

**INSTITUTO ENSINAR BRASIL
FACULDADES DOCTUM DE CARATINGA**

**DAVI GOMES DE MOURA
RENATA DA SILVA FERREIRA**

**DIMENSIONAMENTO DA REDE COLETORA DO BAIRRO CRISPIM ELIAS NO
MUNICÍPIO DE VARGEM ALEGRE: GESTÃO DOS SERVIÇOS DE
ABASTECIMENTO DE ÁGUA E ESGOTAMENTO SANITÁRIO**

CARATINGA

2018

**DAVI GOMES DE MOURA
RENATA DA SILVA FERREIRA
FACULDADES DOCTUM DE CARATINGA**

**DIMENSIONAMENTO DA REDE COLETORA DO BAIRRO CRISPIM ELIAS NO
MUNICÍPIO DE VARGEM ALEGRE: GESTÃO DOS SERVIÇOS DE
ABASTECIMENTO DE ÁGUA E ESGOTAMENTO SANITÁRIO**

**Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao curso de Engenharia Civil
das Faculdades Doctum de Caratinga,
como requisito parcial a obtenção do
título de bacharel em Engenharia Civil.**

Área de Concentração: Saneamento

**Orientador: MSc. Prof. Ricardo Botelho
Campos.**

CARATINGA

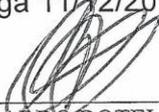
2018

TERMO DE APROVAÇÃO

O Trabalho de Conclusão de Curso intitulado: DIMENSIONAMENTO DA REDE COLETORA DO BAIRRO CRISPIM ELIAS NO MUNICÍPIO DE VARGEM ALEGRE: GESTÃO DOS SERVIÇOS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA E ESGOTAMENTO SANITÁRIO, elaborado pelo(s) aluno(s) DAVI GOMES DE MOURA e RENATA DA SILVA FERREIRA foi aprovado por todos os membros da Banca Examinadora e aceito pelo curso de ENGENHARIA CIVIL das FACULDADES DOCTUM DE CARATINGA, como requisito parcial da obtenção do título de

BACHAREL EM ENGENHARIA CIVIL.

Caratinga 11/12/2018



RICARDO BOTELHO CAMPOS

Prof. Orientador



JOÃO MOREIRA DE OLIVEIRA JÚNIOR

Prof. Avaliador 1



ANDREZA CRISTINA DA SILVA

Prof. Examinador 2

AGRADECIMENTOS

A Deus por ter nos dado condições de realizarmos este trabalho.

Agradeço à minha família por ter me ajudado nessa caminhada, pois sem ela eu não teria forças para continuar e seguir em frente. À minha mãe Iraci e meu pai João que sempre estiveram presentes na minha vida. Ao meu irmão que amo, Renato, que sempre me apoiou e me incentivou para a realização dos meus sonhos.

Agradeço ao meu orientador Prof. Ricardo Botelho Campos por ter me aconselhado e me guiado nesse projeto, e por me ensinar cada passo dessa pesquisa. Ao Davi, por toda a amizade e dedicação no decorrer deste projeto.

A todos os amigos que, direta ou indiretamente, participaram deste trabalho.

E aos amigos que fizemos e com os quais convivemos durante toda a nossa graduação.

(Renata Silva)

AGRADECIMENTOS

A Deus por ter me dado sabedoria, saúde e força para conseguir realizar esse sonho de possuir um ensino superior.

A minha família por sempre estarem comigo me fortalecendo nessa caminhada, pois eles sempre foram minha base e meu incentivo para vencer. Aos meus pais Divina e Antônio que sempre estiveram do meu lado me fortalecendo. Ao meu irmão Douglas que sempre me ajudou como um pai e minha irmã Daniela pelo apoio.

Ao Prof. Ricardo que esteve presente em boa parte da graduação e hoje é nosso orientador por ter sempre nos ajudado com conselhos e orientações no projeto de pesquisa. A Renata minha dupla em todos os trabalhos por me ajudado e me suportado todos esses anos.

E todos que se dispuseram a me ajudar direta ou indiretamente na conclusão desta vitória. E aos amigos que conquistamos no decorrer dessa caminhada.

(Davi Gomes)

ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

C – Coeficiente de retorno

°C – Grau Celsius

COPASA – Companhia de Saneamento

CP – Caixa de Passagem

DN – Diâmetro Nominal

ETE – Estação de Tratamento de Esgoto

FUNEC – Fundação Educacional de Caratinga

g – Aceleração da gravidade

Hab – Habitante

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

Ip – Declividade da tubulação

K – Coeficientes de Variação de Vazão

Km – Quilômetro

Km² – Quilômetro quadrado

K1 – Coeficiente de máxima vazão diária

K2 – Coeficiente de máxima vazão horária

L/s – Litros por segundo

L/hab. Dia – Litros por habitante por dia

m – Metro

m² – Metro quadrado

MG – Minas Gerais

mm – Milímetros

NBR – Norma Brasileira Regulamentadora

Pa – Pascal

PNAD – Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios

PV – Poço de Visita

q – Consumo de água per capita

RH – Raio hidráulico

TIL – Tubo de Limpeza

TL – Terminal de Limpeza

Vf – Velocidade final de escoamento

V_c – Velocidade crítica

σ – Tensão trativa

% – Porcentagem

γ – Peso específico do líquido

Φ – Euler

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Composição dos Esgotos Domésticos.....	17
Figura 2 – Características dos leitos dos rios.....	26
Figura 3 – Medidas de controle das inundações.....	29
Figura 4 – Seção retangular.....	32
Figura 5 – Seção trapezoidal.....	33
Figura 6 – Comportamento da População Urbana e Rural do município de Vargem Alegre/MG, no período de 2000 a 2015.....	34
Figura 7 – Ponto de lançamento de esgoto doméstico in natura na sede do município de Vargem Alegre.....	36
Figura 8 – Classificação da pesquisa.....	40
Figura 9 – Delimitação da área em estudo.....	41
Figura 10 – Equações do canal trapezoidal.....	49
Figura 11 – Delimitação dos trechos com contribuição de esgoto.....	51
Figura 12 – Sentido de escoamento do sistema de esgotamento sanitário do bairro Crispim Elias.....	52
Figura 13 – Área de contribuição da bacia.....	55
Figura 14 – Perfil transversal do canal trapezoidal.....	56

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Causas e efeitos da urbanização sobre o escoamento superficial.....	27
Tabela 2 – Consumo per capita conforme porte da comunidade.....	45
Tabela 3 – Vazões totais.....	53
Tabela 4 – Índice de precipitações anuais.....	54

RESUMO

Com o desenvolvimento das cidades e o crescimento populacional, a melhoria das infraestruturas urbanas torna-se extremamente necessário para suportar tamanha demanda da população. Quando essas melhorias não acontecem, o mesmo acarreta diversos problemas. Este trabalho inclui um deles, sendo que no município em estudo como em muitos outros a separação do sistema de drenagem e do esgotamento sanitário é inexistente. Então para a especificação do estudo delimitou-se um bairro do município de Vargem Alegre - MG e a partir deste foram avaliados a situação atual em que se encontra o mesmo e feito visitas e medições em campo para melhor compreensão do problema. Tendo como objetivo geral o estudo de verificação do sistema de esgotamento sanitário e a separação do mesmo, do sistema de drenagem pluvial. Onde pretende-se fazer, o dimensionamento do sistema de coleta de esgoto, e o dimensionamento do canal conforme os traçados já existentes. No qual o estudo tem como finalidade a separação dos dois sistemas, de modo, que possa garantir o transporte das águas residuais tanto quanto o das águas pluviais.

Palavras-chave: Dimensionamento. Sistema de drenagem. Sistema de esgotamento sanitário. Traçado.

ABSTRACT

With the development of cities and population growth, the improvement of urban infrastructure becomes extremely necessary to support such a large population demand. When these improvements do not happen, it does lead to a number of problems. This work includes one of them, being that in the municipality under study, as in many others, the separation of the drainage system and sanitary sewage is non-existent. So for the specification of the study a neighbourhood of the municipality of Vargem Alegre - MG was delimited and from this the current situation in which it was found was evaluated and visits and field measurements were made to better understand the problem. Having as general objective the verification study of the sewage system and the separation of the same from the rainwater drainage system. Where it is intended to do the sizing of the sewage collection system, and the dimensioning of the canal according to the already existing tracings. In which the study has as purpose the separation of the two systems, to guarantee the transport of the wastewater as much as the rainwater.

Keywords: Sizing. Drainage system. Sewage system. Trace.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	16
2.1	Sistema de esgotamento sanitário	16
2.2	Tipos de sistema de esgoto	18
2.2.1	Sistema de esgotamento unitário ou sistema combinado	19
2.2.2	Sistema de esgotamento separador absoluto	19
2.2.3	Sistema de esgotamento separador parcial	20
2.3	Concepção de sistema de esgoto	20
2.3.1	Rede coletora	21
2.3.1.1	<i>Rede dupla (dois coletores)</i>	22
2.3.1.2	<i>Rede simples (um coletor)</i>	22
2.3.2	Estação elevatória	23
2.3.3	Órgãos acessórios de rede	23
2.4	Normas técnicas da ABNT	24
2.5	Dimensionamento de coletores de esgoto	25
2.6	Conceitos gerais de drenagem urbana	25
2.6.1	Impactos da urbanização	26
2.6.2	Controle de águas do escoamento superficial	28
2.6.3	Medidas estruturais e não estruturais	28
2.7	Planejamento em drenagem urbana	30

2.7.1 Precipitação.....	30
2.7.2 Escoamento superficial.....	30
2.8 Elementos geométricos.....	31
2.8.1 Seção retangular.....	32
2.8.2 Seção trapezoidal.....	33
2.9 Caso de Vargem Alegre.....	33
2.9.1 Descrição do município.....	33
2.9.2 Situação de esgoto sanitário do município.....	35
2.10 Estudo de concepção.....	38
3 METODOLOGIA.....	39
3.1 Classificação da pesquisa.....	39
3.2 Procedimentos metodológicos.....	40
3.2.1 Estudo populacional do projeto.....	41
3.2.2 Alcance de projeto.....	42
3.2.3 Dimensionamento do sistema de coleta.....	43
3.2.3.1 <i>Vazão de contribuição de esgoto e taxas.....</i>	<i>43</i>
3.2.3.2 <i>Consumo de água per capita.....</i>	<i>44</i>
3.2.3.3 <i>Coeficiente de retorno.....</i>	<i>45</i>
3.2.3.4 <i>Coeficiente de variação de vazão.....</i>	<i>45</i>
3.2.3.5 <i>Diâmetro.....</i>	<i>46</i>
3.2.3.6 <i>Declividade mínima e lâmina d'água máxima.....</i>	<i>46</i>
3.2.3.7 <i>Tensão trativa.....</i>	<i>47</i>
3.2.3.8 <i>Velocidade de escoamento e velocidade crítica.....</i>	<i>47</i>

