalhe do ponto de extravasamento da fossa da Figura 31 apresentando efluente com material suspenso



Fonte: Autor (2019).

Alguns efluentes transbordados das fossas sépticas percorrem ruas de grande aglomeração de pessoas, elevando o risco de contaminação. As Figuras 33 e 34 trazem essa situação, onde observa-se o contato próximo dos moradores com o esgoto descartado, principalmente crianças, conforme indicam as setas.

Figura 33 – Caminho preferencial dos extravasamentos das fossas na Rua Cícero Virgínio para pontos comerciais da praça municipal



Fonte: Autor (2019).

Figura 34 – Caminho preferencial dos extravasamentos das fossas na Rua 5 de Abril (Setor Bela Vista) para pontos comerciais no Setor Aeroporto



Fonte: Autor (2019).

Posteriormente, foram feitas entrevistas aos moradores (conforme o Apêndice A) desses locais demarcados. De posse dos resultados encontrados, gráficos foram elaborados de acordo com as respostas para melhor compreensão e visualização das circunstâncias vivenciadas pela população e das condições do esgotamento municipal.

A Tabela 6 traz um resumo da entrevista realizada nos locais com extravasamento, contemplando: número de pessoas entrevistadas, somatório de banheiros e da quantidade de moradores que as residências com extravasamentos abrange e o montante de fossas utilizadas.

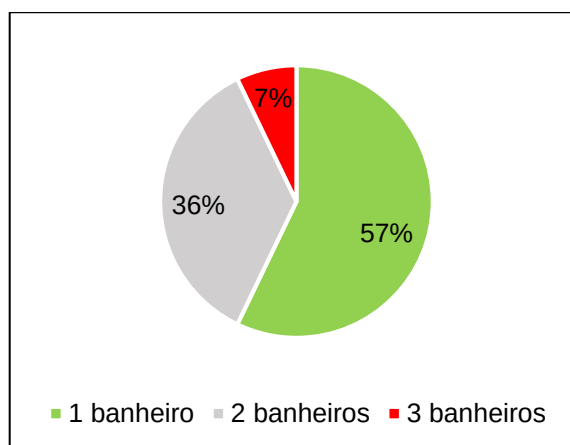
Tabela 6 – Quantitativo geral que a entrevista contempla no município

Assunto	Quantitativo	Unidade
Quantidade total de entrevistados	14	pessoas
Somatório de banheiros	18	unidades
Total de moradores que a pesquisa abrange	49	pessoas
Total de fossas utilizadas	24	unidades

Fonte: Autor (2019).

Em todos os locais onde a entrevista foi aplicada, as residências foram do tipo unifamiliar. Relacionado aos banheiros, todas as moradias possuíam pelo menos um banheiro sendo que, a distribuição de tal parâmetro apresentou o seguinte resultado, conforme a Figura 35: 57 % dos domicílios possui apenas um único banheiro para utilização dos moradores, 36 % tem dois banheiros na residência e o restante, 7 %, possui três banheiros.

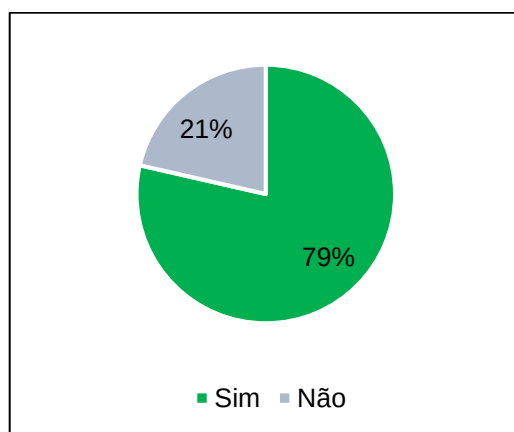
Figura 35 – Número de banheiros nas residências



Fonte: Autor (2019).

Sobre a presença de caixa de gordura nas residências (Figura 36), na maioria das moradias (79 %) existia utilização desse dispositivo enquanto 21 % não o possuía. Apesar de ser uma abrangência alta, os entrevistados demonstraram não ter um entendimento claro da importância e funcionamento que a caixa de gordura gera para o sistema de esgoto doméstico residencial, considerando-o apenas como um componente obrigatório para a casa.

Figura 36 – Presença de caixa de gordura nas residências

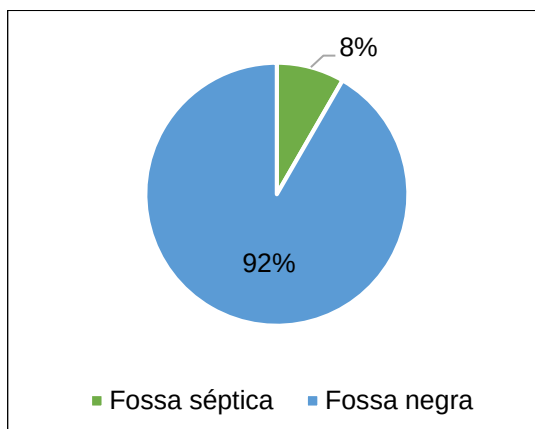


Fonte: Autor (2019).

Dos locais com caixa de gordura, em 92 % dos casos não havia uma frequência de limpeza, apenas quando ocorriam transbordamento no lote, e 8 % disseram praticar a limpeza destes dispositivos periodicamente a cada ano.

Referente aos materiais descartados no esgoto doméstico, menos da metade dos entrevistados (40 %) jogavam algum tipo de resíduo na cozinha como restos de comida e óleos e, um total de 70 % jogavam cabelos nos ralos de banheiro ou na tubulação do vaso sanitário. Todas essas práticas contribuem para a baixa eficiência dos sistemas de tratamentos individuais bem como a obstrução das tubulações.

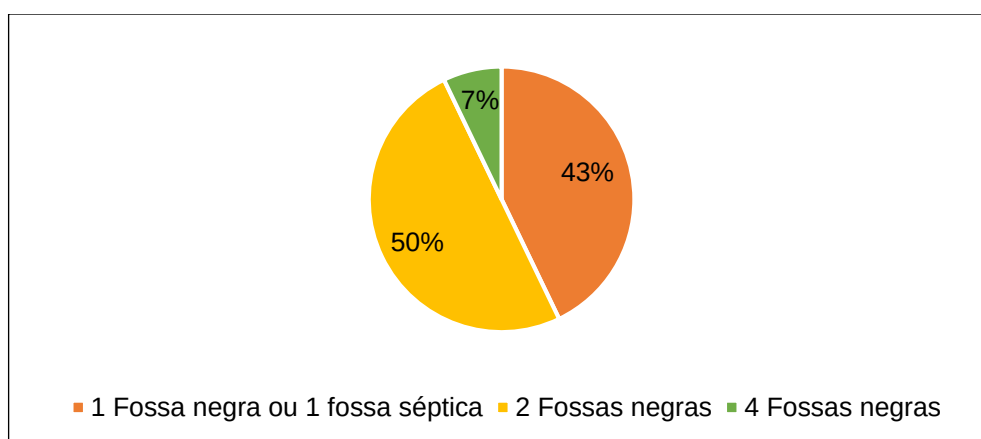
Sobre o tipo de sistema adotado nas residências (Figura 37), em 92 % dos casos, as águas servidas eram dispostas em fossas negras enquanto 8 % coletavam o esgoto em fossas sépticas, mas, sem haver outro dispositivo posterior para o tratamento secundário como o sumidouro. Isso pode ser indicativo de que os moradores não têm conhecimento sobre a necessidade em se ter um pós-tratamento para a fossa séptica, o que contribui para o aumento do risco de contaminação do ambiente.

Figura 37 – Tipo de tratamento individual adotado nas residências

Fonte: Autor (2019).

A princípio, esperava-se que a maioria dos sistemas analisados fossem do tipo fossa séptica. No entanto, de acordo com os entrevistados, a maioria das suas fossas não continham o fundo protegido e devidamente impermeabilizado, ocorrendo o contato direto do esgoto bruto com o solo, logo, o sistema era caracterizado como fossa negra. Dessa maneira, apesar dos moradores acharem que seu sistema é uma fossa séptica, percebe-se que isso não condiz com a realidade, deixando um alerta para as autoridades pois, esse tipo de fossa, como descrito no trabalho, traz inúmeros malefícios para o meio ambiente e o homem.

Sobre a quantidade de tratamentos individuais em cada lote, obteve-se os seguintes valores, conforme a Figura 38: 43 % continham apenas 1 (um) sistema de fossa séptica ou fossa negra; 50 % utilizavam duas fossas negras no lote e 7 % possuíam 4 fossas negras em seu terreno.

Figura 38 – Quantidade de tratamentos individuais adotados nas residências

Fonte: Autor (2019).

Esses resultados da Figura 38 trazem atenção, uma vez que a ocorrência de elevados números de fossas negras em um terreno e os seus respectivos extravasamentos no meio representam potencial de contaminação do solo. Com isso, o efluente percola até atingir o lençol freático, podendo acarretar na formação de plumas de contaminação que, de acordo com Oliveira (2008), é o resultado do carregamento de contaminantes dissolvidos em água subterrânea.

Uma observação feita refere-se aos locais onde existia mais de uma fossa no lote. Para os moradores, essa foi uma solução encontrada para tentar diminuir o problema de extravasamento pois, como a primeira fossa enchia rápido, achavam que com outra fossa, ambas não iriam extravasar. Entretanto, após a ocorrência de chuvas, continuou a despejar efluentes na rua tanto da primeira fossa como da que foi construída recentemente.

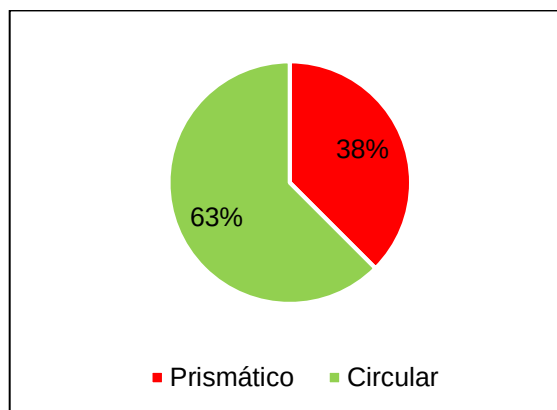
Muitos entrevistados disseram também que durante a fase de construção desses sistemas, após a etapa de escavação do poço para receber a fossa, rapidamente surgia água dentro dele, sendo necessário, em alguns casos, de bombas para retirar o volume acumulado de água no interior da escavação para que assim, os materiais (tijolos e pré-moldados de concreto) fossem fixados no local especificado.

Dessa maneira, tem-se que o principal fator para essa ascensão da água nos poços escavados e conseqüentemente, dos extravasamentos anuais das fossas sépticas, é causada pelo nível do lençol freático alto daquela região, próximo a superfície. Tal fenômeno ocorre por meio da capilaridade que, conforme Caputo (2013), a água se eleva por entre as aberturas de pequenas dimensões deixados pelas partículas sólidas do solo além do nível do lençol freático sendo que, a altura alcançada pela água depende da natureza do terreno.

Referente a frequência de limpeza das fossas, para todos os entrevistados, tal tarefa só ocorria quando o tanque transbordava. Por não apresentar uma periodicidade de limpeza, quando questionados o motivo, os moradores listaram o alto preço de se contratar um caminhão limpa-fossa como principal fator devido o serviço mais próximo de limpeza existir apenas na capital. Logo, somente em casos graves como extravasamentos requereriam uma limpeza do tanque. Apesar do lado econômico, tal fato indica descuido da população em não estabelecer intervalos de limpeza desses sistemas, conforme recomenda a NBR 7229 (ABNT, 1993), removendo do seu interior o lodo, efluente e escumas acumulados.

A forma geométrica das fossas, de acordo com a Figura 39, em 63 % dos dispositivos foi adotado a forma prismática e 38 % o formato circular. Em todos os casos, as dimensões mínimas foram aceitas consoante a NBR 7229 (ABNT, 1993).

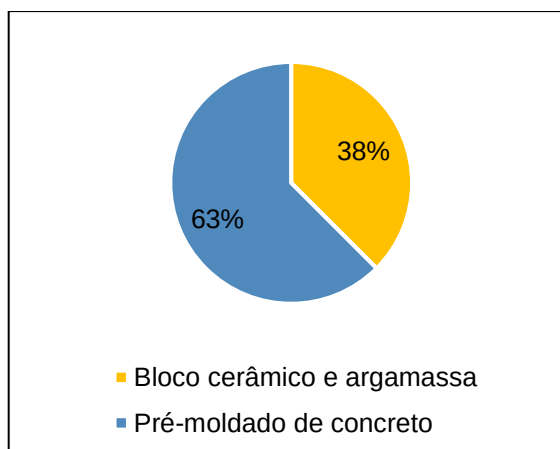
Figura 39 – Geometria dos sistemas adotados nas residências



Fonte: Autor (2019).

Sobre o material de construção (Figura 40) tem-se que 63 % das fossas visitadas foram feitas com alvenaria e argamassa. O restante, 38 %, adotaram material pré-moldado de concreto, podendo ser um indicativo de que essa tecnologia ainda não está difundida na população. Para ambos os tipos de materiais adotados, não houve acompanhamento de profissionais qualificados para o projeto e execução do sistema, conforme a NBR 7229 (ABNT, 1993) recomenda.

Figura 40 – Material de construção adotado nas fossas das residências

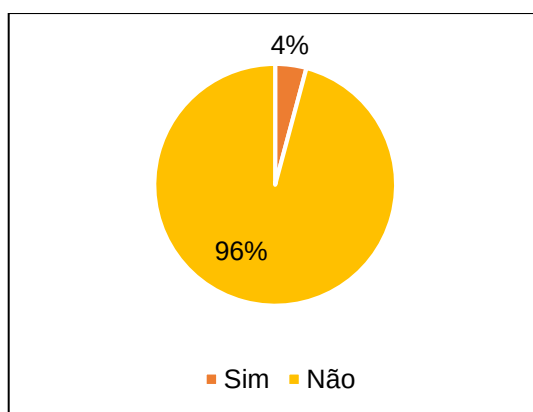


Fonte: Autor (2019).

Já referente a localização das fossas nos locais visitados de acordo com as distâncias horizontais mínimas estabelecidas pela NBR 7229 (ABNT, 1993), as

Figuras 41 e 42 trazem os resultados obtidos sobre esses parâmetros. A Figura 41, que trata da percentagem atendida pelas fossas para os limites de terreno, sumidouros e construções que esses tanques devem ter, apenas 4 % atenderam a distância de 1,50 m imposto pela norma.

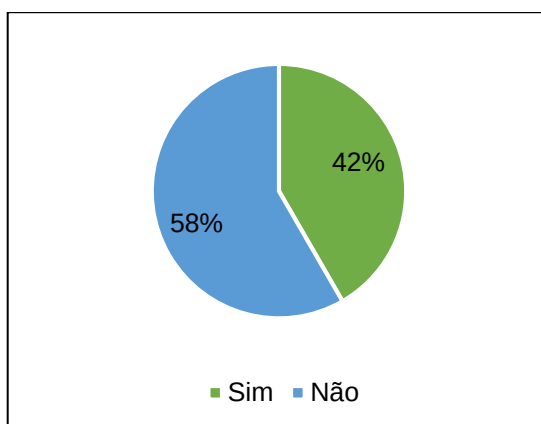
Figura 41 – Unidades que atendem a distância mínima de 1,50 m entre a fossa e o limite do terreno, sumidouro e construções



Fonte: Autor (2019).