3.2.4 Dimensionamento hidráulico do canal.....	48
3.2.4.1 Vazões de enchente.....	48
3.2.4.2 Cálculo da seção trapezoidal.....	49
3.2.5 Microsoft Excel.....	50
3.2.6 Software Autocad.....	50
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	51
4.1 Dimensionamento hidráulico do sistema de esgoto.....	51
4.2 Dimensionamento hidráulico de canais	54
5 CONCLUSÃO.....	57
REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS	59
APÊNDICE A	62
APÊNDICE B	64
APÊNDICE C	66
ANEXO A	69
ANEXO B	71
ANEXO C	73
ANEXO D.....	75
ANEXO E.....	77

1 INTRODUÇÃO

Existem muitas cidades que sofrem com a falta ou a má realização dos sistemas de drenagem e sistemas de esgotamento sanitário, havendo cada vez mais a precisão de projetos competentes que possam escoar as águas adequadamente. Ambos os sistemas causam preocupações tanto no caráter regional quanto mundial no qual afetam o planejamento urbano.

O progresso urbano tem gerado um acréscimo nas inundações, acarretando muitos danos à sociedade por conta das contaminações de esgotos domésticos, lançados em canais que são transportados juntamente com água de precipitação, ou até mesmo de nascentes, ocasionando assim a ocorrência de doenças de vinculação hídrica.

O conflito entre águas de precipitação e águas residuais, tendem a agravar à medida que se há um crescimento na densidade populacional, pois com a ampliação da urbanização, ocorre também um acréscimo das vazões máximas, devido a canalização e impermeabilização.

Diante disso, o presente trabalho está direcionado para o bairro Crispim Elias do município de Vargem Alegre-MG, onde a cidade sofre com a inexistência da separação do sistema de drenagem e do sistema de esgotamento sanitário.

Desta forma, o estudo tem por limitação não realizar execução e nem desenvolver a elaboração de quantitativos orçamentários, sendo assim, o objetivo geral deste trabalho é um estudo de verificação do sistema de esgotamento sanitário e a separação do mesmo, do sistema de drenagem pluvial. Especificamente, pretende-se fazer o dimensionamento do sistema de coleta de esgoto, e o dimensionamento do canal conforme os traçados já existentes, para que se possibilite a captação e o transporte da vazão dada pelo escoamento superficial nos dias de maiores intensidades pluviométricas.

A importância do tema se justifica pela inexistência da separação dos sistemas de captações não só no município em estudo, mas também em várias cidades, devido ao crescimento desordenado e pela falta de um plano de saneamento adequado com esse crescimento.

Tendo como procedimentos metodológicos, a utilização de pesquisas bibliográficas com a finalidade de proporcionar informações mais precisas sobre o

tema em estudo.

Logo este trabalho, foi dividido em quatro capítulos, além dessa introdução. O capítulo dois expõe-se a fundamentação teórica realizada para o desenvolvimento do trabalho e apresenta as principais características dos sistemas além dos procedimentos para o dimensionamento conforme as normas vigentes. O terceiro aborda-se a metodologia, com os parâmetros e critérios para o dimensionamento do sistema com base em critérios normativos. O capítulo quatro discute-se os resultados obtidos. Sendo o capítulo cinco destinado as conclusões ou considerações finais deste trabalho.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Sistema de esgotamento sanitário

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT 9.649/89), conceitua esgoto sanitário como sendo o despejo líquido constituído de esgoto doméstico e industrial, água de infiltração e a contribuição pluvial parasitária. A primeira finalidade do sistema de esgotamento sanitário é coletar, transportar, tratar e depositar o esgoto de forma correta (SOARES, 2004).

No Brasil, o sistema de esgotamento sanitário é precário. A Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD) em 2009 revela que pode chegar a 67% a quantidade dos domicílios que não estão ligados às redes de abastecimento e que utilizam água sem nenhum tipo de tratamento. A água captada sem tratamento prévio aumenta o índice de contaminação por doenças que são veiculadas pela água. A PNAD, informa ainda que chegam a 74% os domicílios que depositam seus dejetos em “fossas rudimentares”, em cursos d’água ou no solo a céu aberto.

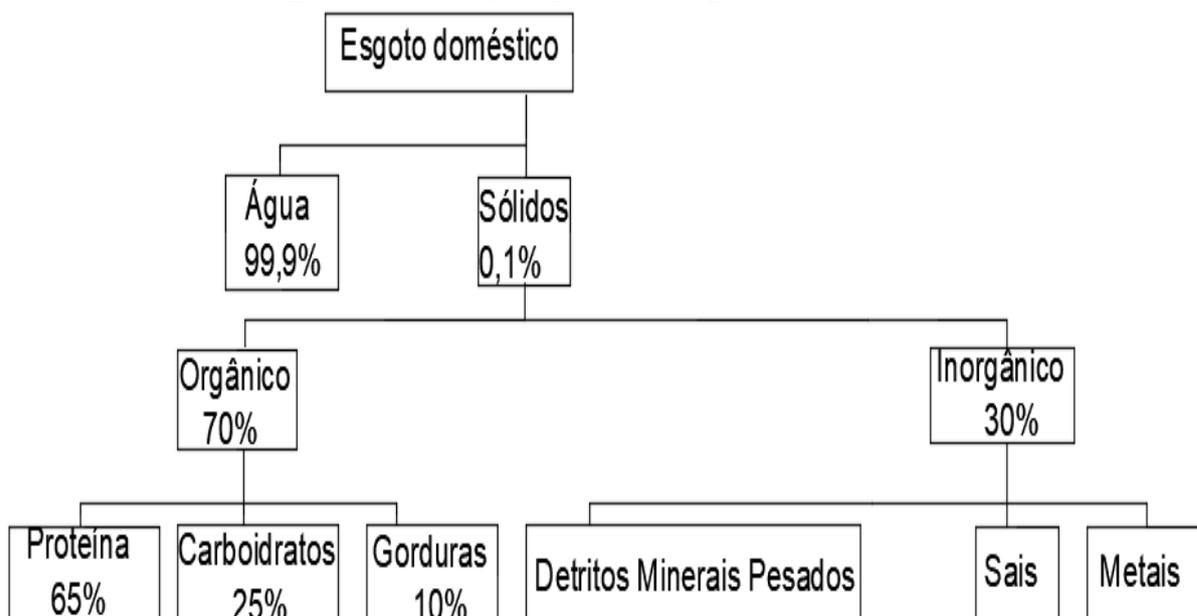
As doenças de veiculação hídrica ocorrem pela ingestão de organismos patogênicos presentes no esgoto e na água contaminada, esses organismos são responsáveis pela transmissão de doenças como amebíase, ascaridíase, cólera, entre outras doenças (VON SPERLING, 2014).

Os esgotos sanitários, em sua maior parte, advêm do esgoto doméstico, originados principalmente de residências públicas e comerciais que, em suas estruturas sanitárias são pias, chuveiros, vasos sanitários, cozinhas, lavanderias, que utilizam grandes concentrações de sabões, detergentes, fezes, urina e restos de comida. Todos esses elementos produzem matéria orgânica, nutrientes, óleos e graxas além dos microrganismos patogênicos e entre outros. Os hábitos da população assim como a situação social e econômica e até o clima, podem interferir na característica do esgoto.

Resíduos provenientes das indústrias, dos esgotos e das redes pluviais contêm aproximadamente 99,9% de água, e apenas 0,1% de material orgânico e inorgânico, em suspensão ou dissolvido (VON SPERLING, 2014). A parcela inorgânica dos resíduos corresponde a 30% da quantidade de matéria sólida existente. Que se

compõem principalmente de detritos de minerais pesados, sais e metais. Como demonstra na figura 1:

Figura 1 – Composição dos Esgotos Domésticos



Fonte: Adaptado de Mendonça (1990)

As indústrias de modo geral, utilizam uma variedade de matérias-primas nos seus processos produtivos, gerando utilização da água para fins industriais. Daí o esgoto industrial se torna muito diverso. Dessa forma, cada indústria, segundo a sua especificidade, deve selecionar o tratamento adequado; deste modo, esforços têm sido realizados para que os sistemas de esgotamento sanitário sejam proporcionais ao crescimento da população.

Hoje, há uma necessidade crescente com os cuidados no tratamento de esgotos e distanciamento da população dos riscos à vida por ação de doenças veiculadas pela água. De forma que, estudos, critérios de projetos e outros fatores relativos ao tratamento e disposição final deverão ser precedidos de cuidados especiais. Assim, consegue-se garantir o afastamento adequado dos esgotos e igualmente a manutenção, melhoria da utilização e qualidade dos corpos receptores.

No tratamento de esgoto a redução de microrganismos patogênicos e, principalmente, a estabilização da matéria orgânica. Algumas opções de tratamento se baseiam em processos que ocorrem normalmente na natureza, o qual é denominado de autodepuração ou estabilização.

Por autodepuração de um corpo aquático entende-se a capacidade de receber e depurar através de mecanismos naturais, certa quantidade de matéria orgânica. Este processo inclui toda assimilação, decantação e digestão de compostos estranhos, inclusive os metais.

Não existe um sistema de tratamento de esgotos único, que possa ser indicado como o melhor para todas as condições, todavia, pode-se obter a mais alta relação benefícios/custos quando se escolhe criteriosamente um processo que se adapta às condições locais e aos objetivos, em cada caso.

Vaz (2009), ao analisar a lei 11.445/2007 notou que o país está em escassez em relação ao serviço de infraestrutura, principalmente ao esgoto sanitário, onde mais da metade da população não tem coleta de esgoto, sendo assim lançado diretamente na natureza.

Quando a destinação do esgoto sanitário não é feita corretamente acabam afetando o solo, poluindo as águas superficiais e subterrâneas; podendo passar a fluir a céu aberto, proporcionando grandes transtornos para a população, além de causar sérios problemas a saúde humana.

A construção de um sistema de esgoto sanitário em um município visa alcançar objetivos tais como: a coleta dos esgotos individuais, o afastamento seguro dos esgotos e o tratamento do mesmo. Assim sendo, o resultado é uma melhoria das condições sanitárias locais; como: a conservação dos recursos naturais; eliminação de focos de poluição; redução das doenças causadas pela contaminação da água; redução no tratamento de doenças e, por fim, reduziria gastos no tratamento de água para abastecimento que seriam causados pela poluição das fontes de água, superficiais ou subterrâneas.

Desse modo, faz-se então a busca por um planejamento de sistema de tratamento que seja viável à realidade da localidade de implantação, pois, a adoção equivocada de sistema de tratamento poderá inviabilizá-lo.

2.2 Tipos de sistema de esgoto

Segundo Tsutiya e Sobrinho (2011), sistemas de esgotos são divididos em três conformações distintas:

- Sistema de esgotamento unitário, ou sistema combinado;
- Sistema de esgotamento separador absoluto;
- Sistema de esgotamento separador parcial.

2.2.1 Sistema de esgotamento unitário ou sistema combinado

O sistema de esgotamento unitário, ou sistema combinado, é aquele em que as águas residuárias (domésticas e industriais), águas de infiltração (água do subsolo que adentram no sistema através de tubulações e órgãos acessórios) e águas pluviais conduzem por um mesmo sistema (TSUTIYA e SOBRINHO, 2011). Pereira e Soares (2006) escrevem que o sistema unitário possui importantes desvantagens quando comparado aos demais sistemas de captação, como demonstrado abaixo:

- Estabelece altos investimentos iniciais na construção de grandes galerias necessárias ao transporte das vazões máximas do projeto;
- Tem funcionamento precário em ruas sem pavimentações, principalmente de pequenas declividades longitudinais, em função da sedimentação interna de materiais oriundos dos leitos das vias públicas;
- Implicam em construções mais difíceis e demoradas em consequência das suas dimensões, criando maiores dificuldades físicas e no cotidiano da população da área atingida.

2.2.2 Sistema de esgotamento separador absoluto

Segundo a norma brasileira NBR 9.648/86, o sistema de esgotamento separador absoluto, é o conjunto de canais, instalações e equipamentos destinados a coletar, conduzir, condicionar e encaminhar somente o esgoto sanitário, a uma acomodação final conveniente, de modo sucessivo e higienicamente seguro. De acordo com esse sistema, o esgoto sanitário liga em um sistema independente, designado sistema de esgoto sanitário, enquanto as águas pluviais são coletadas e conduzidas em um sistema de drenagem pluvial totalmente independente.

O Brasil no início do século XX adotou o sistema separador absoluto; como o

sistema mais eficaz nos pontos de vista técnicos e econômicos. É o que leva Azevedo Netto (1973) a dizer que, no sistema unitário, a mistura de águas residuárias com as pluviais prejudica e vincula de maneira expressiva todo o sistema de esgotamento, incluindo a rede e o tratamento dos esgotos.

O sistema separador absoluto diminui as dimensões das estações de tratamento facilitando, portanto, a intervenção e conservação destas em função da constância na qualidade e na quantidade das vazões a serem tratadas. Como vantagens principais desse sistema, pode-se destacar:

- A permissão de instalação de coletores de esgotos sanitários em vias sem calçamento, pois esta situação não interfere na qualidade dos esgotos sanitários coletados;
- A permissão da utilização de peças pré-moldadas no implemento das tubulações, devido à diminuição nas dimensões necessárias ao escoamento das vazões, amortizando custos e prazos na implantação dos sistemas;
- Nem todas as ruas de uma cidade precisam de rede de esgotamento pluvial. De acordo com a declividade das ruas, a própria sarjeta se encarregará do escoamento, diminuindo assim, a extensão da rede pluvial.

2.2.3 Sistema de esgotamento separador parcial

No sistema separador parcial, uma determinada quantidade das águas de chuvas, derivadas dos pátios e dos telhados das casas, entra juntamente com o esgoto sanitário na mesma rede de tubulação, enquanto que as galerias pluviais recebem as contribuições de chuva derivados do sistema de drenagem das vias públicas (TSUTIYA, ALEM SOBRINHO, 2000). Notam que nesse sistema também são duas as redes coletoras, como no separador absoluto.

2.3 Concepção de sistema de esgoto

No início do projeto elabora-se a concepção, no qual se realiza os estudos e as respectivas conclusões pertinentes ao sistema de esgoto como diretrizes, definições

e parâmetros necessários para o referido sistema que se tem a projetar. Dentre os principais objetivos da concepção, Tsutiya e Alem (2000) figuram:

- a) Identificar e quantificar os fatores que possam intervir com sistema de esgoto;
- b) diagnosticar o sistema que existe, considerando a situação atual e futura;
- c) estabelecer todos os parâmetros relevantes do projeto;
- d) dimensionar previamente as unidades dos sistemas, para as alternativas escolhidas;
- e) escolher a alternativa mais condizente mediante a comparação técnica, econômica e ambiental, entre as alternativas;
- f) estabelecer as diretrizes gerais de projeto e estimativa das quantidades de serviços que devem ser executados na fase de projeto.

Tsutiya (2000) e Nuvolari (2011), escreve que pode se relacionar e entender a concepção do sistema como:

2.3.1 Rede coletora

São as canalizações predispostas a receber e transportar os esgotos de setores como: comerciais, públicos e de edifícios. Diversas são as partes da rede coletora de esgotamento sanitário, segundo Tsutiya e Sobrinho (2011):

- Ligação Predial: parte do coletor predial entre o limite do terreno e o coletor propriamente dito;
- Coletor de Esgoto ou Coletor Secundário: tubulação ampla da rede coletora que recebe contribuição de esgoto dos coletores prediais em qualquer parte ao longo de seu comprimento;
- Coletor Principal: coletor de maior expansão dentro da mesma bacia, no qual transporta os dejetos para o interceptor;
- Coletor Tronco: tubulação da rede coletora que recebe apenas contribuição de esgoto de outros coletores;
- Interceptor: Tubulação que recebe contribuição de coletores ao longo de sua extensão. Os interceptores têm a função de receber e conduzir o esgoto

coletado. É caracterizado pela defasagem das contribuições, o que resulta no amortecimento das vazões. Sua instalação se dá em partes baixas da bacia, no decorrer da margem d'água a fim de transportar os efluentes ao destino final.

- Emissário: Conduz os esgotos a um local conveniente (estação de tratamento e/ou lançamento) e não recebe contribuições no percurso, apenas na sua extremidade montante. Podendo ser a tubulação de descarga de uma estação elevatória (emissário de recalque) ou a simples interligação de dois pontos de concentração de efluentes dos coletores de esgoto ou interceptores (emissário de gravidade). No qual pode ser ainda, a tubulação de descarga de efluentes de uma determinada estação de tratamento.
- Sifões invertidos e passagens forçadas: Transportam obstáculos pela tubulação de esgoto, funcionando sob pressão.

Podendo então optar pela adequação da rede coletora com dois coletores em paralelo (Rede Dupla), ou apenas um coletor (Rede Simples).

2.3.1.1 Rede dupla (dois coletores)

Conforme Tsutiya e Sobrinho (2000), a rede dupla é usada quando ocorre pelo menos um dos seguintes casos:

- a) Acessos com tráfego intenso;
- b) Vias com larguras entre os alinhamentos dos lotes igual ou superior a 14 m para ruas pavimentadas e 18 m para ruas sem pavimentações;
- c) Vias com intervenções que impossibilite o assentamento do coletor;
- d) A partir da análise em que os coletores se tornam muito extensos e devem ser construídos em tubos de concreto (diâmetros superiores a 400 mm) (TSUTIYA e SOBRINHO, 2011).

2.3.1.2 Rede simples (um coletor)

Esse sistema é aproveitado quando não ocorre a probabilidade de nenhum dos casos citados anteriormente. Em vias públicas ou em ruas pavimentadas, ou seja, ruas com tráfego intenso, ou, no caso de coletores profundos que impedem as

conexões prediais, utilizando assim coletores auxiliares que podem contribuir para diminuir os custos integrais (TSUTIYA e SOBRINHO, 2011).

2.3.2 Estação elevatória

As tubulações da rede coletora de esgoto trabalham como condutos livres, por isso, elas devem ser dimensionadas com certos desníveis para que certifique se a manutenção de velocidade de escoamento. Onde a declividade, interfere em um acréscimo contínuo do desnível ao longo do trecho de canalização, de montante para jusante, proporcionando assim o aumento das profundidades a jusante. No qual se faz necessário à instalação de estações elevatórias, cujo objetivo é transferir os esgotos a partir de um ponto para outro de cota normalmente mais elevada (NUVOLARI, 2011).

Conforme coloca Tsutiya e Sobrinho (2011), a localização das estações elevatórias de esgoto demonstra como foi traçado o sistema de coleta. De modo geral, as estações ficam situadas nos pontos mais baixos de uma bacia ou nas proximidades dos rios, córregos ou represas. O mesmo autor cita que, para a escolha do local apropriado à construção de uma estação elevatória, devem ser estimados alguns aspectos fundamentais, entre eles: baixo custo e facilidade de desapropriação do terreno, topografia da área entre outros fatores.

Como elemento do sistema de transporte de esgotos para uma cota mais alta fica a linha de recalque. O diâmetro dessa linha é indeterminado. Assim, as velocidades de escoamento nas tubulações precisam ser tais que não admitam os dejetos de materiais sólidos na linha, de modo que não danifiquem por problemas de erosão. Sendo que para atender estes requisitos, limita-se a velocidade de recalque entre 0,6 a 3,0 m/s.