Uma observação sobre esse assunto refere-se ao fato de os moradores chamarem popularmente o sumidouro de “suspiro” além de não conhecerem sobre a função que ele exerce como receptor e purificador do efluente que sai das fossas sépticas. A Figura 42 trata sobre o atendimento aos 3,0 m que as fossas devem ter de árvores e pontos de rede pública de distribuição de água, no qual apenas 42 % obedeceram ao solicitado por norma.

Figura 42 – Unidades que atendem a distância de 3,0 m entre a fossa e as árvores e pontos de rede pública de distribuição de água

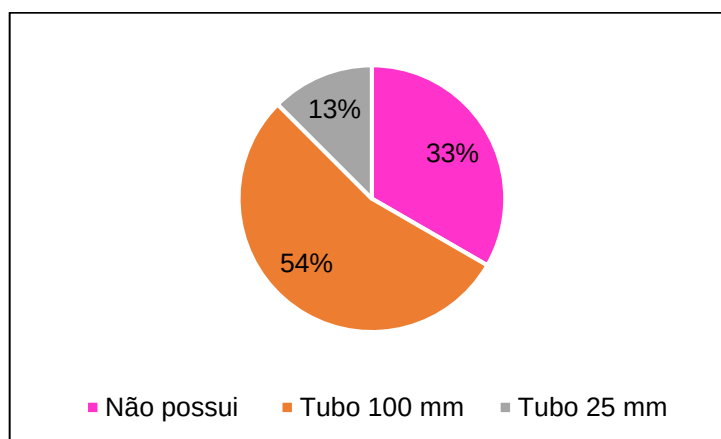


Fonte: Autor (2019).

Enfim, no tocante aos 15,0 m que as fossas devem ter de poços freáticos e corpos d'água, todos os locais visitados obedeceram ao critério imposto pela norma.

Tem-se ainda que, em 33 % dos sistemas visitados não existia a instalação de um dispositivo próprio para inspeção (Figura 43), conforme preconizado pela NBR 7229 (ABNT, 1993). Já os que possuíam, se dividiam entre tubo de 100 mm de diâmetro (54 %) e de 25 mm (13 %).

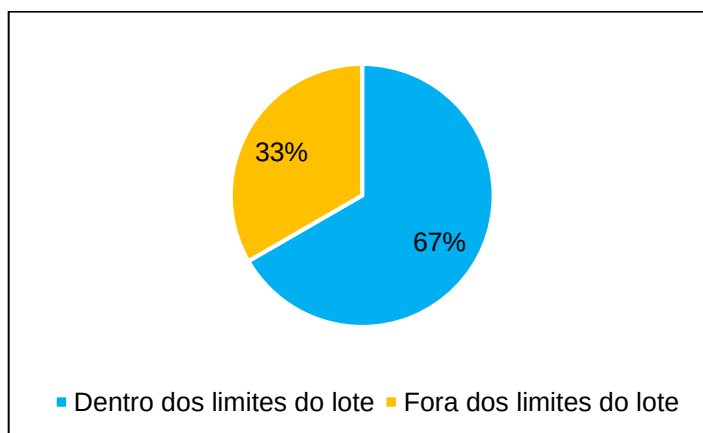
Figura 43 – Presença de dispositivos para inspeção nas fossas



Fonte: Autor (2019).

Outro assunto levantado foi sobre a localização das fossas em relação ao lote onde ela está construída. Em concordância com a Figura 44, a maioria situava-se dentro dos limites dos lotes (67 %) enquanto os casos fora dos limites do lote, representavam 33 %.

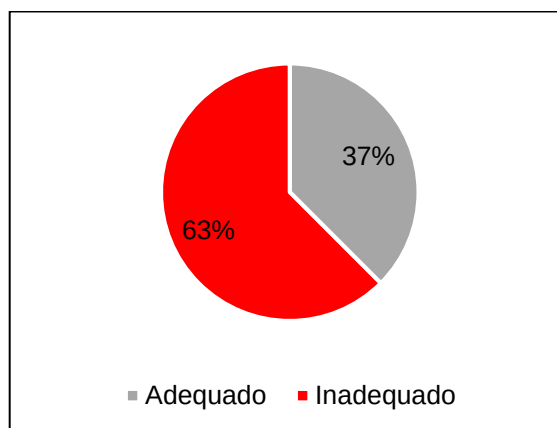
Figura 44 – Localização das fossas em relação ao lote



Fonte: Autor (2019).

Além desse posicionamento, foi analisado também visualmente as qualidades dos revestimentos das tampas das fossas sépticas e negras. A Figura 45 traz os resultados dessa análise: 37 % das fossas apresentaram um recobrimento com material adequado de cimento, sem patologias como trincas e buracos, à medida que 63 % revelaram problemas nas tampas com revestimento inadequado.

Figura 45 – Qualidade visual dos revestimentos das tampas das fossas



Fonte: Autor (2019).

Aquelas que não tinham revestimento apropriado, se deve a problemas de fissuras profundas, afundamentos das tampas e revestimentos rústicos (lonas e tábuas de madeira) podendo ocasionar acidentes. Há ainda buracos nos entornos possibilitando o fluxo de animais de pequeno porte como também saída de efluentes e entrada de água da chuva, o que contribui para o extravasamento desse sistema.

Por ser uma cidade do interior, é comum o hábito de crianças descalças brincarem nas ruas, principalmente em época de chuva, bem como idosos sentados nas calçadas conversando com seus vizinhos. Com isso, outro problema observado foi a área de contaminação que os extravasamentos das fossas deixavam nas ruas da cidade, fazendo com que as pessoas próximas ao local ou ao escoamento percorrido pelo efluente ficassem suscetíveis ao contato direto com ele.

Essa situação é preocupante pois, de acordo com Von Sperling (2005), crianças e idosos são mais propensos a adquirir doenças relacionadas ao saneamento básico inadequado.

Em relação ao número total de casos localizados com extravasamentos no município, metade dos entrevistados revelaram que esse problema não ocorria apenas em suas residências, mas também com os sistemas dos vizinhos, onde o efluente doméstico das fossas eram despejados nos fundos dos quintais. Logo, a

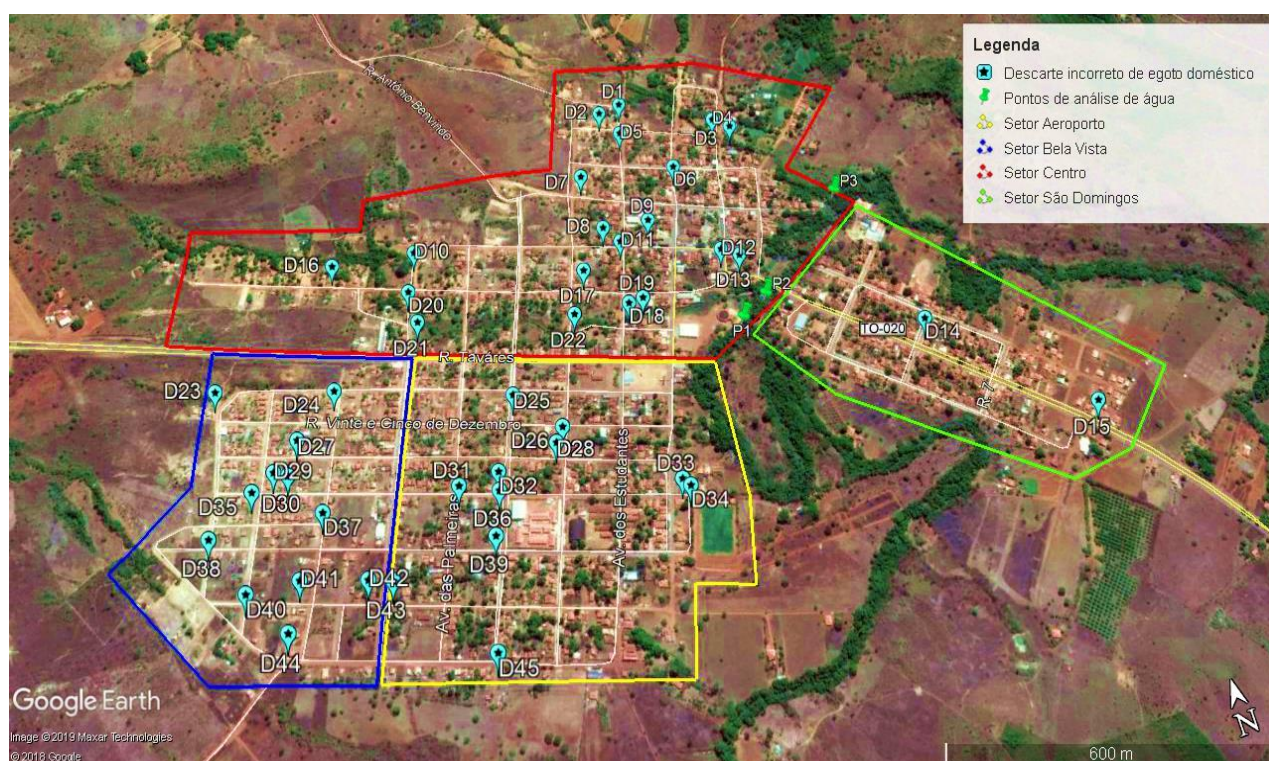
quantidade de derramamento de esgoto doméstico das fossas no município pode ser maior do que os registrados nesse trabalho.

7.1.2. Descarte incorreto de esgoto doméstico

Outro agravo presente no município é o descarte incorreto do esgoto doméstico comumente adotado pelos moradores e despejados no meio ambiente.

A Figura 46 traz a distribuição desses pontos encontrados no município, sendo que dos 45 locais identificados com descarte incorreto, a grande concentração estava no setor Centro (44,5%), seguida dos setores Bela Vista (26,7%), Aeroporto (24,4%) e por fim, no setor São Domingos (4,4%).

Figura 46 – Distribuição geográfica na cidade de descarte incorreto de esgoto doméstico



Fonte: Google Earth (2019) – Editado

De maneira semelhante ao mapeamento feito para os extravasamentos, fez-se também a identificação dos endereços desses descartes incorretos destacados na Figura 46. O objetivo é contribuir para o controle dos mesmos bem como para estudos futuros que abranjam sobre o assunto deste trabalho.

Posto isso, a Tabela 7 traz os endereços desses locais mapeados.

Tabela 7 – Endereços dos descartes incorretos de esgoto doméstico no município

Ponto mapeado com descarte incorreto	Sector	Endereço / local
D1, D5 e D11	Centro	Avenida Estudante
D2	Centro	Rua Rui Barbosa
D3 e D4	Centro	Grota Tia Florinda
D6	Centro	Avenida 7 de Setembro
D7	Centro	Rua Antônio Benvindo
D8 e D9	Centro	Rua Cícero Virginio
D10 e D20	Centro	Av. Irmã Terezinha
D12	Centro	Avenida Sebastiao Vasconcelos
D13 e D15	Centro e São Domingos	Avenida Rio Negro
D14	São Domingos	Rua Maria
D16 e D17	Centro	Rua Piauí
D18, D19, D21 e D22	Centro	Grota da Leozina
D23 e D38	Bela Vista	Rua 1º de Junho
D24 e D37	Bela Vista	Avenida Maria José
D25, D36 e D45	Aeroporto	Avenida Goiás
D26	Aeroporto	Avenida Jesuíno Guedes
D27 e D28	Bela Vista e Aeroporto	Rua 1º de Janeiro
D29, D30, D32, D33 e D34	Bela Vista e Aeroporto	Rua Tocantins
D31	Aeroporto	Avenida Palmas
D35 e D40	Bela Vista	Rua João Batista
D39	Aeroporto	Rua 15 de Novembro
D41, D42 e D43	Bela Vista e Aeroporto	Rua Duque de Caxias
D44	Bela Vista	Rua Tamandaré

Fonte: Autor (2019).

Em alguns domicílios, além de ocorrer o extravasamento de fossas sépticas e negras ocorria também o descarte incorreto de efluente doméstico, colaborando com uma situação sanitária precária do entorno e do meio ambiente. Esse cenário foi outra tentativa adotada pelos moradores para tentar solucionar os extravasamentos, despejando assim, as águas cinzas diretamente no meio e diminuindo o volume de água servida destinado à fossa.

Relacionado ao esgoto jogado no espaço urbano, a sua origem vem de cozinhas, tanques de lavar roupa além de águas de banho, em determinados domicílios. Tem-se ainda que, em alguns locais, existia a presença de acúmulo de lixo e formação de chorume, o que contribui com a poluição ambiental e propagação de doenças.

Algumas dessas situações encontradas no município são ilustradas nas Figuras 47 a 56. As setas auxiliam na percepção do ponto de descarte.

Figura 47 – Descarte incorreto de esgoto doméstico (Rua Tamandaré)



Fonte: Autor (2019).

Figura 48 – Extravasamento de fossa, descarte incorreto de esgoto doméstico e acúmulo de lixo (Rua 5 de Abril)



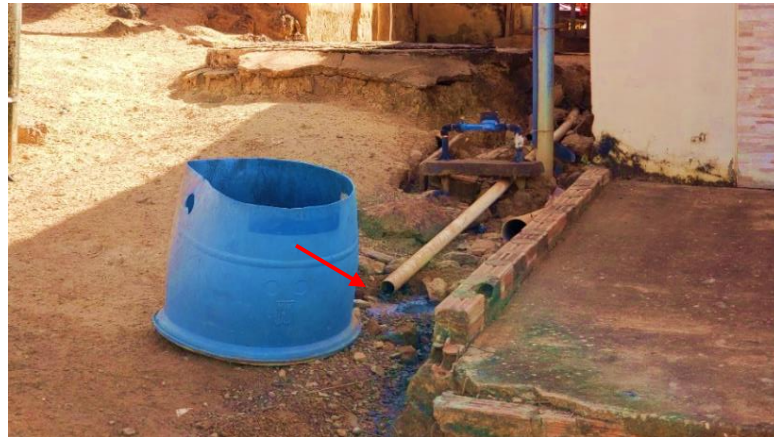
Fonte: Autor (2019).

Figura 49 – Extravasamento de fossa e descarte incorreto de esgoto doméstico com formação de limo (Rua Tocantins)



Fonte: Autor (2019).

Figura 50 – Descarte incorreto de esgoto doméstico (Rua Antônio Benvindo)



Fonte: Autor (2019).

Figura 51 – Descarte incorreto de esgoto doméstico (Rua Duque de Caxias)



Fonte: Autor (2019).

Figura 52 – Descarte incorreto de esgoto doméstico (Rua 5 de Abril)



Fonte: Autor (2019).

Figura 53 – Descarte incorreto de esgoto doméstico e animais utilizando esse efluente para consumo na (Avenida dos Estudantes)



Fonte: Autor (2019).

Figura 54 – Descarte incorreto de esgoto doméstico (Avenida Maria José)



Fonte: Autor (2019).

Existe ainda o despejo direto de esgoto doméstico nas margens das grotas que percorrem a cidade, levando assim uma alta carga poluidora para o rio principal, contendo componentes como óleos, detergentes e material orgânico. As Figuras 55 e 56 ilustram essa situação encontrada no município.