2.3.3 Órgãos acessórios de rede

Os órgãos acessórios são de fundamental relevância nas redes coletoras de esgotos. Caso ocorra algum tipo de obstrução nas tubulações da rede de esgoto, por conter partículas de sólidos orgânicos ou inorgânicos causando declive, importa que

sejam necessários que as canalizações tenham dispositivos para evitar ou mesmo minimizar os entupimentos nos pontos singulares das tubulações (início de coletores, mudanças de direção, declividade, diâmetro, material e junção de tubulação). Sendo que possibilitam o acesso de pessoas ou equipamentos nestes pontos. Estes dispositivos são fixos e desprovidos de equipamentos mecânicos. Que são:

- a) Poço de Visita (PV): destinada à realização de trabalhos relativos à manutenção;
- b) Tubo de Limpeza (TIL): utilizado para inspeção e introdução de equipamentos de desobstrução e limpeza dos coletores;
- c) Terminal de Limpeza (TL): Permite a introdução de equipamentos de desobstrução e limpeza dos coletores, podendo ser localizado no início de qualquer coletor;
- d) Caixa de Passagem (CP): permite a passagem de equipamento de limpeza do trecho a jusante.

2.4 Normas técnicas da ABNT

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), é o órgão responsável pela normatização técnica do país, criou algumas normas para orientar sobre as condições exigíveis para a implantação de projetos de sistema de esgoto. As normas que devem ser seguidas são:

- NBR 9648/86 – Estudo de Concepção de Sistemas de Esgoto Sanitário: estabelece as condições gerais para o estudo de concepção de sistemas de esgoto, determinando também a terminologia que deverá ser utilizada;
- NBR 9649/89 – Projeto de Redes Coletoras de Esgoto Sanitário: aborda a terminologia e os critérios adotados para a elaboração de projeto hidráulico sanitário de redes coletoras de esgoto;
- NBR 12207/16 – Projeto de Interceptores de Esgoto Sanitário: estabelece critérios para projeto de interceptores de grande porte;
- NBR 12209/11 – Elaboração de projetos hidráulico-sanitários de estações de tratamento de esgotos sanitários;

- NBR 12208/92 – Projeto de Estações Elevatórias de Esgoto Sanitário: estabelece os critérios para o projeto de estações elevatórias que fazem uso de bombas centrífugas.

2.5 Dimensionamento de coletores de esgoto

Conforme Azevedo Netto (1998), o projeto de rede coletora serve para que ela funcione como condutos livres em regime permanente e uniforme, de modo que a declividade da linha de energia equivale a declividade da tubulação e é igual a perda de carga unitária. Entretanto, o escoamento na rede pode ser variável, devido às ligações prediais, com variação ao longo do dia, presença de sólidos, mudança de nível e etc.

Os parâmetros hidráulicos são importantes para garantir o escoamento, uma vez que evitam a deposição de material sólido no fundo dos coletores, além de efeitos ásperos nas paredes internas dos tubos.

A NBR 9649/86, estabelece critérios para o dimensionamento da rede entre os quais podem ser descartados vazão de contribuição de esgoto, taxas de diâmetros, declividade mínima, tensão trativa, velocidade de escoamento e crítica.

Segundo Pereira e Soares (2010), para que o sistema de esgotamento sanitário seja eficiente, é necessário que as tubulações de esgoto estejam preparadas para coletar as contribuições de uma população inicial e final, sendo recomendado normalmente alcance de projeto de 20 anos, atendendo assim a vazão de esgoto sanitário durante todo o período de projeto.

O dimensionamento dos coletores de esgotos distingue esgotos sanitários e esgotos pluviais. O método aplicado para o esgoto sanitário será apresentado na metodologia aplicada.

2.6 Conceitos gerais de drenagem urbana

A drenagem urbana é conceituada em um sistema de escoamento das águas de chuva no meio urbano, tendo como alvo minimizar os riscos que a população está sujeita a enfrentar, como a diminuição dos prejuízos causados por inundações. Tendo

como fator triunfal no que se refere à saúde e meio ambiente, sendo que na ocorrência de chuvas intensas, ocorrem arremessos de esgotos sanitários e resíduos sólidos nos sistemas de drenagem, acarretando várias doenças e pondo em risco a saúde da população e a qualidade do meio ambiente (OLIVEIRA, 2010).

Segundo Ramos et al., (1999) esse sistema se adequa no contexto do controle do escoamento superficial direto tendo como base para o aumento do sistema de drenagem, sendo eles classificados como micro e macrodrenagem:

- a microdrenagem ocorre em locais onde o escoamento das águas naturais é bem definido, este tipo de sistema é projetado para atender em casos de precipitações com risco moderado;
- já a macrodrenagem, é considerada pela definição do escoamento, sendo um receptor do escoamento procedentes do microdrenagem, no qual é projetado para ocorrência de precipitações superiores de microdrenagem.

2.6.1 Impactos da urbanização

As águas pluviais geram grandes impactos sobre a população, devido a ocorrência de inundações em áreas residenciais, comerciais e industriais, afetando a infraestrutura de estradas e pontes, ocasionando o deslizamento de encostas, originando perdas e impedindo o deslocamento das pessoas. Sendo que isso acontece quando a população ocupa áreas próximas a rios por falta de planejamento quanto ao uso e ocupação do solo, estas inundações acontecem quando o escoamento abrange níveis superiores ao leito menor, abordando-se ao leito maior, como demonstrado na imagem abaixo.

Figura 2 – Características dos leitos dos rios



Fonte: Conceitos, características e interfaces dos serviços públicos de Saneamento Básico (2009)

A inundação que toma o leito maior é um processo natural, onde faz parte do ciclo hidrológico, porém com caso de grandes inundações a população que ocupa essas áreas acabam sofrendo com esse triste cenário.

Segundo Tucci (1998) o desenvolvimento urbano muda a cobertura vegetal, trazendo alterações no ciclo hidrológico. Devido ao impacto da urbanização a cobertura da bacia é modificada para pavimentos impermeáveis e são embutidos condutos para escoamento pluvial, no qual provoca seguintes mudanças:

- Diminuição da infiltração do solo;
- O volume que não infiltra no solo fica na superfície, aumentando assim o escoamento. Sendo assim as vazões máximas aumentam antecipando seus picos de tempo.
- Com a ocorrência da diminuição da infiltração, os aquíferos tendem a reduzir o nível do lençol freático, reduzindo assim o escoamento subterrâneo.

Outros efeitos causados pelo impacto da urbanização são citados por Milograna (2001), como demonstrado na tabela abaixo:

Tabela 1 – Causas e efeitos da urbanização sobre o escoamento superficial

Causas	Efeitos
Impermeabilização	Maiores picos de vazões
Revestimento das redes de drenagem	Maiores picos a jusante
Implantação de redes de esgoto sanitário deficientes	Degradação da qualidade da água e moléstias de veiculação hídrica nas inundações
Desmatamento e desenvolvimento indisciplinado	Maiores picos e volumes, maior erosão, assoreamento em galerias e canais
Ocupação das várzeas e fundos de vale	Maiores picos das vazões, maiores prejuízos, moléstias de veiculação hídrica, maiores custos de utilidades públicas.

Fonte: Adaptado de Frenrich (1999) apud Milograna (2001)

Portanto, os principais problemas que envolve à ocupação do espaço é devido a expansão irregular sobre áreas ribeirinhas, ocupação das áreas de encostas, aumento da população, no qual resulta em maiores lançamentos de água no sistema de drenagem, gerando assim o aumento de vazões, do que a capacidade estrutural suporta, tornando-se impossível direcioná-la de maneira segura para fora da área urbana.

Devido a essas consequências os custos têm sido extremamente altos para a sociedade como um todo. Sendo então, como a melhor drenagem aquela que drena o escoamento sem causar impactos no local nem a jusante (TUCCI, 1995).

2.6.2 Controle de águas do escoamento superficial

Segundo Tucci (2005), as medidas de controle para as redes de drenagem urbana necessitam possuir dois objetivos básicos: controle do aumento da vazão máxima e melhoria das condições ambientais.

Sendo que as medidas de controle do escoamento podem ser classificadas, de acordo com sua ação na bacia hidrográfica, como:

- a) distribuída ou na fonte: sendo o tipo de controle que atua sobre o lote, praças e passeios;
- b) No sistema de microdrenagem: envolvem a coleta e o recuo das águas superficiais, onde o controle atua sobre o hidrograma resultante de um parcelamento ou mais de um parcelamento, em função de determinada área;
- c) No sistema de macrodrenagem: é o controle que atua sobre áreas acima de 2 km² ou dos principais riachos urbanos, onde se destina o escoamento final das águas escoadas.

2.6.3 Medidas estruturais e não estruturais

O controle de enchentes urbanas, envolvem duas maneiras distintas como as estruturais e as não estruturais. No qual as estruturais são constituídas por medidas de desviar, deter, reduzir ou escoar com mais rapidez e menores níveis as águas do escoamento superficial. E as não estruturais são aquelas destinadas ao controle do

uso e ocupação do solo.

Na figura 3, são apresentados de forma sucinta, exemplos de medidas e controle apontados por Ramos et al. (1999):

Figura 3 – Medidas de controle das inundações

Medidas Estruturais			
Aumento da capacidade de escoamento das calhas	Diques marginais ou anulares		
	Melhoria das calhas (aumento da seção transversal, desobstruções e retificações)		
	Canalização (melhoria da calha e revestimento, substituição da calha por galeria/canal, canal de desvio)		
Redução das vazões de cheias	Reservatórios nos cursos d'água principais		
	Medidas do escoamento superficial direto:	Medidas para detenção das águas pluviais	Medidas locais (armazenamento em telhados, cisternas, bacias de detenção em parques, etc.)
			Medidas fora do local (armazenamento em leitos secos ou em reservatórios implantados em pequenos cursos d'água)
		Medidas para infiltração das águas pluviais	Medidas locais (poços, trincheiras, bacias de infiltração, escoamento dirigido para terrenos gramados, etc)
Medidas não estruturais			
Regulamentação do uso e ocupação do solo (principalmente em fundo de vale)			
Proteção contra inundações (medidas de proteção individual das edificações em áreas de risco)			
Seguro contra inundações			
Sistemas de alerta, ações de defesa civil, relações			

2.7 Planejamento em drenagem urbana

O planejamento é toda a atividade que tem por finalidade compreender e resolver os problemas de uma sociedade, onde pode envolver desde a concepção inicial até a execução de obra, levando em consideração um espaço fixo em um determinado período de tempo para o seu desenvolvimento completo (RAMOS et al., 1999).