Figura 55 – Descarte incorreto de esgoto doméstico diretamente na grotta da Leozina mediante prolongamento de cano (Rua Maranhão)



Fonte: Autor (2019).

Figura 56 – Descarte incorreto de esgoto doméstico diretamente na grota da Leozina mediante prolongamento de cano (Rua Maranhão)



Fonte: Autor (2019).

Os descartes incorretos de esgoto somados aos extravasamentos das fossas, causam desconforto estético, mau cheiro e poluição ambiental. Esse cenário pode ocasionar desequilíbrio ecológico e contaminação dos mananciais, ameaçando a vida aquática e humana, com alta possibilidade de transmissão de doenças pois, esses efluentes que percorrem nas ruas e nos corpos d'água contém microrganismos patogênicos além da possibilidade de transmissão por meio de animais.

7.2. Análises físico-químicas e microbiológicas

Os resultados das análises dos parâmetros físico-químicos (nitrogênio amoniacal, condutividade elétrica, DQO, alcalinidade, cloretos, sólidos totais, turbidez, temperatura e pH) e microbiológicos (coliformes totais e *Escherichia coli*) – foram subdivididos de acordo com o corpo hídrico estudado para melhor compreensão. É pertinente destacar que os resultados serão direcionados para as análises bacteriológicas devido a relação direta com as fossas bem como a existência de contaminação fecal.

7.2.1. Ponto P1 – rio Negro

O ponto P1 representa o local utilizado para balneabilidade na cidade, conhecido popularmente como “Praia do Clube Recreativo”. O rio Negro é classificado como um rio perene, onde há sempre um fluxo de água constante em seu leito, sendo este um ambiente lótico. A Figura 57 traz uma visão geral da praia no município.

Figura 57 – Praia do Clube Recreativo localizada no Rio Negro



Fonte: Autor (2019).

A Figura 58 mostra como foi realizada uma das coletas de água no manancial do rio Negro bem como seus respectivos cuidados necessários, entre eles, a utilização de luvas, máscaras e álcool etílico para que não ocorresse a contaminação da amostra e consequentemente, os resultados.

Figura 58 – Coleta de amostra de água para análise físico-química



Fonte: Autor (2019).

A Resolução CONAMA nº 274, de 29 de novembro de 2000, estabelece níveis para a balneabilidade de um corpo hídrico de forma a assegurar as condições necessárias à recreação de contato primário. Para essa resolução, a água pode ser considerada satisfatória para o banho quando houver nas amostras de um mesmo ponto, uma concentração máxima de 1000 coliformes termotolerantes (fecais) ou 800 bactérias do tipo *Escherichia coli* por 100 mL (BRASIL, 2000).

Além disso, as águas serão classificadas como imprópria para banho no local avaliado se não atender aos critérios descritos anteriormente e ainda, conforme BRASIL (2000), for notada as seguintes ocorrências:

- Quando existir incidência alta ou incomum de doenças de veiculação hídrica na região;
- Existência de resíduos e despejos de esgotos sanitários que oferecem risco a saúde ou torna desagradável a recreação;
- Para águas doces, intervalos de pH < 6,0 ou pH > 9,0;
- Última amostra com concentração superior a 2500 coliformes termotolerantes (fecais) ou 2000 *Escherichia coli* por 100 mL;

Já a Resolução CONAMA nº 357 de 17 de março de 2005, estabelece a classificação e enquadramento dos corpos d'água bem como os parâmetros de lançamento de efluentes nestes corpos (BRASIL, 2005). Por não haver classificação dos corpos hídricos que percorrem o município, sendo ambas de água doce, o CONAMA 357 considera que o corpo hídrico deve ser classificado como Classe II.

Para tal classificação, o artigo 4 traz que essas águas podem ser destinadas ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; à proteção das comunidades aquáticas; à recreação de contato primário, tais como natação e mergulho, conforme o CONAMA 274/2000 e à aquicultura e à atividade de pesca.

Sendo assim, o artigo 15 do CONAMA 357/2005 traz algumas condições e padrões que devem ser obedecidos para corpos hídricos de classe II:

- pH variando de 6,0 a 9,0;
- Turbidez: máximo de 100 uT;
- Sólidos totais: máximo de 500 mg/L;
- Cloreto total: máximo de 250 mg/L;
- Nitrogênio amoniacal:
 - Máximo de 3,7 mg N/L, para pH ≤ 7,5;
 - Máximo de 2,0 mg N/L, para 7,5 < pH ≤ 8,0;
 - Máximo de 1,0 mg N/L, para 8,0 < pH ≤ 8,5;
 - Máximo de 0,5 mg N/L, para pH > 8,5.

Posto isso, a Tabela 8 traz as coordenadas geográficas do ponto analisado para que estudos futuros possam ser realizados além constar com todos os resultados encontrados após análise em laboratório da amostra de água, associando-os com os limites impostos pelo CONAMA 274/2000.

Dessa maneira, tem-se que os valores da temperatura não sofreram muitas oscilações, situando entre 22,20 e 25,90 °C. De maneira semelhante a turbidez também não mostrou mudanças drásticas, estando no intervalo de 4,31 a 6,31 uT. Já a DQO flutuou entre 0,00 e 52,00 mg/L; a condutividade esteve entre 6,34 e 12,53 µS/cm e os cloretos variaram de 6,46 a 19,88 mg/L. Sobre a alcalinidade, teve-se uma oscilação entre 3,00 a 8,95 mg CaCO₃/L e os sólidos totais, apresentaram variação de concentração de 70,50 a 230,00 mg/L.

Já referente ao nitrogênio amoniacal, durante os ensaios, conforme a metodologia adotada, não foram detectados níveis desse parâmetro na maioria dos meses analisados, apenas no mês de junho que houve uma concentração de 0,33 mg N/L. Por fim, todos os valores para os coliformes totais deram superiores a 2419,60 NMP/100 mL enquanto a concentração de *Escherichia coli*, oscilou entre 547,00 a 1119,90 NMP/100 mL. Todos esses resultados podem ser consultados na Tabela 8.

Tabela 8 – Resultados das análises para o ponto P1 (rio Negro)

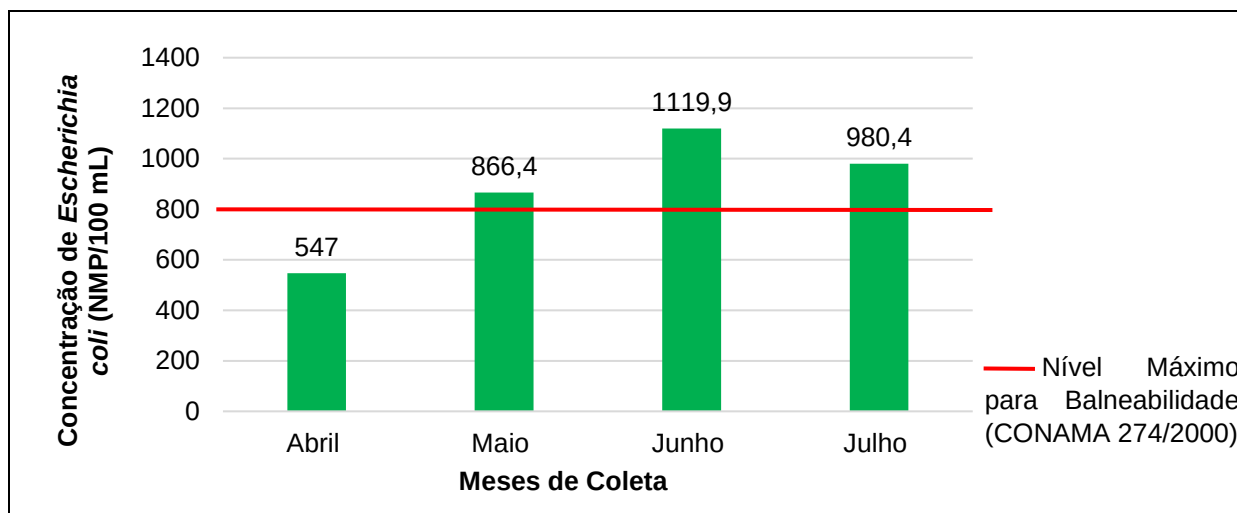
COORDENADAS GEOGRÁFICAS	Latitude		9° 57' 8,84" S			
	Longitude		47° 58' 23,65" O			
ENSAIOS	RESULTADOS - MESES ANALISADOS				LIMITES	
Parâmetros	Abril	Maio	Junho	Julho	Resolução	Valor
Temperatura (°C)	25,90	23,90	24,40	22,20	CONAMA 274/2000	-
pH (-)	6,13	8,05	7,40	6,00		6 – 9
Turbidez (uT)	6,31	5,61	4,81	4,31	CONAMA 357/2005	≤ 100
DQO (mg/L)	30,00	0,00	52,00	12,00		-
Condutividade (µS/cm)	9,11	8,84	12,53	6,34		-
Cloreto (mg/L)	7,00	6,46	14,91	19,88		≤ 250
Alcalinidade (mg CaCO ₃ /L)	8,95	5,00	3,00	3,00		-
Sólidos totais (mg/L)	162,50	70,50	230,00	108,00		≤ 500
Nitrogênio amoniacal (mg N/L)	ND	ND	0,33	ND		Depende do pH
Coliforme Total (NMP/100 mL)	>2419,60	>2419,60	>2419,60	>2419,60	CONAMA 274/2000	-
<i>Escherichia coli</i> (NMP/100 mL)	547,00	866,40	1119,90	980,40		≤ 800

Nota: ND = não detectado

Fonte: Autor (2019).

Relacionando os resultados acima com os parâmetros impostos pelo CONAMA 274/2000, tem-se que os valores de pH estão dentro do limite estabelecido enquanto *Escherichia coli*, apenas o mês de abril está abaixo do nível máximo de concentração aceita. A Figura 59 traz um gráfico que relaciona os valores encontrados dessas bactérias com o referencial estabelecido pelo CONAMA 274/2000.

Figura 59 – Monitoramento da *Escherichia coli* para o ponto P1 (rio Negro)



Fonte: Autor (2019).

Para este trabalho, o principal parâmetro analisado foram as elevadas concentrações das bactérias do grupo coliforme, em destaque a *Escherichia coli* por estar intimamente relacionada ao esgoto doméstico. Segundo Von Sperling (2005), essa bactéria é abundante nas fezes humanas e de animais, sendo a única que dá garantia de contaminação exclusivamente fecal, sendo este um indicador muito utilizado atualmente para detectar se existe uma contaminação fecal na água.

Essas bactérias, para Amaral et al. (2005 apud CAPP et al., 2012) representam contaminação fecal recente, indicando possível presença de bactérias patogênicas, parasitas intestinais ou ainda vírus entéricos. Além disso, gera uma satisfatória indicação da sua potencialidade para transmissão de doenças, principalmente em corpos hídricos, como por exemplo a gastroenterite. Vale ressaltar que não se tem garantia de que essa contaminação seja exclusivamente humana pois, a *Escherichia coli* vive também no trato digestório de outros animais homeotérmicos.

Os altos valores encontrados na Tabela 8 para *Escherichia coli*, no período de seca, trazem um alerta para o município pois, é nessa época que acontece a temporada de praia na região e as concentrações dessas bactérias estão acima do

limite permitido pelo CONAMA 274/2000. Além disso, outro ponto a ser levantado é o fato de chacareiros, tanto a jusante como a montante do ponto de coleta P1, captarem água do rio e utilizarem para recreação em piscinas naturais sem haver determinado pré-tratamento.

Algumas causas que pode estar relacionadas a esses valores são pontos com fossas sépticas ou negras próximas a margem do Rio Negro, o que contribui para a contaminação do corpo hídrico. Outras possíveis causas seriam o descarte direto do esgoto bruto de moradores nas águas do rio além da presença de chácaras nas margens desse corpo hídrico no perímetro semiurbano, o que contribui com o despejo de fezes de animais homeotérmicos como os bovinos, suínos e caninos.

7.2.2. Ponto P2 – grota da Leozina

O segundo local escolhido para fazer análise de água fica no final do percurso da Grota da Leozina, onde ocorre o seu desague no rio Negro a jusante do ponto P1. Considerado como um riacho, com água corrente de pequeno porte, esse corpo hídrico é caracterizado como perene, sempre existindo fluxo de água no seu leito, mas que apresenta baixa vazão no período de seca. Como não há classificação do corpo hídrico para essa grota, o CONAMA 357/2005 considera que ele é classificado como Classe II.

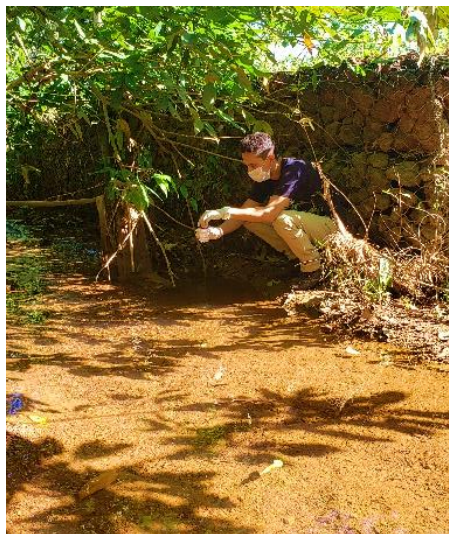
A Figura 60 traz esse córrego no período do mês de julho, ilustrando algumas características da sua vegetação e turbidez. Já a Figura 61 mostra uma das coletas de amostra de água realizadas referente a Grota da Leozina para posterior análise.

Figura 60 – Riacho da grota da Leozina



Fonte: Autor (2019).

Figura 61 – Coleta de amostra de água para análise microbiológica



Fonte: Autor (2019).

A resolução CONAMA 357/2005 adota como parâmetro de controle a quantificação dos coliformes termotolerantes, entretanto, o CONAMA 274/2000 menciona a quantificação de *Escherichia coli* pois, seu ensaio confirma a patogenicidade do coliforme termotolerante, remetendo para o órgão ambiental do Estado a classificação do manancial. Como no estado do Tocantins ainda não há a classificação dos corpos d'águas superficiais eles são considerados de classe II, conforme estabelece o CONAMA 357/2005.

Entretanto, existem outras normativas que adotam a *Escherichia coli* como padrão de análise. Dentre elas, tem-se a Decisão de diretoria nº 112/2013/E, de 09 de abril de 2013, da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), publicada no Diário Oficial do Estado de São Paulo, em 12/04/2013.

Neste documento, a empresa adotou a variável *Escherichia coli* em substituição aos coliformes termotolerantes preconizados pelo CONAMA 357/2005, estipulando que, para padrões da classe II, o valor máximo permitido para essa variável é de 600 NMP/100 mL.

Posto isso, será adotado como referência para este trabalho a decisão da CETESB/2013 citada acima. Então, de forma indireta, foi estabelecido um valor limite para que os resultados obtidos nos ensaios microbiológicos possam ser comparados com uma referência válida.

Sendo assim, os resultados da análise do corpo hídrico referente a grota da Leozina estão na Tabela 9. No que se refere a temperatura e turbidez, não houve grandes oscilações, situando entre 22,20 e 25,90 °C e 4,31 a 6,31 uT, respectivamente.

Já a DQO alternou entre 0,00 e 52,00 mg/L, a condutividade elétrica esteve entre 6,34 e 12,53 µS/cm e os cloretos, variaram de 6,46 a 19,88 mg/L. Sobre a alcalinidade, houve uma oscilação de 3,00 a 8,95 mg CaCO₃/L. O parâmetro sólido total apresentou variação de concentração de 70,50 a 230,00 mg/L ao passo que o nitrogênio amoniacal, apenas no mês de junho ocorreu detecção de 0,17 mg N/L.

Sobre as análises bacteriológicas, os resultados mostraram concentrações altas, sendo que para o coliforme total, em todos os meses analisados, os valores foram superiores a 2419,60 NMP/100 mL enquanto que para as bactérias *Escherichia coli*, as flutuações se situaram entre 45,00 até uma concentração superior ao máximo tabelado pela metodologia do ensaio, que era de 2419,60 NMP/100 mL.

Tabela 9 – Resultados das análises para o ponto P2 (grota da Leozina)

COORDENADAS GEOGRÁFICAS	LATITUDE		9° 57' 7,57" S			
	LONGITUDE		47° 58' 22,41" O			
ENSAIOS	RESULTADOS MESES ANALISADOS				LIMITES	
Parâmetros	Abril	Maio	Junho	Julho	Resolução	Valor
Temperatura (°C)	25,60	25,10	25,60	23,60	CONAMA 357/2005	-
pH (-)	6,30	7,10	6,80	6,80		6 – 9
Turbidez (uT)	2,84	1,23	1,34	0,71		≤ 100
DQO (mg/L)	20,00	0,00	54,00	-		-
Condutividade (µS/cm)	66,34	52,66	44,64	40,88		-
Cloreto (mg/L)	21,00	13,92	17,40	16,90		≤ 250
Alcalinidade (mg CaCO ₃ /L)	12,92	12,00	11,00	9,00		-
Sólidos totais (mg/L)	69,50	419,50	92,50	51,00		≤ 500
Nitrogênio amoniacal (mg N/L)	ND	ND	0,17	ND		Depende do pH
Coliforme Total (NMP/100 mL)	>2419,60	>2419,60	>2419,60	>2419,60	Decisão nº 112/2013/E (CETESB/ 2013)	-
<i>Escherichia coli</i> (NMP/100 mL)	980,00	>2419,60	45,00	155,30		≤ 600

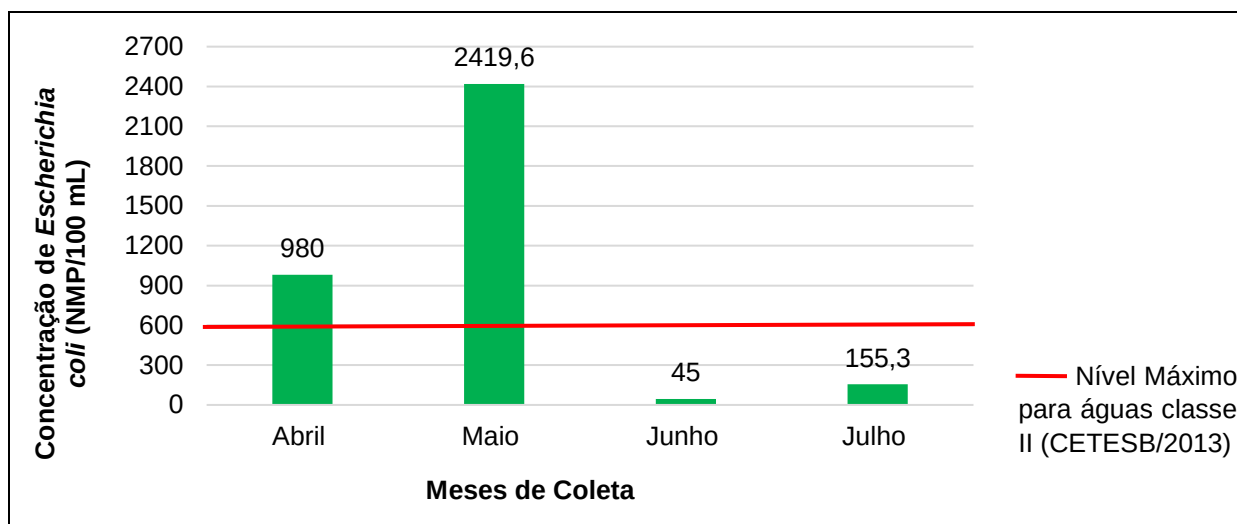
Nota: ND = não detectado

Fonte: Autor (2019).

Comparando os resultados mostrados na Tabela 9 com limites impostos pelo CONAMA 357/2005 para os parâmetros pH, turbidez, sólidos totais, cloreto total e nitrogênio amoniacal, tem-se que todos atendem ao exigido. Já sobre a *Escherichia*

coli, quando checados com o limite da CETESB/2013, apenas os meses de junho e julho respeitam ao limite estipulado. A Figura 62 traz o gráfico com a relação entre esse valor limite e as concentrações de bactérias encontradas nas análises.

Figura 62 – Monitoramento da *Escherichia coli* para o ponto P2 (grota da Leozina)



Fonte: Autor (2019).

O município não possui sistema de drenagem urbana logo, suas grotas recebem as águas das ruas e avenidas e, conseqüentemente, dos efluentes domésticos extravasados pelas fossas anualmente, além dos descartes incorretos de esgoto praticados pelos moradores.

A grota da Leozina recebe a maioria das águas pluviais advindas dos setores Bela Vista, Centro e Aeroporto enquanto a grota Tia Florinda, capta pouca parte daquelas oriundas do Centro.

A Figura 63 destaca as casas mapeadas com a existência de extravasamentos de fossas. Neste mapa, fez-se um corte topográfico em uma das avenidas da cidade do ponto A ao ponto C passando pelo ponto B (Figura 64) e com isso, consegue-se demonstrar que a grota da Leozina está localizada em um vale (ponto V2) e a grota Tia Florinda em outro (ponto V1), onde ambas recebem preferencialmente as águas pluviais somadas com os extravasamentos.

Figura 63 – Mapa da cidade contendo os pontos de extravasamento de fossas sépticas encontrados e os pontos para corte topográfico de A até C



Fonte: Google Earth – Adaptado (2019).

Figura 64 – Corte topográfico dos pontos A, B e C referente a Avenida 7 de Setembro ilustrando os vales das grotas da Tia Florinda (V1) e Leozina (V2)



Fonte: Google Earth – Adaptado (2019).

Como a vazão do corpo hídrico é pequena, as águas servidas que desaguam na grota da Leozina acabam influenciando nas suas características físico-químicas e principalmente, microbiológicas. Tal fato pode ser visto anteriormente na Figura 63, onde no período chuvoso (abril e maio) da região a concentração de *Escherichia coli* foi muito alta enquanto no período seco (junho e julho), com a queda da chuva e consequentemente, dos extravasamentos de esgoto domésticos, apresentou-se uma baixa concentração. Assim, pode-se confirmar que esses extravasamentos anuais das

fossas atuam diretamente na qualidade do corpo hídrico em questão na forma de escoamentos superficiais urbanos, caracterizados como uma poluição difusa, o que converte a grota em questão em um corpo receptor de efluentes.

É importante destacar ainda que a Grota da Leozina atravessa a cidade no sentido noroeste para sudeste. Tal caminho percorrido passa por diversos fundos de lotes, fazendo com que receba descartes incorretos de esgotos domésticos oriundos das cozinhas e lixos dos quintais, como já registrado neste trabalho. Além disso, como a NBR 7229 (ABNT, 1993) preconiza que as fossas sépticas estejam a 30,00 m de mananciais, alguns lotes não obedecem tal distância, o que pode influenciar na contaminação do corpo hídrico.

7.2.3. Ponto P3 – grota Tia Florinda

Por fim, o último local analisado foi o ponto P3, pertencente a Grota Tia Florinda. Essa é considerada como riacho devido a sua baixa vazão de água, sendo um curso d'água do tipo intermitente, pois ele seca no período de estiagem, normalmente depois do mês de agosto, mas que no período chuvoso, apresenta certo volume. A Figura 65 mostra o lugar em que o riacho desagua no Rio Negro, referente ao mês de junho) enquanto a Figura 66 traz uma das coletas feitas da água desse corpo hídrico para que fosse realizada sua análise.

Figura 65 – Corpo hídrico da grota Tia Florinda



Fonte: Autor (2019).

Figura 66 – Coleta de amostra de água para análise físico-química



Fonte: Autor (2019).

Esse riacho onde ocorreu a coleta referente ao ponto P3 é classificado como classe II de acordo com o CONAMA 357/2005 e serão analisados todos os parâmetros impostos por tal resolução. De maneira semelhante ao ponto P2, também será adotada o limite máximo previsto pela CETESB/2013 para as bactérias *Escherichia coli*.

De posse dos resultados, eles foram inseridos na Tabela 10 e obteve-se que para os meses analisados, as amostras da grota Tia Florinda variaram a temperatura entre 22,50 a 25,40 °C, com uma turbidez baixa entre 1,88 a 2,94 uT com parâmetros de pH correspondente entre 6,00 a 7,00.

Relacionada a concentração de DQO, houve variações consideráveis, com mudanças de 3,00 a 135,00 mg/L e para a condutividade, os valores eram próximos de 48,25 a 55,97 $\mu\text{S}/\text{cm}$. O parâmetro cloreto, esteve entre 10,93 a 20,87 mg/L e sobre a alcalinidade, as concentrações atingiram intervalo entre 11,00 a 15,90 mg CaCO_3/L . Concernente aos sólidos totais, o parâmetro teve pouca variação, configurando-se entre 47,50 a 77,50 mg/L enquanto o nitrogênio amoniacal, não foi possível detectar a presença desse parâmetro nos meses analisados.

Já sobre as análises bacteriológicas, os resultados mostraram que as concentrações de coliforme total foram superiores a 2419,60 NMP/100 mL em todos os meses estudados e para a *Escherichia coli*, ocorreram grandes disparidades que ficaram entre 249,50 até ao máximo tabelado pelo método Colillert, que era de 2419,60 NMP/100 mL. Os resultados podem ser vistos na Tabela 10.

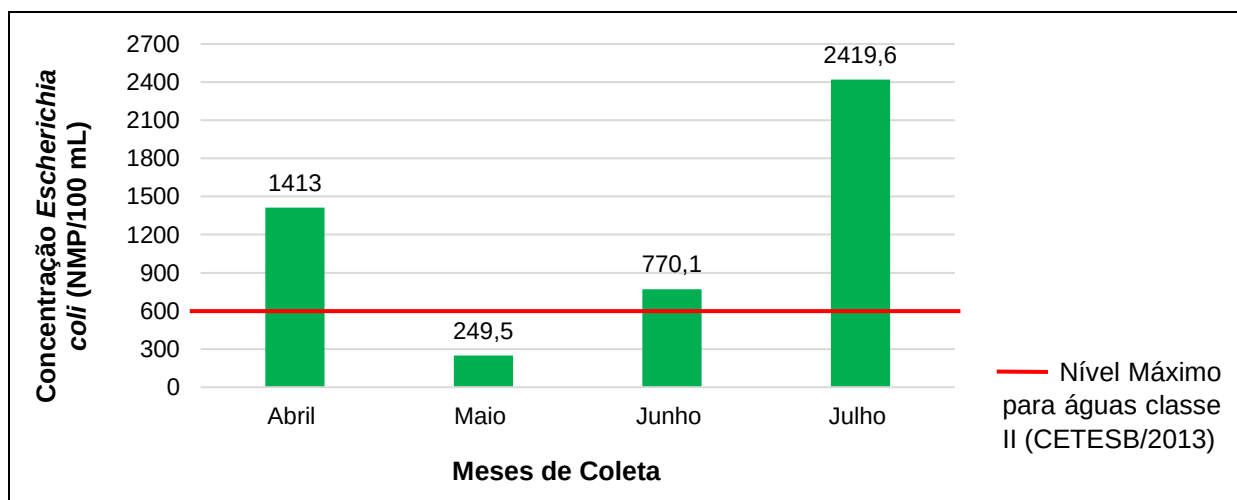
Tabela 10 – Resultados das análises para o ponto P3 (grota Tia Florinda)

COORDENADAS GEOGRÁFICAS	LATITUDE		9° 57' 1,31" S			
	LONGITUDE		47° 58' 13,97" O			
ENSAIOS	RESULTADOS MESES ANALISADOS				LIMITES	
Parâmetros	Abril	Maio	Junho	Julho	Resolução	Valor
Temperatura (°C)	25,40	23,60	24,90	22,50	CONAMA 357/2005	-
pH (-)	6,00	7,80	6,60	7,00		6 - 9
Turbidez (uT)	2,94	1,88	2,10	2,47		≤ 100
DQO (mg/L)	30,00	135,00	29,00	3,00		-
Condutividade (μS/cm)	49,91	48,25	55,97	52,32		-
Cloreto (mg/L)	15,00	10,93	20,87	14,91		≤ 250
Alcalinidade (mg CaCO ₃ /L)	15,90	11,00	13,00	14,00		-
Sólidos totais (mg/L)	57,50	77,50	74,50	47,50		≤ 500
Nitrogênio amoniacal (mg N/L)	ND	ND	ND	ND		Depende do pH
Coliforme Total (NMP/100 mL)	>2419,60	>2419,60	>2419,60	>2419,60	Decisão nº 112/2013/E	-
<i>Escherichia coli</i> (NMP/100 mL)	1413,00	249,50	770,10	2419,60	(CETESB/2013)	≤ 600

Nota: ND = não detectado

Fonte: Autor (2019).

Todos os parâmetros de pH, turbidez, cloreto, sólidos totais e nitrogênio amoniacal atenderam ao CONAMA 357/2005 enquanto as bactérias *Escherichia coli*, apenas o mês de maio conseguiu satisfazer a CETESB/2013. A Figura 67 apresenta um gráfico com a comparação entre o valor limite da CETESB com as concentrações de bactérias encontradas nos meses analisados.

Figura 67 – Monitoramento da *Escherichia coli* para o ponto P3 (grota Tia Florinda)

Fonte: Autor (2019).

Uma possibilidade para o alto valor de bactérias no mês de abril, pode ser devido aos extravasamentos de fossas que aconteceram próximos ao local. Para os meses do período de seca, as causas podem estar associadas ao fato de existirem fossas próximas a margem do córrego ou ainda locais que descarreguem direto o esgoto em suas águas. As chácaras que fazem divisa com essa grota, podem também propagar a *Escherichia coli* durante o período analisado por meio da criação de animais. Todas essas considerações contribuem para a poluição do manancial, tornando-o um local de disseminação de doenças para homens e animais.

7.3. Saneamento Básico Municipal

De acordo com o IBGE (2010), Aparecida do Rio Negro possui 2,4% dos domicílios com esgotamento sanitário adequado, ocupando a posição 116 de um total de 139 municípios tocantinenses. Esse esgotamento apropriado refere-se a sistemas individuais que consigam oferecer corretamente, conforme requerido pela legislação, a coleta e tratamento do esgoto doméstico. Relacionado ao tipo de esgotamento adotado nos domicílios, a Tabela 11 traz a lista de quais sistemas são utilizados.