Podendo-se classificar dentro desse planejamento os principais tópicos a serem apresentados no projeto, como precipitação e escoamento superficial.

2.7.1 Precipitação

A precipitação é toda a água derivada do meio atmosférico que abrange a superfície terrestre. A sua disponibilidade em uma bacia durante o ano é o fator para dimensionar o abastecimento de água doméstico e industrial. Tendo como principal interesse a determinação da intensidade para o controle de enchentes (TUCCI et al., 2001).

As grandezas que abordam o estudo de precipitação são:

- Altura pluviométrica: sendo a espessura da lâmina d'água que reveste a região atingida pela chuva, reconhecendo que essa água não evapora, não infiltra, e nem se escoar para fora dos limites da região;
- Duração: é o período de tempo do início ao fim da precipitação, dado geralmente em horas ou minutos;
- Intensidade: classificada como a quantidade de chuva por unidade de tempo. Sendo ela um dos processos mais importantes do ciclo hidrológico.

2.7.2 Escoamento superficial

Villela & Matos (1975), define como escoamento superficial a quantidade de precipitação que ocorre após uma chuva intensa, que se encaminha sobre a superfície

até uma área de captação, alimentado tanto pelo excesso de precipitação como pelas águas subterrâneas.

Vários autores apontam a importância do escoamento superficial, sendo que a partir dessa determinação é possível obter o volume escoado e a vazão de enchente máxima, visto que o escoamento superficial auxilia na obtenção do armazenamento superficial e no dimensionamento do sistema de drenagem.

O escoamento superficial tem por finalidade atribuir a estimativa de vazões de projeto, sejam galerias, bueiros ou mesmo vertedores de barragens. Existem diversos métodos usados para atender esses requisitos, nos quais podem ser determinados de acordo com o tipo de projeto a ser estudado (NETTO et al., 1998, apud LIMA, 2014).

As medidas que representam o estudo de escoamento superficial são basicamente:

- Vazão: é a capacidade que caracteriza o escoamento, sendo expressa em m^3/s .
- Coeficiente de defluxo ou escoamento: é o resultado da ação do terreno sobre a chuva, correlacionando o volume que escoar com o volume precipitado.
- Nível de água: é a altura obtida pela água na seção transversal do escoamento.

Várias são os procedimentos para a obtenção do valor de coeficiente de defluxo, tendo como principal forma a utilização de tabelas, como demonstrado em anexo B. Por meio destas tabelas pode-se obter o valor de classificação das condições típicas da área em estudo (LIMA, 2014).

2.8 Elementos geométricos

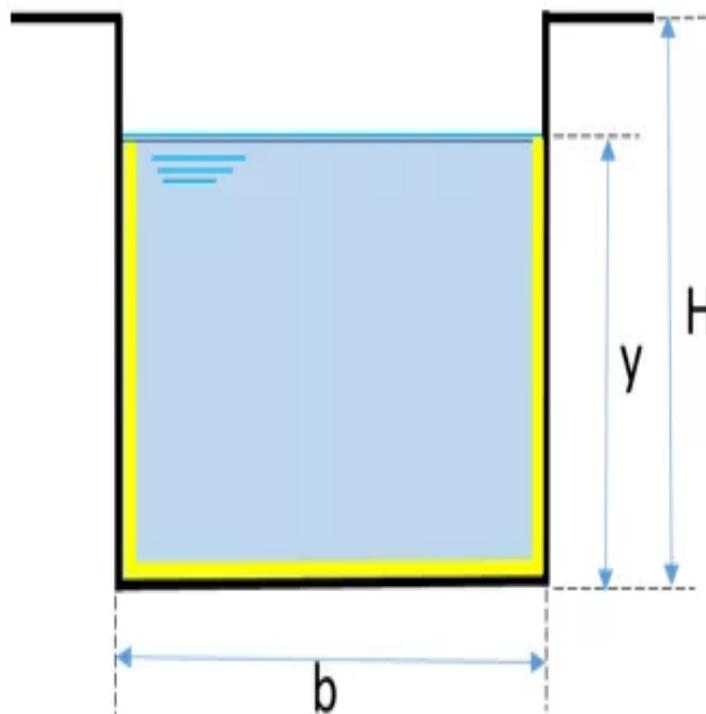
Em correlação a função da seção transversal de escoamento, os canais são nomeados como artificiais ou regulares, dependendo da sua forma geométrica. Ramos et al. (1999), salienta que as características do escoamento nos canais são correlacionadas com a seção transversal, onde são determinadas de parâmetros hidro geométricos.

Dentre as seções viáveis, pode-se destacar:

2.8.1 Seção retangular

O dimensionamento da seção retangular é o mais compreensível dentre as demais seções, empregadas usualmente. Suas variáveis para determinada vazão, são apenas a largura do canal e a profundidade da lâmina d'água, baseada em função direta da largura, como demonstrado na figura 4:

Figura 4 – Seção retangular



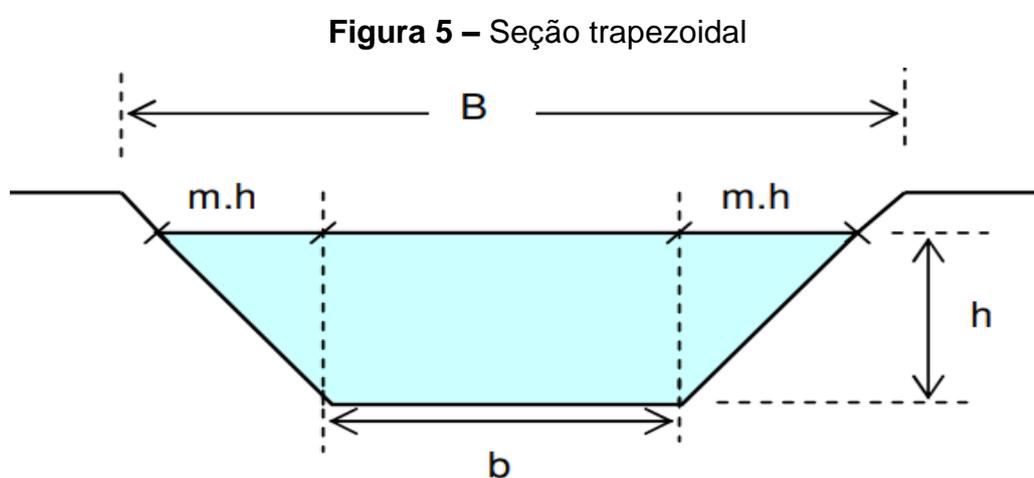
Fonte: Universidade federal de Lavras (2017)

Desta forma, o dimensionamento resume-se em refazer diversas larguras, encontrando-se para cada uma delas a profundidade e a perda de carga. Sendo que em seções mais estreitas requerem escavações mais profundas e seções mais largas, no qual pode ser empregada em situações com a existência de paredes verticais, podendo ocorrer em escavações em rocha, ou quando as paredes do canal forem de concreto.

2.8.2 Seção trapezoidal

A seção trapezoidal é empregada em diversas aplicações, por ser de fácil execução, podendo ser familiarizada a uma grande diversidade de solos, desde aqueles com elevada resistência, ou até mesmo nos solos de pouca resistência. Além dos solos, a seção trapezoidal adapta a todos os tipos de revestimentos.

Portanto o cálculo dessa seção envolve as variáveis: largura de fundo, altura da lâmina d'água e a inclinação das paredes. Dadas como restrições iniciais a estabilidade dos taludes, como demonstrado na figura 5:



Fonte: Universidade federal de Lavras (2017)

2.9 Caso de Vargem Alegre

A partir deste capítulo, será feita a análise do sistema de tratamento de esgoto e do sistema de drenagem do município, o desenvolvimento das adequações necessárias e a análise para a solução adotada. Antes será feita uma descrição do município e da atual situação de esgotamento sanitário e drenagem.

2.9.1 Descrição do município

Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2017) o município de Vargem Alegre conta com uma população de aproximadamente 6.632

habitantes, está situado no interior do estado de Minas Gerais, na Região Sudeste do país, localizando-se a leste da capital do estado com uma área de 116,664 km², tendo então sua densidade demográfica média de 56,85 hab/km².

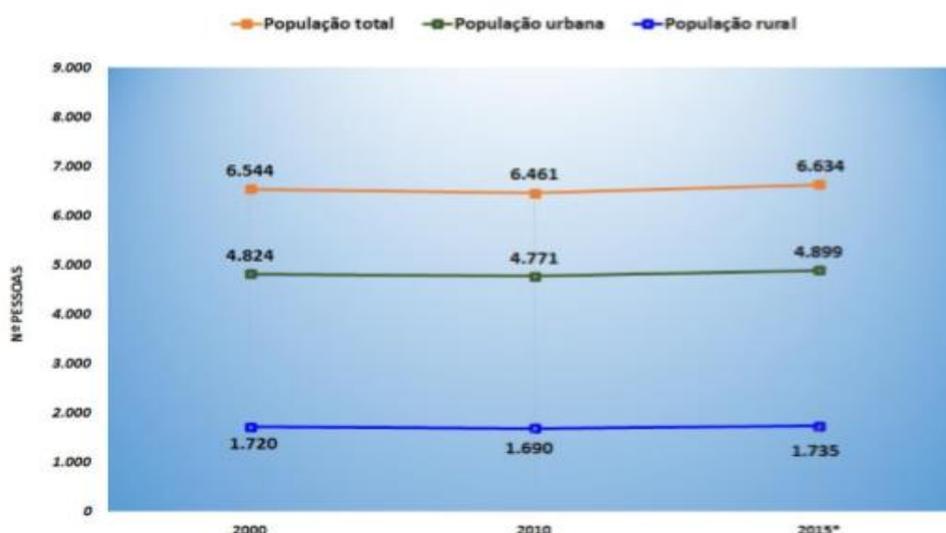
Segundo Köppen, o clima de Vargem Alegre é caracterizado como tropical quente semiúmido ou tropical com estação seca, tendo temperatura média anual de 23,6 °C com invernos secos e amenos e verões chuvosos com temperaturas elevadas.

O mês mais quente, fevereiro, tem temperatura média de 26,3 °C, sendo a média máxima de 32,2 °C e a mínima de 20,4 °C. E o mês mais frio, julho, de 20,4 °C, sendo 27,5 °C e 13,4 °C as médias máxima e mínima, respectivamente.

A precipitação média anual é de 1.263 mm, sendo julho o mês mais seco, quando ocorrem apenas 17 mm. Em dezembro, o mês mais chuvoso, a média fica em 241 mm. Nos últimos anos, entretanto, os dias quentes e secos durante o inverno têm sido cada vez mais frequentes, não raro ultrapassando a marca dos 32 °C, especialmente entre julho e setembro (CLIMATE, 2015).

Conforme comportamento longitudinal da população, apresentado na Figura 6, observa-se uma tendência de crescimento lento, no período de 2000 a 2015, tanto no meio urbano quanto rural. Por outro lado, a população, em 2015, observa uma concentração no meio urbano (73,8%).

Figura 6 – Comportamento da População Urbana e Rural do município de Vargem Alegre/MG, no período de 2000 a 2015.



Fonte: IBGE (2015)

2.9.2 Situação de esgoto sanitário do município

O município não possui Estação de Tratamento de Esgoto (ETE). A zona rural do município não possui infraestrutura de coleta de esgoto subsidiada pelo município, sendo que as redes de esgoto são todas a céu aberto trazendo grandes contratempos na cidade afetando a população diariamente.

A ausência de cadastro técnico fidedigno que registre de forma precisa as características e a locação dos trechos da rede coletora, e ainda, a carência de informações complementares específicas sobre o funcionamento dos vários trechos da malha de rede, prejudicam consideravelmente o levantamento quantitativo/qualitativo da estrutura total do sistema coletor de esgotamento sanitário do município. Sabe-se que tal levantamento é fundamental para melhoria do sistema.

Devido à carência de dados qualitativos e quantitativos não foi possível descrever mais precisamente o sistema de esgotamento sanitário e de drenagem, dessa maneira buscou-se através de dados, na prefeitura, informações sobre a situação geral da malha de maneira mais superficial, como segue abaixo (Prefeitura de Vargem Alegre, 2018):

- A sede apresenta uma rede exclusiva para a coleta e condução do esgoto, sem ocorrência de rede mista. Todo esgoto coletado na cidade, é direcionado para um ponto de lançamento no corpo hídrico;
- A maior parte da rede possui diâmetro 100 mm, com trechos de 150 mm, na sede;
- Na zona rural não existe esgoto coletado;
- O sistema de drenagem é captado juntamente com o sistema de esgotamento sanitário.

O sistema foi concebido de forma originalmente aleatória com foco somente na necessidade de atendimento. É conduzido operacionalmente de forma igualmente aleatória e é estruturalmente desajustado.

As informações existentes sobre ligações clandestinas de águas pluviais ao sistema de esgoto sanitário ou vice e versa não foram levantadas primeiramente por serem clandestinas e por não estarem mapeadas pela prefeitura, responsável.

Sendo assim, fica apenas a proposta de construção de uma rede separadora

para um futuro tratamento.

Com relação a coleta de esgoto da sede, em torno de 2% não possui coleta. Tal índice refere-se em média 89 pessoas sem acesso ao serviço de coleta de esgoto.

A população do perímetro urbano tem seus efluentes coletados e tratados na proporção de 98,50% e 0,00% respectivamente (FUNEC, 2015), mas a população urbana e rural dos distritos/povoado tem coleta e não tem tratamento dos efluentes realizados pela prefeitura municipal, e sim tratamento individual, fossa séptica e sumidouro ou somente fossa negra. Existem também sistemas de coleta e tratamento de esgoto individuais, as denominadas fossas sépticas, nos pequenos aglomerados de residências e é desconhecido o grau de eficiência de tratamento, mas o grande percentual é lançado no córrego (valão).

A Figura 7 apresenta um dos pontos de lançamento dos efluentes domésticos na sede do município:

Figura 7 – Ponto de lançamento de esgoto doméstico in natura na sede do município de Vargem Alegre



Fonte: Os autores (2018)

Os dados sobre a coleta e tratamento do esgoto revelam quão preocupante é a situação do município com relação ao tratamento dos efluentes domésticos, sendo os odores desagradáveis decorrentes do lançamento inadequado e a ocorrência de doenças de veiculação hídrica foram apontados como problemas frequentes da população.

No município, a prefeitura e a COPASA não tem realizado investimentos para o eixo de esgotamento sanitário nos últimos anos, como pressupõe o princípio da integralidade, principalmente relacionados à confecção dos projetos e planejamento para a implantação dos sistemas de tratamento de esgoto, tanto na sede quanto nos distritos/povoados, como é o caso das não implementação da ETE nos cinco córregos, e da sede, juntamente com a instalação das redes coletoras, parte dos interceptores e do emissário.

Visando solucionar os problemas relacionados ao esgotamento sanitário no município, os órgãos públicos devem estar focados em investir e planejar a construção de sistemas completos de esgotamento sanitário e drenagem, como pressupõe o princípio da integralidade, com o objetivo de coletar e tratar 100% do esgoto gerado no município e eliminar, definitivamente, o lançamento de efluentes sanitários nos sistemas de drenagem pluvial, córregos e cursos hídricos, e um dos mecanismos a serem utilizados para tais investimentos diz respeito à hidrométrico total do sistema, tanto na macro e micromedição.

Outro problema afetado pela população do município também é devido não apresentar uma drenagem eficaz capaz de escoar as águas pluviais (escoamento superficial), gerando uma série de transtornos (alagamentos, enxurradas, carga de sedimentos, poeira, doenças, etc.). Em todos os municípios a drenagem urbana não oferece uma cobertura completa para a estrutura física. No município, foi constatado um índice de cobertura de drenagem urbana de 36,0%.

Com uma precipitação média de 195,0 mm (a maior da Bacia), e o índice de Runoff 19 do município era de 30,0%; enquanto a média regional da bacia era de 38%, sendo que o município em estudo apresentou o sétimo menor índice da microrregião analisada. Além disso, no município, o diâmetro existente de drenagem é apenas de 36,36% do diâmetro necessário para escoamento de drenagem urbana residencial e comercial, que é superior à média do déficit microrregional, equivalente a 34,6% (FUNEC, 2015).

2.10 Estudo de concepção

O primeiro fator para a implantação de um sistema de esgotamento sanitário é o seu planejamento. A instrução para tal é obtida na norma brasileira NBR 9.648 (ABNT, 1986) – Estudo de Concepção de Sistemas de Esgoto Sanitário. Sendo que esta norma caracteriza o estudo de concepção como sendo o “estudo de acomodações das diferentes partes de um sistema, organizados de modo a aperfeiçoarem um todo, e que necessitam ser qualitativa e quantitativamente colacionáveis entre si para a alternativa da concepção básica”. Portanto, a concepção básica é abrangida como a melhor opção de arranjo, sob os pontos de vista técnico, econômico, financeiro e social.

Segundo o item “Condições Gerais” da norma, a mesma agrupa requisitos em uma série de dados disponíveis e necessários a respeito da área de planejamento e implantação do sistema, como: geográficas, hidrológicas, demográficas, econômicas, entre outras.

Já em “Atividades”, a norma agrupa a aquisição das informações que não estão disponíveis, mas são necessárias ao estabelecimento das concepções comparáveis e da escolha da concepção básica, com sua descrição e representação em planta (NUVOLARI, 2011).

A norma orienta em condições específicas a desconsideração das divisões políticas administrativas na delimitação da área de planejamento, levando em conta apenas a topografia e condições naturais do terreno.

Os objetivos da concepção têm como (TSUTIYA E SOBRINHO, 2011):

- Identificar a quantidade dos fatores do sistema de esgotos;
- Diagnosticar o sistema existente, levando em conta a situação atual e futura;
- Estabelecer os parâmetros básicos de projeto;
- Fazer o pré-dimensionamento do sistema;
- Escolha da solução mais adequada.

3 METODOLOGIA

3.1 Classificação da pesquisa

Para a elaboração do presente trabalho se fez necessário a escolha e definição adequada da metodologia a ser empregada. Lakatos (2001) define metodologia como o conjunto de atividades sistemáticas e racionais, que oferecem maior segurança para que se possa alcançar os objetivos com base em conhecimentos válidos e verdadeiros.

Para coleta de dados, o método de pesquisa utilizado foi o de revisão bibliográfica. Segundo Lakatos (2001) a bibliografia abrange toda a relação do tema em estudo. Com finalidade de colocar os pesquisadores direto com o tema e problemas existentes com base em todo o conteúdo apresentado. Posteriormente, os dados coletados foram aplicados a um estudo de caso, com a finalidade de se obter o dimensionamento da rede coletora e do sistema de drenagem do bairro Crispim Elias do município de Vargem Alegre.

Segundo Deslauriers (1991), na pesquisa qualitativa o cientista é ao mesmo tempo o sujeito e o objeto de suas pesquisas. Tendo como objetivo produzir informações ilustrativas ou aprofundadas, sendo que ela seja capaz de produzir novas informações. Sendo assim, a abordagem definida no estudo é qualitativa, uma vez que o objetivo geral da pesquisa é realizar uma análise do sistema de esgoto e do sistema de drenagem do município em função de parâmetros de dimensionamento de projeto de redes coletoras de esgoto sanitário, conforme ABNT NBR 9649/86 e de drenagem conforme estudos e interpretação dos dados coletados na bibliografia.

Conforme Gil (1999) a pesquisa exploratória tem como alvo principal a familiaridade com o problema, com vista em torná-los específico ou a construir hipóteses. Portanto este estudo busca desenvolver e esclarecer em vista a formulação do problema do sistema de esgoto e drenagem enfrentado pela população. Sendo, a presente pesquisa exploratória.

Tendo em vista o cumprimento dos objetivos propostos e o alcance da resposta para o problema de pesquisa, foi fundamental a definição da abordagem metodológica a ser seguida.

Para melhor compreensão, apresenta-se a classificação da pesquisa na figura 8, levando-se em consideração a abordagem do problema, o método de coleta dos dados e a finalidade de se obter os dados.