Tabela 11 - Tipo de esgotamento sanitário nos domicílios particulares permanentes no município de Aparecida do Rio Negro

Tipo de Esgotamento Sanitário	
Rede geral de esgoto ou pluvial	5
Sistema de fossa séptica	22
Outros	1.106
Não tinham esgotamento sanitário	117
Total de domicílios analisados	1.250

Fonte: IBGE (2010) – Adaptado.

A Tabela 11 retrata a configuração observada no município onde a quantidade de fossas sépticas é baixa e os domicílios que apresentam o tópico “outro” como sistema de esgotamento é predominante, sendo que, após a pesquisa de campo realizada, é possível associar essa configuração levantada pelo IBGE com a presença de fossas negras. Já relacionado aos domicílios sem nenhum tipo de sistema, pode-se considerar que o descarte seria diretamente no meio ambiente: seja na via trafegável, terrenos baldios ou em corpos hídricos.

Sobre a existência de banheiro de uso exclusivo do domicílio, 87,84 % da população tinha esse espaço, dos quais, 84,86 % apresentavam apenas um único banheiro para uso comum. O abastecimento de água é realizado por rede geral de

distribuição nos domicílios (75,92 %), poço ou nascente na propriedade (16,88 %) além de outras maneiras (7,2 %) que não foram especificadas na pesquisa (IBGE, 2010).

A Pesquisa de Informações Básicas Municipais (MUNIC) fornece informações diversas sobre a gestão pública municipal de todas as cidades do Brasil. Segundo o IBGE (2017), o município de Aparecida do Rio Negro possui um Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB) e abrange os serviços de abastecimento de água, limpeza pública e manejo de resíduos sólidos e drenagem de águas pluviais urbanas, não havendo acolhimento para os serviços de esgotamento sanitário.

Ainda, de acordo com o IBGE (2017), a cidade não apresenta Conselho Municipal de Saneamento e de Meio Ambiente e nem fundo municipal de saneamento básico, instrumentos importantes para investimentos nessa área além de assegurar uma melhor qualidade de vida e saúde para a população e meio ambiente.

7.3.1. Entrevista Secretaria Municipal de Saúde

Um dos pontos principais deste trabalho está relacionado a saúde pública de Aparecida do Rio Negro e a visão que a secretaria de Saúde, tem para o futuro. De acordo com a secretária municipal de saúde Sra. Sebastiana Luzia da Conceição Batista, o órgão municipal trabalha com dois tipos de prevenção: agentes de endemias e agentes comunitários de saúde em conjunto com a vigilância sanitária.

Os agentes de endemias trabalham voltados para zoonoses, doenças transmitidas por meio de animais. Já os agentes comunitários trabalham com toda a parte preventiva, tendo acesso direto com todas as famílias da cidade, fazendo visitas para saber a situação daquele local, relacionando-o com as doenças que aconteceram ou que possam vir a ocorrer. Logo, eles se tornam um veículo de comunicação e orientação nas casas, analisando qual a área de risco que o morador está susceptível, além de organizar visitas domiciliares das equipes de saúde da família, uma para zona rural e outra para urbana, composta por médicos e enfermeiros.

Já os profissionais da vigilância sanitária atuam com o intuito de proteger e promover a saúde do local, fiscalizando os ambientes que manuseiam e produzem alimentos, como escolas, açougues, lanchonetes, padarias e restaurantes. Além disso, auxiliam no controle da qualidade da água além de ações voltadas para as doenças que são transmitidas pelos alimentos. Algumas ações feitas pela secretaria

são a realização de campanhas de vacinação e palestras educativas nas escolas e para a população em geral, voltadas para prevenção, contemplando assuntos que visem a salubridade do ambiente.

7.3.1.1. Doenças municipais: quinquênio 2014-2018

A secretária municipal de saúde Sra. Sebastiana Luzia da Conceição Batista também explanou sobre como é feito o controle e registro do município com todas as doenças que acontecem com os moradores. É utilizado um sistema informatizado denominado Sistema de Informação de Agravos de Notificação (SINAN) no qual é alimentado pela notificação e investigação de casos de doenças e agravos que constam na lista nacional de notificação compulsória pelo próprio município. Essa lista é uma tabela com todos os nomes dos agravos que o governo considera necessário registrar, como por exemplo, hanseníase, hantavirose e leishmanioses.

Assim, o médico ou o enfermeiro podem diagnosticar e notificar os agravos, tendo um prazo de 60 dias para encerrá-lo. Caso não ocorra nenhuma suspeita de doença na semana, a unidade precisa fazer uma notificação negativa. Quando o paciente do município é encaminhado pra Palmas, se na capital, ele for diagnosticado com algum agravo e notificado, essa notificação é recebida pela Secretaria Municipal de Saúde e repassada para médicos ou enfermeiras para que eles façam a investigação do agravo e o encerre. Nesse processo do SINAN, tem-se a ficha individual do paciente e a ficha individual de investigação, que possibilita a identificação da fonte de infecção, transmissibilidade da doença bem como sua confirmação ou descarte. O Estado determina que todos os municípios enviem semanalmente o lote com as informações.

Posto isso, na Tabela 12 são ilustrados os resultados detalhados sobre as doenças entre os anos de 2014 a 2018 recolhidas através do SINAN/2019. Nela, tem-se o ano de ocorrência, os tipos de doença de veiculação hídrica que aconteceram no município (hepatites virais, leptospirose, meningite não especificada, leishmanioses tegumentar e visceral, febre de chikungunya, doença aguda pelo vírus zika e febre amarela), o número de incidências dessas doenças bem como seu somatório. Além disso, tem-se ainda a quantidade total de todos os tipos de doenças que aconteceram naquele respectivo ano bem como o percentual traçado entre as doenças de veiculação hídrica com todos os tipos de doenças que aconteceram na cidade.

Tabela 12 – Resumo das doenças de veiculação hídrica ocorridas em Aparecida do Rio Negro durante os anos de 2014 a 2018

ANO (A)	DOENÇA DE VEICULAÇÃO HÍDRICA (B)	INCIDÊNCIA (C)	SOMATÓRIO DE DOENÇAS DE VEICULAÇÃO HÍDRICA (D)	TOTAL DE TODOS OS TIPOS DOENÇAS NO ANO (E)	% = D/E
2014	Hepatites Virais	1	18	96	19%
	Leptospirose	0			
	Meningite não especificada	1			
	Leishmaniose Tegumentar Americana	11			
	Leishmaniose Visceral	5			
	Febre de Chikungunya	0			
	Doença aguda (vírus Zika)	0			
	Febre amarela	0			
2015	Hepatites Virais	2	13	102	13%
	Leptospirose	1			
	Meningite não especificada	1			
	Leishmaniose Tegumentar Americana	5			
	Leishmaniose Visceral	3			
	Febre de Chikungunya	1			
	Doença aguda (vírus Zika)	0			
	Febre amarela	0			
2016	Hepatites Virais	0	28	117	24%
	Leptospirose	0			
	Meningite não especificada	1			
	Leishmaniose Tegumentar Americana	3			
	Leishmaniose Visceral	1			
	Febre de Chikungunya	0			
	Doença aguda (vírus Zika)	23			
	Febre amarela	0			
2017	Hepatites Virais	0	52	159	33%
	Leptospirose	2			
	Meningite não especificada	1			
	Leishmaniose Tegumentar Americana	5			
	Leishmaniose Visceral	5			
	Febre de Chikungunya	7			
	Doença aguda (vírus Zika)	31			
	Febre amarela	1			
2018	Hepatites Virais	5	16	181	9%
	Leptospirose	0			
	Meningite não especificada	1			
	Leishmaniose Tegumentar Americana	1			
	Leishmaniose Visceral	5			
	Febre de Chikungunya	0			
	Doença aguda (vírus Zika)	4			
	Febre amarela	0			

Fonte: SINAN (2019) - Adptado.

Ao analisar os tipos de doenças descritos na Tabela 12, observa-se que elas possuem relação com a qualidade do saneamento básico na cidade, o que podem estar associadas às situações encontradas e descritas neste trabalho.

Sobre os extravasamentos das fossas sépticas, onde há a presença de matéria orgânica em processo de decomposição e de microrganismos nos efluentes descarregados no meio ambiente, a leptospirose e hepatites virais, de transmissão via fecal-oral, podem estar relacionadas com tal situação vivenciada na cidade. Além do mais, os corpos hídricos contaminados com bactérias de origem fecal também podem ser associados as tais doenças, uma vez que é comum o contato de pessoas com essas águas por meio do balneário municipal, captação para recreação e uso doméstico.

Já os descartes incorretos praticados do esgoto doméstico no meio e o acúmulo de lixo estão associados as leishmanioses, uma vez que segundo Brasil (2006), os insetos em sua fase larvária desenvolvem-se em ambientes terrestres úmidos e ricos em matéria orgânica.

Outro ponto a ser mencionado refere-se a dengue, febre amarela, febre de chikungunya e zika. Para todas essas doenças, os extravasamentos mencionados neste trabalho bem como o descarte do esgoto no meio ambiente contribuem para a sua proliferação pois elas são transmitidas por vetores que se relacionam com a água, e essas situações presenciadas no município ajudam na criação de condições favoráveis de criadouros para insetos vetores.

Por fim, o cenário sanitário municipal contribui também para o surgimento das meningites que, apesar de não serem especificadas pela tabela do SINAN, a doença tem diferentes tipos de transmissão (bactérias, vírus, fungos e parasitas), o que dificulta para levantar a sua origem no município.

Mesmo assim, percebe-se que esse tipo de enfermidade pode ser associada aos assuntos desse trabalho quando é analisado algumas formas de disseminação da meningite como a bacteriana e a viral. De acordo com o Ministério da Saúde (2019), esse primeiro tipo meningite pode ser causada pela *Escherichia coli* entre outros tipos de bactérias por meio da contaminação fecal-oral enquanto que, a viral, tem relação com os agentes do tipo arbovírus (mesmo da dengue, febre amarela, zika e chikungunya) e contaminação por meio da picada de mosquitos infectados.

Dessa maneira, as enfermidades recorrentes em Aparecida do Rio Negro ilustra um problema de saúde pública que necessita não só de soluções na área de

esgotamento como na parte do saneamento básico como um todo e ainda, na educação sanitária da população, uma vez que auxilia na eliminação da propagação dessas doenças bem como na melhoria da qualidade de vida do indivíduo. Além disso, também é salutar o estudo do serviço de abastecimento de água para acompanhar a sua potabilidade.

7.3.2. Entrevista na Agência municipal de Saneamento

Os serviços de saneamento básico são realizados por uma empresa do próprio município, a AAS, fundada em 19/12/2017 e gerenciada pelo presidente Engenheiro Elétrico João Carlos de Araújo Brito.

Dentre os serviços prestados pela AAS, o presidente destacou a captação, tratamento e distribuição da água para o município por meio de uma rede de abastecimento de água, onde a fonte de captação são três poços profundos, com produção de 90 m³/h, localizados no Setor Aeroporto, Bela Vista e São Domingos que, por meio de bombeamento são direcionadas a três reservatórios distintos, distribuídos em cada setor citado anteriormente. São realizados também serviços de extensão e manutenção nas redes e limpeza dos reservatórios.

Ainda, segundo o presidente João Carlos de Araújo Brito, o tratamento da água de abastecimento é feito por meio de simples desinfecção com pastilhas de tricloro a 90%, sendo que para o controle de qualidade da água duas coletas são feitas semanalmente e encaminhadas para o laboratório da Universidade Federal do Tocantins (UFT) para que sejam analisados os parâmetros de: cloro residual livre, cor aparente, pH, turbidez, coliformes totais e *Echerichia coli*. Foi repassado ainda que há projetos para criação de uma rede coletora de esgoto com uma estação de tratamento do tipo reator, sendo tal escolha baseada no baixo custo de implantação, operação simples e pouca produção de resíduo.

7.3.3. Entrevista nas secretarias de Obras e Meio Ambiente

O secretário de Obras, Sr. Mario Vinicius Virginio Veloso, repassou que para iniciar os projetos referentes a rede coletora de esgoto e sua respectiva estação de tratamento, o município está fazendo um levantamento planialtimétrico para dar suporte aos profissionais responsáveis por tal tarefa.

Sobre a limpeza urbana, o Sr. Mario Vinicius explicou que a Prefeitura Municipal tem uma equipe que coleta o lixo de segunda a sexta-feira nas residências utilizando caminhões do tipo caçamba, dando prioridade desse serviço para escolas, lanchonetes e restaurantes devido ao grande acúmulo de matéria orgânica, evitando a proliferação de odor e animais. Por não haver aterro sanitário, os resíduos sólidos gerados no município são despejados em um local a céu aberto, comumente chamado de “lixão”, distante 5 km da cidade. Não é feita a coleta seletiva do lixo e não há projetos futuros para a construção do aterro municipal, devido aos altos custos de construção e manutenção do empreendimento.

Relacionado ao meio ambiente, o secretário municipal Sr. Paulo César Batista Tavares disse que palestras sobre educação ambiental e limpeza de terrenos baldios, que também são propagadores de doenças, são as atividades mais corriqueiras praticadas pela secretaria. Além disso, toda a parte de arborização, paisagismo e cuidado com as praças e campos do município são realizados pelo órgão municipal.

8. CONCLUSÃO

No decorrer do trabalho foi possível analisar que os problemas de extravasamentos das fossas são recorrentes em alguns setores do município, principalmente durante o período das chuvas, e estão relacionados ao alto nível do lençol freático da região. Outra prática comum no município é o lançamento do esgoto doméstico da cozinha e área de serviço direto na via pública, com a finalidade de não sobrecarregar a fossa. Para ambas as situações, a maioria dos problemas foram mapeados e estavam concentrados nos seguintes setores, em ordem decrescente de incidências: Centro, Bela Vista, Aeroporto e São Domingos.

Após a coleta e análise da água nos pontos P1, P2 e P3, foi confirmado que os corpos hídricos no município apresentavam altas concentrações de *Echerichia coli*, bactérias confirmativas para risco de transmissão de doenças de veiculação hídrica. As concentrações encontradas sofreram alterações e houve meses com valores inferiores ao máximo permitido pelo CONAMA 274/2000 e CETESB/2013, mas que mesmo assim, existe a possibilidade de contaminação. Já relacionado aos parâmetros físico-químicos, todas as amostras estavam dentro dos limites estabelecidos pelo CONAMA 357/2005 e CONAMA 274/2000.

Um exemplo do impacto que os extravasamentos das fossas causam aos mananciais pode ser visto nos resultados microbiológicos da gruta da Leozina (ponto P2) pois, no período chuvoso, os valores de *Echerichia coli* se encontravam elevados enquanto no período de seca, diminuía consideravelmente. Observando os dados do SINAN (2019), o município possui incidência de doenças associadas a carência dos serviços de esgotamento sanitário e resíduos sólidos urbanos que influenciam na saúde da população e podem ser associadas aos extravasamentos e descartes incorretos de esgoto. Dentre elas, as mais recorrentes são: meningite, leishmaniose (tegumentar e visceral), febre por zika vírus e hepatites virais.