Figura 8 – Classificação da pesquisa



Fonte: Elaborado pelos autores (2018)

3.2 Procedimentos metodológicos

O presente trabalho envolve o município de Vargem Alegre, MG. À área urbana do município, contém a é onde se contém a maior concentração de casas e arruamentos, o que possibilita uma concepção mais viável técnica e economicamente.

A área de projeto, que configura a delimitação do estudo de caso foi então delimitada a partir de uma análise criteriosa, considerando as áreas de pior

escoamento. O perímetro de abrangência a ser atendida pelo sistema de esgoto sanitário foi calculada em 650 m.

Portanto, a elaboração do dimensionamento foi feita do bairro Crispim Elias, como demonstrado na figura 9.

Figura 9 – Delimitação da área em estudo



Fonte: Adaptado Google Earth (2018)

Então o estudo começou por uma pesquisa bibliográfica, onde foi extraído dados da população atual da cidade, obtidos segundo dados da prefeitura municipal, e visitas em campo onde foi levantada a principal informação básica para o desenvolvimento da pesquisa como: consumo total de água do município, no qual os dados foram fornecidos pelo sistema da COPASA.

3.2.1 Estudo populacional do projeto

O alcance de projeto é o ano previsto para que o sistema passar a agir com utilização plena de sua capacidade de projeto. Sendo denominado como população de projeto a população total a que o sistema deverá atender neste período.

Para os devidos fins do cálculo da população de projeto, será desenvolvida uma estimativa, por meio de três métodos de crescimento populacional: aritmético,

geométrico e curva logística. Entre eles foi escolhido o método geométrico que melhor representa a situação do caso em estudo.

Para o cálculo do coeficiente geométrico utiliza-se a equação 1:

$$Kg = \frac{\ln P2 - \ln P0}{t2 - t0} \quad (1)$$

Onde:

Kg: Coeficiente geométrico;

In P2: População final;

In P0: População inicial;

t2: Ano final;

t0: Ano inicial.

Após a realização do cálculo do coeficiente geométrico utiliza-se a equação 2 para o cálculo da população total:

$$Pt = P0 * e^{Kg*(t-t0)} \quad (2)$$

Onde:

Pt: População total;

P0: População inicial;

t: Ano de projeção;

t0: Ano inicial.

3.2.2 Alcance de projeto

O sistema analisado de esgotamento sanitário será projetado levando em consideração um período de projeto de 30 anos, compreendido entres os anos de 2018 a 2048, por se tratar de um período usualmente utilizado em projetos de saneamento. Pois é considerado neste período à durabilidade e vida útil das obras com apenas alguns reparos. Ainda, levando-se em conta às vazões, à medida em que

a área em análise se expande, reparos devem ser executados, tais como, utilização ou não de estações elevatórias para o bombeamento do líquido residual para algum ponto desejado.

3.2.3 Dimensionamento do sistema de coleta

Para o dimensionamento da rede coletora desse trabalho foram adotados critérios e parâmetros conforme a norma ABNT NBR 9649/86 que serão abordados a seguir.

3.2.3.1 Vazão de contribuição de esgoto e taxas

Para o cálculo de vazão de esgoto, é necessário que seja determinado o início e final de plano, sendo incluídas as vazões doméstica, industrial e infiltração que contribuem para a capacidade da tubulação.

A vazão de início de plano é calculada através da equação 3 abaixo:

$$Q_i = Q_{d,i} + Q_{inf} + Q_c \quad (3)$$

Em que:

Q_i = Vazão de esgoto sanitário inicial (L/s);

$Q_{d,i}$ = Vazão doméstica de início de plano (L/s);

Q_{inf} = Vazão de infiltração (L/s);

Q_c = Vazão concentrada (L/s).

Onde a vazão doméstica inicial pode ser calculada pela equação 4:

$$Q_{doméstica\ inicial} = \frac{P_i * q_i * C * k^2}{86400} \quad (4)$$

Em que:

P_i = População início de plano contribuinte (hab.);

q_i = Quota per capita de água inicial (L/hab.dia);

C = Coeficiente de retorno.

Já a vazão de final de plano pode ser determinada através da equação 5:

$$Q_f = Q_{d,f} + Q_{inf} + Q_c \quad (5)$$

Em que:

Q_f = Vazão de esgoto sanitário final (L/s);

$Q_{d,f}$ = Vazão doméstica de fim de plano (L/s).

Onde a vazão doméstica final pode ser calculada pela equação 6:

$$Q_{doméstica\ final} = \frac{P_f * q_f * C * k_1 * k_2}{86400} \quad (6)$$

Em que:

P_f = População final de plano contribuinte (hab.);

q_f = Quota per capita de água final (L/hab.dia).

A NBR 9649/86, recomenda que, em qualquer trecho da rede coletora, o menor valor da vazão seja 1,5 L/s. Alem Sobrinho e Tsutiya (1999), explicam que esse valor é correspondente ao pico instantâneo de vazão decorrente da vazão da descarga de sanitários.

3.2.3.2 Consumo de água per capita (q)

A contribuição de esgotos depende substancialmente do abastecimento de água, logo há uma clara relação entre o consumo de água e a contribuição para a rede de esgotos. O consumo de água per capita é a quantidade de água que uma pessoa consome por dia em suas diversas atividades.

A Tabela 2 relaciona o consumo de água per capita de acordo com o porte da comunidade.

Fator este que possui grandes variações no seu valor, procedendo conforme os hábitos higiênicos e culturais da sociedade; como essas áreas são ocupadas: residencial, comercial, portanto adotou-se para os devidos cálculos o consumo per capita de 200 L.hab/dia de modo que atenda a população nos respectivos anos de projeto.

Tabela 2 – Consumo per capita conforme porte da comunidade

Porte da comunidade	Faixa da população (hab)	Consumo per capita (L/hab.dia)
Povoado rural	< 5.000	90 a 140
Vila	5.000 a 10.000	100 a 160
Pequena localidade	10.000 a 50.000	110 a 180
Cidade média	50.000 a 250.000	120 a 220
Cidade grande	> 250.000	150 a 300

Fonte: Adaptado de Tsutiya (2006)

3.2.3.3 Coeficiente de retorno (C)

A relação entre o volume de esgoto recebido na rede coletora e o volume de água efetivamente consumido pela população é o que indica o coeficiente de retorno. O consumo efetivo é abrangido como aquele que é apontado na micromedição da rede de distribuição de água, e desconsiderando os volumes relacionados às perdas do sistema de abastecimento (NUVOLARI, 2011).

Segundo a NBR 9.649/86 define coeficiente de retorno como: A relação média entre os volumes de esgoto produzido e de água efetivamente consumida. A norma indica o valor do coeficiente de retorno sendo como de 0,8, ou seja, 80% do volume de água consumido.

3.2.3.4 Coeficientes de Variação de Vazão (K)

Nuvolari (2011), adverte que os coeficientes de variação de vazão correspondem ao escoamento da parcela de esgoto doméstico, que compõe o esgoto sanitário, o qual não se comporta de maneira regular, uma vez que a água de consumo doméstico está sob comando direto do usuário, as vazões mudam conforme as ações sazonais, mensal, diária e horária. As principais alterações são as diárias e horárias, representadas pelos coeficientes abaixo, cujos valores são os recomendados pela norma NBR 9.649/86:

- Coeficiente de máxima vazão diária (K1): Este coeficiente retribui ao dia de maior consumo de água, sendo a relação entre a maior demanda de vazão diária em um ano e a vazão diária média para o mesmo ano. Seu valor especificado pela norma é de 1,20;
- Coeficiente de máxima vazão horária (K2): retribui à hora de maior consumo de água, sendo a relação entre a maior demanda de vazão diária em um dia e a vazão média horária para o mesmo ano considerando o seu valor de 1,50.

3.2.3.5 Diâmetro

A NBR 9649/1986, recomenda que o diâmetro mínimo seja de 100mm, mas Soares (2004) colocam que a utilização dos diâmetros superiores depende de justificativa técnica.

O mesmo, constatou que grande parte das redes coletoras no país está utilizando diâmetros mínimos a partir de 150mm, pois diâmetros menores são mais suscetíveis à obstrução das canalizações, o que compromete a eficiência hidráulica da rede coletora.

3.2.3.6 Declividade mínima e lâmina d'água máxima

Segundo explica Araújo (2003) a declividade está relacionada a dois conceitos: a autolimpeza ou arraste de sedimentos e economicidade do investimento, direta e fortemente ligada às profundidades de assentamento dos condutos. A NBR 9649/86, recomenda que a declividade mínima para vazão inicial (Q_i), que satisfaça a autolimpeza pelo menos uma vez ao dia, seja calculada pela equação 7 abaixo:

$$I_{\min} = 0,0055 * Q_i^{-0,47} \quad (7)$$

Onde:

I_{\min} = declividade mínima (m/m);

Q_i = vazão jusante de início de plano (L/s).

Em relação a lâmina d'água Alem Sobrinho e Tsutiya (1999) aborda para que se tenham ventilação e flutuação excepcionais de nível de esgoto, as tubulações deveriam funcionar com lâmina igual ou inferior 75% do diâmetro da tubulação.

3.2.3.7 Tensão trativa

Segundo Azevedo Netto (1998), a tensão trativa ou tensão de arraste é o componente tangencial do peso líquido sobre a unidade de área da parede do coletor e que atua sobre o material sedimentado, promovendo o arraste dos sólidos, ou seja, promovendo a autolimpeza das tubulações.

Para Alem Sobrinho e Tsutiya (1999), as partículas são normalmente depositadas nas tubulações de esgoto nos horários de menor contribuição, então a tensão trativa crítica é a tensão mínima necessária para o início do movimento, entretanto, a NBR 9649/86, estabelece critério da tensão trativa com valor mínimo de 1,0 Pa(Pascal), calculada para vazão inicial e o coeficiente de Manning $n = 0,013$. Podendo ser calculada através da seguinte equação 8:

$$\sigma = \gamma * RH * Ip \quad (8)$$

Onde:

σ = tensão trativa, Pa;

γ = peso específico do líquido, N/m³;

RH = raio hidráulico, m;

I_p = declividade da tubulação, m/m.