As situações vivenciadas pelo município de Aparecida do Rio Negro descritas neste trabalho demonstram que a maioria das fossas abrangidas pela entrevista não atenderam aos requisitos técnicos e construtivos da NBR 7229 (ABNT, 1993). Além disso, onde o lençol freático é alto, próximo a superfície do solo, não é recomendado a utilização de fossa séptica e sumidouro. Deve-se, portanto, utilizar redes coletoras de esgoto, de maneira a obedecer ao marco legal da Lei 11.445/2007 para garantir serviços de esgotamento sanitário.

Assim, a Prefeitura municipal pode procurar parcerias com a esfera estadual e federal afim de agilizar os projetos que garantam serviços de esgotamento para o município. Nesse sentido, foi proposto juntamente com a turma de Saneamento Básico II do período 2019/1, do curso de Engenharia Civil do IFTO – *Campus* Palmas, a elaboração de um estudo de concepção de Sistema de Rede Coletora de Esgoto pois, essa é a solução mais viável para sanar os problemas sanitários levantados no município. O Apêndice B traz um resumo das principais características desse estudo de concepção e o Apêndice C traz o esboço do traçado da rede coletora de esgoto.

Como medida paliativa, as residências com presença de descarte incorreto, devem reconectar as tubulações das águas cinzas nas fossas das suas residências, o que contribui de maneira rápida e eficaz com a queda da poluição ambiental e com a eliminação de locais propícios para vetores de doenças. Uma alternativa a ser mencionada é a educação ambiental e sanitária promovidas pelas secretarias de saúde e meio ambiente para a população pois, muito do que se foi discutido e ilustrado neste trabalho também está associado com os hábitos sanitários do morador. Com essa postura, as pessoas irão aprender sobre: a importância e o correto funcionamento das fossas sépticas, limpeza das caixas de gordura e descarte correto

do esgoto doméstico em sistemas próprios para receber esse efluente; proteção e preservação do meio ambiente.

Para que todas essas propostas sejam realizadas, o primeiro passo a ser feito na esfera pública é a inclusão dos serviços de esgotamento sanitário no PMSB. Deve-se ainda criar instrumentos importantes responsáveis pela captação de recursos e gerenciamento dos serviços de saneamento, representado pelo Conselho Municipal de Saneamento e de Meio Ambiente e o fundo municipal de saneamento básico.

Posto isso, Phillip Jr (2005) considera que a qualidade e a cobertura de serviços de saneamento estão correlacionadas a qualidade de vida e saúde. Portanto, por mais que o retorno dos investimentos nessa área demorem a ser visto, medidas devem ser tomadas a fim de garantir um futuro melhor para a sociedade e meio ambiente, criando um meio saudável para todos, homem e natureza.

8.1. Recomendações

Os resultados deste trabalho podem auxiliar no planejamento de metas e ações para a melhoria dos serviços de saneamento prestados pelo poder público municipal. As sugestões abaixo estão referidas a continuidade deste trabalho bem como o seu aprimoramento em relação ao esgoto doméstico no município de Aparecida do Rio Negro – TO:

- Continuar a realizar as análises físico-químicas e microbiológicas dos corpos hídricos da cidade para melhor controle ambiental dos recursos;
- Monitorar a evolução dos extravasamentos das fossas, descartes do esgoto doméstico e surgimento de doenças relacionadas ao saneamento debilitado;
- Levantar estudos técnicos sobre a qualidade da água distribuída no município, pois ela também influencia na saúde pública da localidade;
- Investigar e caracterizar o lençol freático da região além de realizar ensaios para saber há plumas de contaminação causadas pelas fossas negras do município;
- Avaliar alternativas para o sistema de drenagem urbana do município uma vez que a sua ausência contribui para a degradação ambiental.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, R. O sistema de esgoto sanitário. In: NUVOLARI, A (Coord.). **Esgoto sanitário: coleta, transporte, tratamento e reuso agrícola**: Edgard Blucher: São Paulo, 2003

ARRUDA, D. T. et al. **A efetividade do controle social na área do saneamento no RS**. In: Âmbito Jurídico, Rio Grande, XII, n. 63, abr. 2009. Disponível em: <http://www.ambito-juridico.com.br/site/index.php?n_link=revista_artigos_leitura&artigo_id=5930&revista_caderno=5>. Acesso em: 15 mar. 2019

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7229**: Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos. Rio de Janeiro: ABNT, 1993.

_____. **NBR 13969**: Tanques sépticos – Unidades de tratamento complementar disposição final dos efluentes líquidos – Projeto, construção e operação. Rio de Janeiro: ABNT, 1997.

_____. **NBR 9648**: Estudo de concepção de sistemas de esgoto. Rio de Janeiro: ABNT, 1986.

_____. **NBR 9649**: Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário. Rio de Janeiro: ABNT, 198.

BRAGA, B. et al. **Introdução à Engenharia Ambiental**: o desafio do desenvolvimento sustentável. 2. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.

BRANDÃO, V. A. C. **A importância do tratamento adequado da Água para Eliminação de Microrganismos**. 2011. 27 f. Monografia de Conclusão de Curso (Licenciatura em Biologia) – Universidade de Brasília, Brasília, 2011. Disponível em: < http://bdm.unb.br/bitstream/10483/1855/6/2011_ValeriaAparecidaCBrandao.pdf> Acesso em: 15 mar. 2019.

BRASIL. **Lei Nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007**. Diário Oficial da União, Brasília, 08 jan. 2007. Seção 1, p. 3. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2007/Lei/L11445.htm> Acesso em: 02 mar. 2019.

_____. **Manual de Saneamento**: orientações técnicas. 3. ed. rev. Brasília: Fundação Nacional da Saúde, 2004. 408 p.

_____. **Manual de Saneamento**. 4. ed. Brasília: Fundação Nacional da Saúde, 2015. 642 p. Disponível em: < https://funasa-my.sharepoint.com/personal/imprensa_funasa_gov_br/Documents/Biblioteca_Eletronica/Engenharia_de_Saude_Publica/eng_saneam2.pdf> Acesso em: 26 fev. 2019.

_____. **Manual de vigilância e controle da leishmaniose visceral**. 1. ed. Brasília: Editora do Ministério da Saúde, 2006. 120 p. Disponível em: < http://bvsmis.saude.gov.br/bvs/publicacoes/manual_vigilancia_controle_leishmaniose_visceral.pdf> Acesso em: 20 out. 2019.

_____. **Resolução CONAMA nº. 357**, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá

outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, 18 mar. 2005. Disponível em: < <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>> Acesso em: 21 set. 2019.

_____. **Resolução CONAMA nº. 274**, de 29 de novembro de 2000. Define os critérios de balneabilidade em águas brasileiras. Diário Oficial da União, Brasília, 25 jan. 2001. Disponível em: < <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=272>> Acesso em: 21 set. 2019

CAPPI, Nanci. et al. Qualidade da água e fatores de contaminação de poços rasos na área urbana de Anastácio (MS). In: **Geografia Ensino & Pesquisa**. [S.l.], v. 16, n. 3, p. 77-91, 2012. Disponível em: <<https://periodicos.ufsm.br/geografia/article/view/7581/pdf>> Acesso em: 25 ago. 2019.

CAPUTO, H. P. **Mecânica dos solos e suas aplicações**: Fundamentos. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2013.

CLIMATEMPO. **Climatologia** – Aparecida do Rio Negro/TO. [S.l, s.d]. Disponível em: < <https://www.climatempo.com.br/climatologia/6522/aparecidadorionegro-to> > Acesso em: 11 abr. 2019.

COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO. **NORMA TÉCNICA SABESP NTS 025**: Projeto de redes coletoras de esgotos – Procedimento. São Paulo: SABESP, 2006. Disponível em: <<http://www2.sabesp.com.br/normas/nts/nts025.pdf>> Acesso em: 25 mar. 2019.

_____. **Decisão de diretoria nº 112/2013/e, de 09 de abril de 2013**. Dispõe sobre o estabelecimento dos valores limites do parâmetro Escherichia coli (E.coli), para avaliação da qualidade dos corpos de águas do território do Estado de São Paulo. São Paulo: CETESB, 2013. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2018/01/DECIS%C3%83O-DE-DIRETORIA-N%C2%BA-1122013E-DE-09-DE-ABRIL-DE-2013.pdf>> Acesso em: 10 set. 2019.

COMPANHIA DE SANEAMENTO DO PARANÁ. **Projeto unifamiliar**: construção, operação e manutenção das fossas sépticas. Paraná: SANEPAR, [s.d]. Disponível em: < http://site.sanepar.com.br/sites/site.sanepar.com.br/files/sanepar-projeto_unifamiliar.pdf> Acesso em: 10 mar. 2019.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. **Infográfico**: a realidade do saneamento básico no Brasil. Brasília: CNI, 2018. Disponível em: <<https://noticias.portaldaindustria.com.br/especiais/infografico-a-realidade-do-saneamento-basico-no-brasil/>> Acesso em: 10 mar. 2019.

CRESPO, P. G. **Sistemas de esgotos**. Belo Horizonte: DESA, 2001.

CRUZ, L. M. O. **Tanque séptico seguido de filtro de areia para tratamento de esgoto doméstico**. 2013, 180 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil na Área de Saneamento e Ambiente) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Campinas, 2013. Disponível em: < http://repositorio.unicamp.br/jspui/bitstream/REPOSIP/258047/1/Cruz_LuanaMattosdeOliveira_D.pdf> Acesso em: 27 mar. 2019.

DACACH, N. G. **Tratamento primário de esgoto**. Rio de Janeiro: EDC, 1991.

DIAS, A. P. **Análise da interconexão dos sistemas de esgotos sanitário e Pluvial da cidade do rio de janeiro:** valorização das coleções Hídricas sob perspectiva sistêmica. 2003, 310 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Estadual do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2003. Disponível em: <<http://www.peamb.eng.uerj.br/trabalhosconclusao/2003/PEAMB2003APDias.pdf>> Acesso em: 12 mar. 2019.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 5. ed. São Paulo: ATLAS, 2010.

GONÇALVES, C. P. **Impacto do lançamento de lodo de tanques/fossas sépticas em estação de tratamento de esgoto com reator anaeróbio de fluxo ascendente e manta de lodo (UASB).** 2008, 160 f. Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento) - universidade de São Paulo, São Carlos, 2008. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18138/tde-24032009-134608/publico/DISSERTACAO_GONCALVES_2008.pdf> Acesso em: 30 mar. 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Aparecida do Rio Negro.** Rio de Janeiro: IBGE, 2017. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/to/aparecida-do-rio-negro/panorama>> Acesso em: 11 abr. 2019.

_____. **História:** histórico município de Aparecida do Rio Negro. Rio de Janeiro: IBGE, 2017. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/to/aparecida-do-rio-negro/historico>> Acesso em: 12 abr. 2019.

JORDÃO, E. P.; PESSÔA, C. A. **Tratamento de esgotos domésticos.** 3. ed. Rio de Janeiro: ABES, 1995.

LEAL, U. **Depois da descarga.** São Paulo: PINI, 2000. Disponível em: <<http://piniweb17.pini.com.br/construcao/noticias/depois-da-descarga-85100-1.aspx>> Acesso em: 20 mar. 2019.

MENDES, M. R; DIAS, R. M; RODRIGUES, R. G. **Avaliação do dimensionamento e aspectos construtivos de um sistema fossa séptica e sumidouro:** Estudo de caso para o Residencial Orlando de Moraes, localizado em Goiânia – Goiás. 2010, 61 f. Monografia de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2010. Disponível em: <https://www.eec.ufg.br/up/140/o/AVALIA%C3%87%C3%83O_DO_DIMENSIONAMENTO_E_ASPECTOS_CONSTRUTIVOS_DE_UM_SISTEMA_FOSSA_S%C3%89PTICA_E_SUMIDOURO.pdf> Acesso em: 26 mar. 2019.

MENOS da metade das cidades do TO possuem política ou plano de saneamento. Palmas: G1 Tocantins, 2018. Acesso em: <<https://g1.globo.com/to/tocantins/noticia/2018/09/19/menos-da-metade-das-cidades-do-to-possuem-politica-ou-plano-de-saneamento.ghtml>> Acesso em: 02 mar. 2019.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Meningite: o que é, causas, sintomas, tratamento, diagnóstico e prevenção.** Disponível em: <<http://www.saude.gov.br/saude-de-a-z/meningites>> Acesso em: 20 out. 2019.

_____. **Ministério da Saúde alerta para aumento de 149% dos casos de dengue no país.** Brasília: Agência Saúde, 2019. Disponível em: <<http://portalms.saude.gov.br/noticias/agencia-saude/45257-ministerio-da-saude>>

alerta-para-aumento-de-149-dos-casos-de-dengue-no-pais> Acesso em: 25 mar. 2019.

MOREIRA, A. C. et al. **Sistema de Esgotamento Sanitário**: Aparecida do Rio Negro. 2019. 17 f. Trabalho de Saneamento Básico II (Graduação). IFTO, Palmas, 2019.

MURTHA, N. A; CASTRO, J. E; HELLER, L. Uma perspectiva histórica das primeiras políticas públicas de saneamento e de recursos hídricos no Brasil. In: **Revista Ambiente & Sociedade**. ANPPAS, São Paulo, v. XVIII, n. 3, p. 193-210, 2015. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/asoc/v18n3/1809-4422-asoc-18-03-00193.pdf>> Acesso em: 15 mar. 2019.

NUVOLARI, A. **Esgoto sanitário: coleta, transporte, tratamento e reuso agrícola**. Edgard Blucher: São Paulo, 2003.

OLIVEIRA, Everton de. **Águas subterrâneas, monitorar é fundamental**. Indaiatuba: 18 fev. 2008 (informação verbal). Disponível em: <<https://www.agsolve.com.br/noticias/aguas-subterraneas-monitorar-e-fundamental>> Acesso em: 15 out. 2019.

PHILIPPI JR., A; MALHEIROS, T. F. Águas residuárias: Visão de Saúde Pública e Ambiental. In: PHILIPPI JR (Ed.). **Saneamento, Saúde e Ambiente**: Fundamentos para um desenvolvimento sustentável. Barueri: Manole, 2005. cap. 5.

RIOS, F. P. **Avaliação de sistemas individuais de disposição de esgotos e das empresas limpa-fossas na Região Metropolitana de Goiânia**. 2010. 108 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Meio Ambiente) - Escola de Engenharia Civil, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2010. Disponível em: < [https://repositorio.bc.ufg.br/tede/bitstream/tde/640/1/DISSERTACAO%20FERNAND A%20POSCH%20RIOS.pdf](https://repositorio.bc.ufg.br/tede/bitstream/tde/640/1/DISSERTACAO%20FERNAND%20POSCH%20RIOS.pdf)> Acesso em: 12 mar. 2019.

RODRIGUES, L. S. et al. Avaliação de desempenho de lagoa de polimento para pós-tratamento de reator anaeróbio de manta de lodo (UASB) no tratamento de águas residuárias de suinocultura. In: **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**. FEPMVZ, Belo Horizonte, v. 61, n. 6, p. 1428-1433, 2009. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/abmvz/v61n6/v61n6a24.pdf>> Acesso em: 10 nov. 2019.

SECRETARIA DO PLANEJAMENTO E ORÇAMENTO DO ESTADO DO TOCANTINS. **Perfil socioeconômico dos municípios**: Aparecida do Rio Negro. Palmas: SEPLAN-TO, 2017. Disponível em: < <https://central3.to.gov.br/arquivo/340235/>> Acesso em: 02 abr. 2019.

SILVA, R. C. **Clima de Tocantins**. [S.l, s.d]. Disponível em: <https://www.infoescola.com/geografia/clima-de-tocantins/>> Acesso em: 10 abr. 2019.

SILVA, S. A. **Geotêxteis como elementos redutores da capacidade poluente de chorumes**. 2014. 117 p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil na Área de Geotecnia) – Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Brasília, 2014. Disponível em: < https://www.repositorio.unb.br/bitstream/10482/19042/1/2014_SuzanaAparecidaSilva.pdf> Acesso em: 04 abr. 2019.

SILVEIRA, D. T.; CÓRDOVA, F. P. A pesquisa científica. In: GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T (Org). **Métodos de pesquisa**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009.

Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/cursopgdr/downloadsSerie/derad005.pdf>>
Acesso em: 25 mar. 2019.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE O SANEAMENTO. **Ministério do Desenvolvimento Regional publica diagnósticos da situação do saneamento no Brasil.** Brasília: SNIS, 2019. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/component/content/article?id=175>> Acesso em: 10 mar. 2019.

SOUZA, C. F. **Notas de Aula: Instalações Hidráulico-Sanitárias.** Viçosa: UFV, 2009. Disponível em: <<http://arquivo.ufv.br/dea/ambiagro/gallery/publica%C3%A7%C3%B5es/ApostilaHidraulica.pdf>> Acesso em: 19 mar. 2019.

VON SPERLING, Marcos. **Introdução a qualidade da água e ao tratamento de esgoto.** 3. ed. Belo Horizonte: DESA, 2005.

_____. **Lagoas de estabilização.** 2. ed. Belo Horizonte: DESA, 2002.

TONETTI, A. L. et al. **Tratamento de esgotos domésticos em comunidades isoladas:** referencial para a escolha de soluções. Campinas: Biblioteca UNICAMP, 2018. Disponível em: < <http://www.fec.unicamp.br/~saneamentorural/wp-content/uploads/2018/11/Livro-Tratamento-de-Esgotos-Dom%C3%A9sticos-em-Comunidades-Isoladas-ilovepdf-compressed.pdf>> Acesso em: 22 mar. 2019.

TOSETTO, M. S. **Tratamento terciário de esgoto sanitário para fins de reuso urbano.** 2005. 250 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005. Disponível em: < http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/258688/1/Tosetto_MarianadeSalles_M.pdf> Acesso em: 12 nov. 2019.

TSUTIYA, M. T., & SOBRINHO, P. A. **Coleta e Transporte de Esgoto Sanitário.** São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2000.

TURCI, E. **Civilizações hidráulicas – Mesopotâmia.** [S.l.], 2008. Disponível em: < <https://educacao.uol.com.br/disciplinas/historia/civilizacoes-hidraulicas-mesopotamia.htm>> Acesso em: 15 mar. 2019.

VIDIGAL, C. H. M. **Análise da influência do saneamento Básico na saúde da população do Município de Barbacena – MG.** 2015. 53 f. Monografia de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária) – Faculdade de Engenharia, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2015. Disponível em: < http://www.ufjf.br/engsanitariaeambiental/files/2014/02/TFC_Carlos_Henrique_Moreira_Vidigal.pdf> Acesso em: 20 mar. 2019.

VILAR, L. **Seguindo os passos da história:** Uma história da medicina hipocrática e galênica. [S.l.], 2015. Disponível em: <<http://seguindopassoshistoria.blogspot.com/2015/05/uma-historia-da-medicina-hipocratica-e.html>> Acesso em: 20 mar. 2019.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Roteiro de pesquisa para estudo de campo sobre o uso do sistema Individual de Tratamento de esgoto doméstico no Município de Aparecida do Rio Negro – TO.

Endereço: _____

Setor: () Bela Vista () Aeroporto () Centro () São Domingos

Data da visita: ____/____/2019

Condição climática: () Sol () Nublado () Parcialmente nublado () Chuvoso

Observações: _____

1. Tipologia do local visitado:

- () Residência unifamiliar () Residência multifamiliar
() Estabelecimento comercial () Estabelecimento de serviços de saúde
() Escola () Outro: _____

2. Número de moradores: _____

3. Número de banheiros: _____

4. Presença de caixa de gordura?

- () SIM () NÃO

5. Faz a limpeza da caixa de gordura?

- () SIM () NÃO

Se Sim, com que frequência:

- () 6 meses () 1 ano () 2 anos () Outro:
() Apenas quando transborda ou fica obstruída

6. Quais destes materiais você descarta no esgoto doméstico?

- () Óleo de cozinha () Plásticos () Fio dental
() Resto de comida () Cotonete () Cabelos
() Outros:

7. Número de Sistemas de Tratamentos Individuais: _____

8. Trata-se de um sistema tanque séptico / sumidouro?

- () SIM () NÃO Se Não, Qual? _____

9. Qual problema, no período chuvoso, seu sistema sofre?

- () Extravasamentos () Odores fortes () Animais () Trincas
() Outros: _____

Com que frequência?

- () Raramente () Eventualmente () Anualmente

- 10.** Frequência de limpeza e coleta por caminhão-bomba:
☐ 1 ano ☐ 2 anos ☐ 3 anos ☐ Outro:
☐ Nunca foi esvaziada
☐ Somente quando ocorre algum problema como extravasamento
- 11.** Qual a geometria adotada para o tanque séptico?
☐ Circular ☐ Prismático
- 12.** Aspecto construtivo do sistema:
☐ Construído no local ☐ Pré-moldado
- 13.** Material utilizado na construção do sistema:
☐ Blocos cerâmicos ☐ Concreto ☐ Fibras de vidro ☐ PVC
☐ Outro: _____
- 14.** Dimensões mínimas aceitas para o tanque séptico e sumidouro:
Tanque Retangular - largura mínima de 0,80 m: ☐ Atende ☐ Não atende
Tanque Circular – diâmetro mínimo de 1,10 m: ☐ Atende ☐ Não atende
Sumidouro – diâmetro mínimo de 0,30 m: ☐ Atende ☐ Não atende
- 15.** Distâncias horizontais mínimas para o tanque séptico-sumidouro:
a) 1,50 m de construções / limites de terreno / sumidouros
☐ Atende ☐ Não atende
b) 3,0 m de árvores / ponto de rede pública de abastecimento de água
☐ Atende ☐ Não atende
c) 15,0 m de poços freáticos e de corpos de água de qualquer natureza.
☐ Atende ☐ Não atende
- 16.** Possui aberturas de inspeção e manutenção?
☐ SIM ☐ Não
Se SIM, qual destes foi o utilizado?
☐ Tubo 100 mm ☐ Alçapão 60 cm ☐ Outro: _____
- 17.** Localização do sistema em relação ao lote:
☐ Dentro dos limites do lote: ☐ na frente ☐ no fundo ☐ na lateral
☐ Fora dos limites do lote: ☐ na calçada ☐ no lote vizinho
☐ Mesclado: uma parte no limite do lote e outra fora
☐ Outro: _____
- 18.** Qualidade do revestimento dos sistemas individualizados:
☐ Terreno natural (sem revestimento)
☐ Revestimento rústico (lonas, madeiras etc.)
☐ Revestimento adequado

Observações finais: _____

APÊNDICE B – Resumo do estudo de concepção de Sistema de Rede Coletora de Esgoto para o Município de Aparecida do Rio Negro – TO.

A rede coletora de esgoto, para Araújo (2004), é composta por um conjunto de tubulações que recebem os esgotos domésticos dos domicílios e outras edificações, afastando-os até o local de tratamento e descarga final.

Já a concepção de um sistema de esgoto sanitário, de acordo com Tsutiya e Sobrinho (2000, p. 5), representa “um conjunto de estudos e conclusões referentes ao estabelecimento de todas as diretrizes, parâmetros e definições para caracterização completa do sistema a se projetar”. Ainda, segundo os autores, esse estudo contempla muitas atividades, dentre elas, o levantamento de dados e características da comunidade, critérios e parâmetros de projetos e pré-dimensionamento da rede coletora de esgoto, Estação Elevatória de Esgoto (EEE) e Estação de Tratamento de Esgoto (ETE).

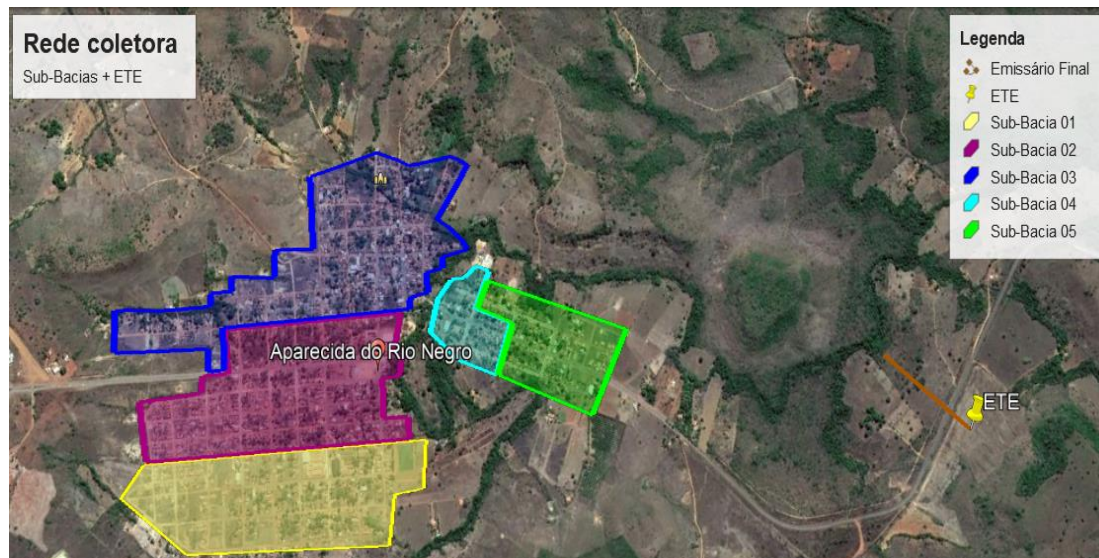
A NBR 9648/1986 trata sobre o estudo de concepção de sistema de esgoto sanitário para a escolha da sua concepção básica, definida como aquela que visa a melhor opção de arranjo, sob panorama técnico, financeiro e econômico (ABNT, 1986). Dessa maneira, a turma de saneamento básico II do semestre 2019/1 do IFTO – *Campus* Palmas desenvolveu parte desse estudo de concepção para o município de Aparecida do Rio Negro.

Com o intuito de trazer informações relevantes para a conclusão deste trabalho, dados foram coletados referentes ao estudo de concepção dos graduandos Moreira et al. (2019). Na metodologia adotada, o cálculo da rede coletora de esgoto sanitário obedeceu a imposições da NBR 9649 (ABNT, 1986) e foi seguido o passo a passo descrito no livro *Manual de Hidráulica* de José Martiniano de Azevedo Netto, principal suporte para cálculos pertinentes a esse assunto.

Para o estudo de concepção, a cidade foi dividida em cinco sub-bacias de contribuição e ainda foi escolhida a melhor localização para a construção da ETE, conforme mostrado na Figura 68. Para a escolha do local da ETE, foi considerado: topografia, área disponível, predominância dos ventos e proximidade do corpo receptor. Assim, foi adotado que as margens da rodovia TO-020 (sentido Novo Acordo) seria a melhor área para a implantação, ficando necessário apenas uma visita de campo para confirmar as considerações feitas em projeto. Referente as sub-bacias, cada uma é responsável por atender a uma percentagem da população total. Assim,

as sub-bacias numeradas de 1, 2, 3, 4 e 5 ficaram responsáveis em atender 20 %, 30 %, 35 %, 5 % e 10 % da população total, respectivamente.

Figura 68 – Sub-bacias de contribuição de esgoto



Fonte: Moreira et al. (2019).

Os critérios de projetos utilizados são recomendados tanto pela literatura quanto pela NBR 9649 (ABNT, 1986) e seguem abaixo:

- População estimada: feito uma projeção para estimar a população contribuinte de esgoto. A Tabela 13 traz os resultados.

Tabela 13 – Projeção da população urbana de Aparecida do Rio Negro

Ano	População
2000 (IBGE)	2589
2010 (IBGE)	3313
2018	3892,2
2019	3964,6
2029	4688,6
2039	5412,6

Fonte: Moreira et al. (2019).

- Coeficientes de variação:
 - a) Coeficiente de máxima vazão diária (K_1) = 1,20;
 - b) Coeficiente de máxima vazão horária (K_2) = 1,50;
 - c) Contribuição per capita do projeto: foi considerado que cada habitante contribui em média com 200 L, ou seja 200 L/hab.dia;

- Coeficiente de retorno: Adotou-se 0,8;
- Coeficiente de Manning (n): $n = 0,013$;
- Taxa de infiltração: 0,05 L/s.km;
- Material da tubulação: PVC (indicado para região com lençol freático alto);
- Lâmina líquida: máximo 75 % do diâmetro da tubulação;
- Velocidade final máxima: 5,00 m/s;
- Vazão mínima: 1,50 L/s
- Tensão trativa: 1,00 Pa;
- Profundidade mínima: adotada 1,00 m;
- Diâmetro mínimo: 100 mm.

O traçado da rede de esgoto, conforme Tsutiya e Sobrinho (2000) está intimamente relacionada com a topografia da cidade, onde o escoamento obedece ao caimento do terreno. Assim, o traçado para o município foi feito considerando que a rede de esgoto será simples, a localização dos coletores na via pública serão realizadas no eixo da faixa carroçável e que sistema de esgoto será do tipo separador absoluto, onde recebe apenas as águas servidas. As cotas utilizadas para determinar os traçados foram retiradas do Google Earth por não existir um projeto altimétrico do município.

De posse desses dados, a rede coletora de esgoto foi calculada e a Tabela 14 traz os principais resultados encontrados.

Tabela 14 – Resultados para a rede coletora de esgoto de Aparecida do Rio Negro

Assunto	Item avaliado	Valor
Rede coletora	Diâmetro máximo (mm)	150
	Profundidade máxima (m)	4,48
Vazão de projeto (l/s)	Sub-bacia 1	2,69
	Sub-bacia 2	3,79
	Sub-bacia 3	4,88
	Sub-bacia 4	0,70
	Sub-bacia 5	1,40
	Total	13,50
Extensão de tubulação (m)	Sub-bacia 1	6774,08
	Sub-bacia 2	6253,73
	Sub-bacia 3	6522,28
	Sub-bacia 4	1825,97
	Sub-bacia 5	1067,22
	Total	22443,28

Fonte: Autor (2019).

A localização das elevatórias depende do traçado da rede de esgoto e são fixadas próximas de rios e córregos ou em pontos mais baixos da bacia. Segundo Brasil (2004), as EEE são utilizadas quando as profundidades das tubulações estão excessivamente elevadas e assim, é necessário bombear os esgotos para um nível mais elevado onde, depois desse ponto, a gravidade volta a atuar no fluir do esgoto.

Para o município, foram necessárias duas unidades de elevatórias (EEE1 e EEE2) devido o traçado adotado. A EEE1 recebe o esgoto das sub-bacias de 1 a 4 enquanto a EEE2, recebe apenas a sub-bacia 5.

Os principais tópicos calculados para ambas estações foram: vazão (Q), diâmetro adotado (ϕ_{adot}), volume (Vol), altura útil ($H_{\text{útil}}$) e final (H_{final}), área (A), linha de recalque (LR), coeficiente de rugosidade da tubulação (C), altura geométrica (Hg), perda de carga (Hf) e altura manométrica (H_{man}). A Tabela 15 abaixo traz os resultados encontrados para as estações elevatórias relacionados a esses tópicos mencionados anteriormente.

Tabela 15 – Resultados para o cálculo das estações elevatórias de esgoto de Aparecida do Rio Negro

Item	Medida e unidade	Valores para EEE1	Valores para EEE2
Diâmetro de Recalque	Q (m ³ /s)	0,0121	0,0014
	ϕ_{adot} (mm)	150	100
Poço da Elevatória	Q (m ³ /h)	43,38	5,02
	Vol (m ³)	17,61	2,50
	$H_{\text{útil}}$ (m)	2,50	2,00
	A (m ²)	7,04	1,25
	ϕ_{adot} (m)	3,00	1,30
	H_{final} (m)	3,00	2,50
Bomba	LR (m)	2900	1850
	C	140	140
	Hg (m)	20,12	20,53
	Hf (m)	9,58	0,81
	H_{man} (m)	29,70	21,34

Fonte: Autor (2019).

O apêndice C traz o esboço do traçado para o município, contendo os pontos para EEE e dispositivos de acesso para manutenção das canalizações e que auxiliam na sua limpeza e inspeção, como: poço de visita (PV), terminal de inspeção e limpeza (TIL) e terminal de limpeza (TL). É importante salientar que o traçado deste

trabalho bem como a quantidade de EEE pode mudar, dependendo das concepções dos autores, buscando a otimização do custo de implantação e operação.

Já relacionado à ETE, de acordo com Brasil (2004), o seu objetivo é de remover os poluentes dos esgotos que poderiam causar uma deterioração da qualidade dos cursos d'água sendo que, apenas quando tal etapa é incluída no sistema de esgotamento sanitário, o mesmo pode ser considerado como completo.

Os principais processos, de acordo com a literatura científica, referente ao tratamento de esgoto doméstico são classificados nos níveis: preliminar, primário, secundário e terciário. Von Sperling (2005) considera que o tratamento preliminar procura remover os sólidos grosseiros e areia enquanto o tratamento primário visa retirar os sólidos em suspensão sedimentáveis e sólidos flutuantes, sendo que para ambos os processos, predominam mecanismos físicos. Ainda, segundo o autor, o tratamento secundário tem como objetivo principal a remoção da matéria orgânica (dissolvida e em suspensão) por meio de reações bioquímicas realizadas por microrganismos. Por fim, o tratamento terciário, para Tosetto (2005), destina-se a remover organismos patogênicos, etapa conhecida como desinfecção, nutrientes (fosforo e nitrogênio) e compostos tóxicos e não biodegradáveis, sendo utilizados geralmente processos físico-químicos.

Moreira et al. (2019) ao realizarem o estudo de concepção do município de Aparecida do Rio Negro escolheram os seguintes níveis de tratamento e suas respectivas tecnologias, conforme seguem abaixo:

a) Preliminar

O intuito desta etapa é que areias, sacos plásticos entre outros sólidos grosseiros não danifiquem as tubulações e os sistemas de bombeamento, protegendo as próximas etapas do processo. Assim, a etapa será composta de gradeamento, com a finalidade de reter sólido com dimensões superiores à abertura entre as barras, e por desarenador, que removerá, por sedimentação, a areia presente no esgoto.

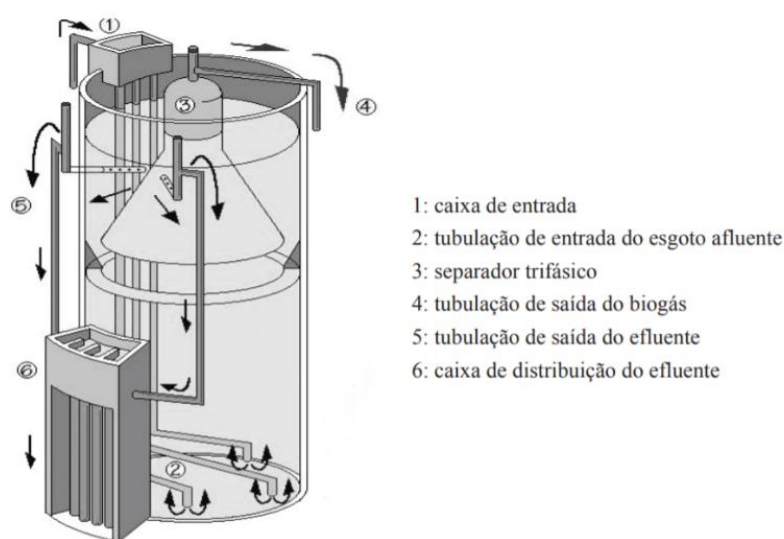
b) Tratamento secundário

O tratamento secundário utilizado será o reator anaeróbio de manta de lodo, também conhecido como Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente e de Manta de Lodo (RAFA) mas preferencialmente utiliza-se a sigla UASB (*Upflow Anaerobic*

Sludge Blanket). Esses reatores dispensam a decantação primária, simplificando o fluxograma da estação de tratamento (VON SPERLING, 2005).

Outro motivo para sua adoção é a necessidade de pouca área para sua implantação além de possuir um separador trifásico, que separa as fases líquidas, sólidas e gasosas do processo de tratamento do efluente. Conforme Von Sperling (2005), durante sua operação, como há grande concentração de biomassa no reator, ela já sai digerida e adensada, necessitando somente ser desidratada (seja em leitos de secagem ou equipamentos mecânicos). Já a parte líquida, segue para a o topo dos decantadores, por meio de tubulações perfuradas ou vertedouros e segue para a etapa de pós-tratamento ou corpo receptor enquanto os gases, são coletados em compartimento para posterior reaproveitamento ou queima. A Figura 69 traz um esquema dos compartimentos do reator UASB.

Figura 69 – Componentes de um reator UASB



Fonte: Von Sperling (2005).

Além do que, o UASB auxilia na compactação de um sistema de pós-tratamento uma vez que sua carga orgânica é reduzida em 70 %, ou seja, remoção de DBO em média de 70 %. Devido a isso, Chernicharo (2007, apud RODRIGUES, et al. 2009) considera que os efluentes que saem do UASB dificilmente atendem aos padrões estabelecidos pela legislação ambiental, tornando-se necessárias unidades de pós-tratamento a jusante do reator.

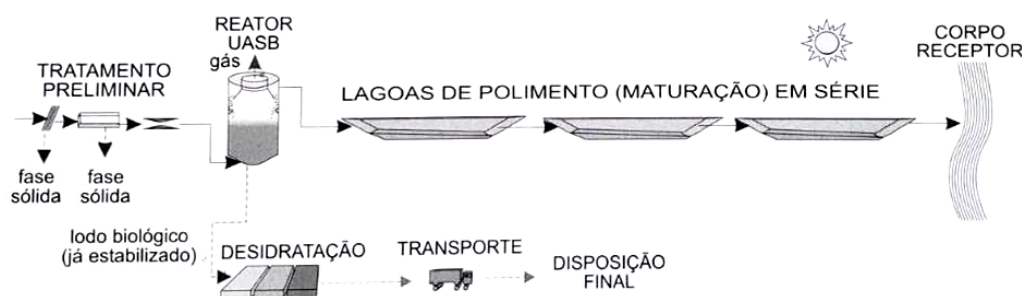
c) Tratamento terciário

Serão utilizadas lagoas de polimentos, que são similares as lagoas de maturação onde a água passa por um processo de eliminação de bactérias e vírus através da radiação ultravioleta da luz solar. Von Sperling (2002) considera que a essa lagoa deve ser rasa, com profundidade útil de até 1,0 m para que mecanismos como radiação solar (radiação ultravioleta) e elevado pH ($\text{pH} > 8,5$) auxiliem na morte de organismos patogênicos.

Como o reator UASB possui um baixo tempo de detenção hidráulico (TDH), a remoção de organismos patogênicos é pouca e assim, as lagoas de polimento exercem bem o papel de pós-tratamento de efluentes anaeróbios, sendo esta uma das suas principais finalidades (VON SPERLING, 2002). Ainda, segundo o autor, além da remoção de patógenos, essa lagoa atinge um considerável polimento na qualidade do efluente, relacionada a remoção de nutrientes (amônia e fosfatos).

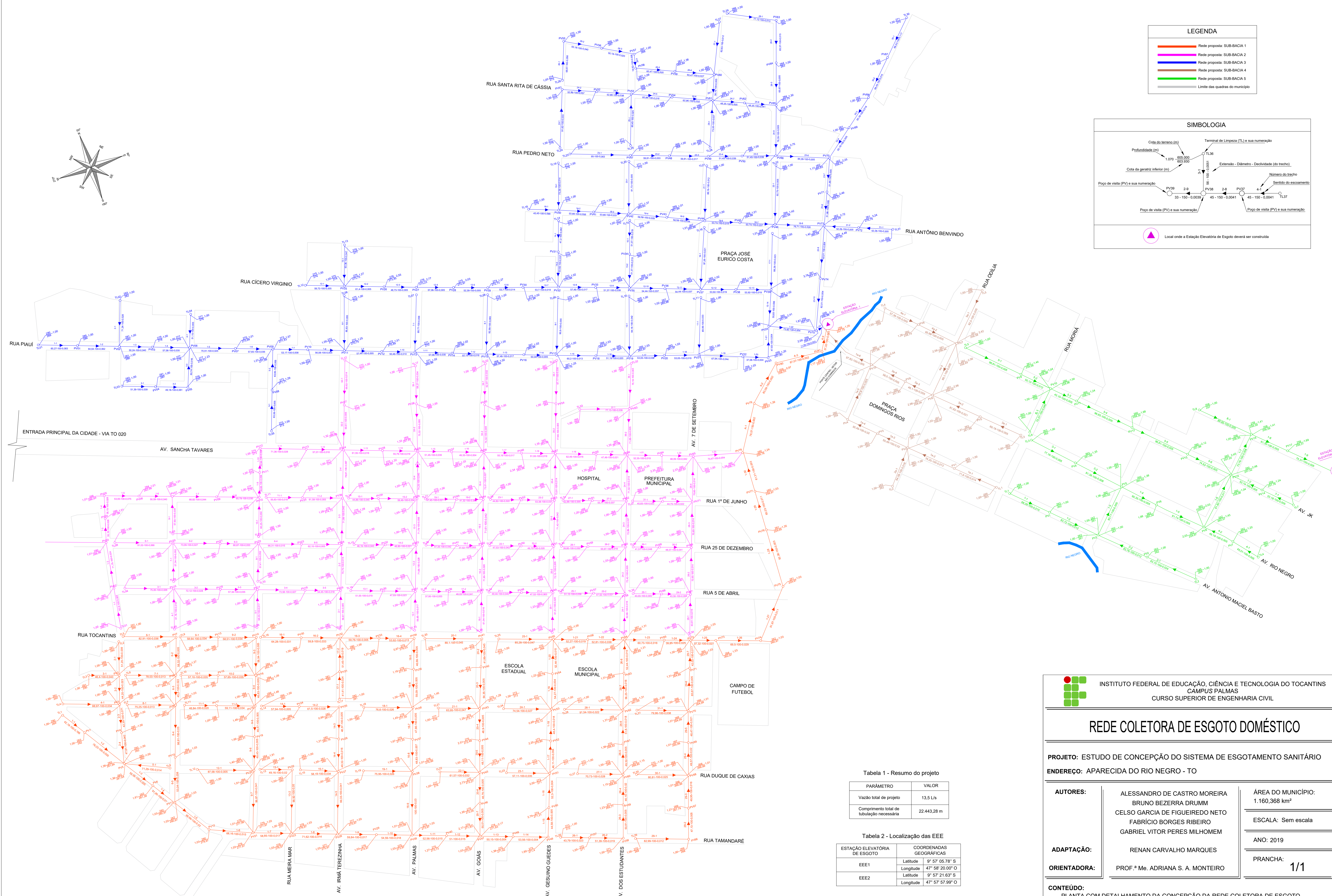
Portanto, para este estudo de caso, optou-se pela adoção do sistema Reator UASB seguido por lagoa de polimento em série para a ETE de Aparecida do Rio Negro. A Figura 70 ilustra as etapas desse processo.

Figura 70 – Esquema de reator UASB seguido por lagoa de polimento



Fonte: Von Sperling (2002).

É importante salientar que essa escolha dos tipos de alternativas de tratamentos pode ser outra, como por exemplo a lagoa facultativa única visto que possui um custo operacional mais baixo além de boa eficiência na remoção de matéria orgânica e na baixa geração de mal odor.



LEGENDA

Rede proposta: SUB-BACIA 1

Rede proposta: SUB-BACIA 2

Rede proposta: SUB-BACIA 3

Rede proposta: SUB-BACIA 4

Rede proposta: SUB-BACIA 5

Limite das quadras do município

SIMBOLOGIA

Cota do terreno (m)

Profundidade (m)

Cota da geratriz inferior (m)

Terminal de Limpeza (TL) e sua numeração

Extensão - Diâmetro - Declividade (do trecho)

Número do trecho

Sentido do escoamento

Povo de visita (PV) e sua numeração

Povo de visita (PV) e sua numeração

Local onde a Estação Elevatória de Esgoto deverá ser construída

Tabela 1 - Resumo do projeto

PARÂMETRO	VALOR
Vazão total de projeto	13,5 L/s
Comprimento total de tubulação necessária	22.443,28 m

Tabela 2 - Localização das EEE

ESTACÃO ELEVATÓRIA DE ESGOTO	COORDENADAS GEOGRÁFICAS
EEE1	Latitude 9° 57' 05,78" S Longitude 47° 58' 20,00" O
EEE2	Latitude 9° 57' 21,63" S Longitude 47° 57' 57,99" O

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO TOCANTINS
CAMPUS PALMAS
CURSO SUPERIOR DE ENGENHARIA CIVIL

REDE COLETORA DE ESGOTO DOMÉSTICO

PROJETO: ESTUDO DE CONCEPÇÃO DO SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO

ENDEREÇO: APARECIDA DO RIO NEGRO - TO

AUTORES:

ADAPTAÇÃO:

ORIENTADORA:

ALESSANDRO DE CASTRO MOREIRA
BRUNO BEZERRA DRUMM
CELSO GARCIA DE FIGUEIREDO NETO
FABRÍCIO BORGES RIBEIRO
GABRIEL VITOR PERES MILHOMEM

RENAN CARVALHO MARQUES

PROF.^a Me. ADRIANA S. A. MONTEIRO

ÁREA DO MUNICÍPIO:
1.160,368 km²

ESCALA: Sem escala

ANO: 2019

PRANCHA:
1/1

CONTEÚDO:

PLANTA COM DETALHAMENTO DA CONCEPÇÃO DA REDE COLETORA DE ESGOTO
LEGENDA E SIMBOLOGIA DO TRAÇADO
TABELAS (RESUMO DO PROJETO / LOCALIZAÇÃO DAS EEE)
ROSA DOS VENTOS