3.2.3.8 Velocidade de escoamento e velocidade crítica

Dependendo do conduto, a velocidade de escoamento e a vazão são tanto maiores quanto mais acentuadas for sua declividade, ou seja, o ideal é que o conduto seja instalado com a declividade capaz de propiciar a velocidade máxima tolerada, a fim de proporcionar a vazão máxima. Nesse caso, a velocidade máxima tolerada conduzida, supondo ser a solução mais econômica, pois em decorrência da mesma

seria utilizado conduto de menor seção possível para dar certa vazão (DACACH, 1984 apud SOARES 2004). Entretanto, Pereira e Soares (2010) constatam que quanto maior a declividade, maior será a profundidade e conseqüentemente mais cara será a construção da rede coletora. Alem Sobrinho e Tsutiya (1999), salientam que em grandes declividades, pode haver entrada de bolhas de ar na superfície do líquido o que ocasiona aumento da lâmina d'água.

A recomendação da NBR 9649/1986, é que a máxima declividade admissível provoque uma velocidade final de escoamento (V_f) de até a 5 m/s. E também, a norma técnica indica que quando a velocidade final do escoamento for superior a velocidade crítica (V_c), a maior lâmina admissível deve ser 50% do diâmetro do coletor, para, com isso assegurar a ventilação do trecho.

A velocidade crítica é calculada através da equação 9:

$$V_c = 6 * (g * Rh)^{1/2} \quad (9)$$

Onde:

V_c = velocidade crítica, m/s

g = aceleração da gravidade, m/s.

3.2.4 Dimensionamento hidráulico do canal

Para o dimensionamento hidráulico do canal, foi utilizado vazões de enchente e cálculo do sistema do canal trapezoidal como demonstrado a seguir.

3.2.4.1 Vazões de enchente

Devido aos diversos métodos propostos para atender o cálculo da vazão de enchentes, foi adotado o método racional. Sendo que ele permite a determinação da vazão máxima de enchentes.

Sendo que o método é baseado na área da bacia, no coeficiente de escoamento superficial e na intensidade média de precipitação, usado principalmente em projetos de drenagem e em aeroportos (Genovez, 2001).

Onde a vazão é o volume escoado por unidade de tempo que se escoar no conduto, portanto a vazão de enchente é calculada através da equação 10:

$$Q = C * i * A \quad (10)$$

Onde:

Q= vazão de enchente na seção de drenagem, m³/s;

C= coeficiente de escoamento superficial da bacia;

I= intensidade média de precipitação sobre a área da bacia, m²/s por hectare;

A= área da bacia, em hectare.

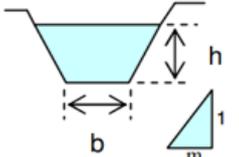
3.2.4.2 Cálculo da seção trapezoidal

O escoamento em canais se faz presente em grandes áreas como, drenagem, saneamento e conservação do meio ambiente.

Tendo como parâmetros de variabilidade o espaço e o tempo, ou seja, características como altura d'água, área molhada e raio hidráulico.

Sendo adotada para o cálculo da seção, as equações apresentadas na figura abaixo:

Figura 10 – Equações do canal trapezoidal

Forma da seção	Área (A) (m ²)	Perímetro molhado (P) (m)	Raio hidráulico (R) (m)	Largura do Topo (B) (m)
	$(b + m.h).h$	$b + 2.h.\sqrt{1 + m^2}$	$\frac{A}{P}$	$b + 2.m.h$

Fonte: Adaptado da Universidade Federal de Lavras (2017)

Onde:

b= base menor, m;

m= talude da parede do canal;

h= altura, m;

A= área do trapézio, m².

3.2.5 Microsoft Excel

Para o dimensionamento do sistema de esgoto descrito acima, foi utilizado para o programa Microsoft Excel, sendo que o dimensionamento foi feito seguindo a NBR 9649/89, onde o programa mostra a inclusão dos dados hidráulicos como: população final; consumo de água per capita; coeficiente de variação de vazão; taxa de infiltração e diâmetro mínimo.

Podendo também acionar a opção para dimensionar com diâmetros progressivos, ou não. Inserir o valor para lâmina d'água máxima; tensão trativa; velocidade crítica de acordo com a norma; entre outros. Caso os cálculos não atendam as condições solicitadas pelas normas, exibira um erro na planilha de dimensionamento, que deverá ser analisado e assim alterar o traçado da rede, buscando corrigir os itens, até que se possa obter uma melhor proposta.

3.2.6 Software Autocad

Para a realização do traçado e de alguns outros desenhos, foi utilizado o software autocad 2015. Sendo ele uma ferramenta utilizada para elaboração, modificação e otimização de projetos. Projetos desenvolvidos neste software podem ser salvos e recuperados para uso futuro.

Uma das vantagens marcantes do autocad é poder simular montagens e observar os pontos de vista da qualidade, tendo também como vantagem a possibilidade de compartilhamento das informações.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para o desenvolvimento deste capítulo, foi utilizada a parte metodológica, como detalhada anteriormente. Desta forma, foram elaborados quadros no programa Microsoft Excel, que se encontram nos apêndices, com o propósito de detalhar as vazões, declividades, tensões, velocidades e diâmetros conforme a ABTN NBR 9649/86.

Foram também feitos cálculos de dimensionamento do canal para recepção das águas pluviais, com base em dados de precipitação.

A partir dos resultados obtidos no dimensionamento hidráulico e no dimensionamento do canal, pode-se comparar qual a situação mais propícia para o bairro em estudo, levando-se em consideração a melhor solução para a população atual e futura.

4.1 Dimensionamento hidráulico do sistema de esgoto

O sistema de esgoto sanitário foi dividido em três trechos, onde será implantado o sistema de adequação, conforme demonstrado na figura 11.

Figura 11 – Delimitação dos trechos com contribuição de esgoto

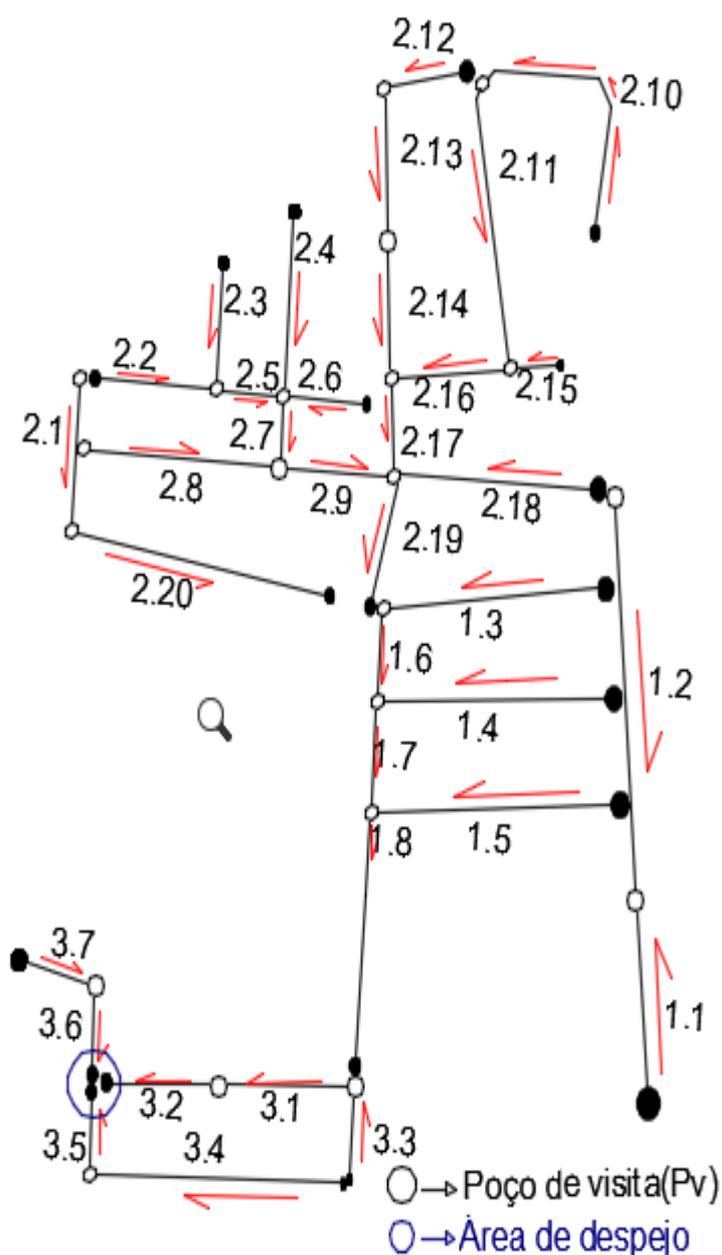


Fonte: Adaptado Google Earth (2018)

Mediante ao memorial de cálculo o sistema projetado terá condições de atender uma população inicial de 1430 habitantes, podendo chegar até 1460 habitantes no final do período de projeto.

A Figura 12 representa o traçado das ruas, elaborado pelo software autocad, onde indica os trechos dos coletores e seus sentidos de escoamento, limitando a extensão com os poços de visitas, adequado a cada situação.

Figura 12 – Sentido de escoamento do sistema de esgotamento sanitário do bairro Crispim Elias



Feito o traçado da rede, cabe agora a elaboração dos cálculos de dimensionamento, conforme descritos na norma NBR 9649/86, no qual foi utilizado dados dos anexos A e C. Para sistematização e melhor compreensão do dimensionamento, os resultados encontra-se no apêndice A.

Depois de calcular cada trechos, foi observado que os diâmetros não houveram alterações em nenhuma parte do sistema. Porém nos trechos 1.2, 1.3 e no trecho 1.4 o DN 100mm atenderia as vazões obtidas, mas segundo parâmetros normativos, o diâmetro mínimo a ser adotado é 150mm, portanto adotou-se o mínimo.

Julga-se necessário evidenciar que cada trecho, descarregará em um destino final, onde as vazões totais de cada trecho são demonstradas na tabela 3.

Tabela 3 – Vazões totais

Trecho:	Vazões (L/s)
1	12,00
2	56,41
3	33,07
Total	101,48

Fonte: Elaborado pelos autores (2018)

Sendo que o trecho 3 recebe as vazões totais do trecho 1 e do trecho 2 e obtém-se a um somatório das mesmas chegando a uma vazão resultante para esse trecho de 101,48 l/s.

Mediante a análise da tabela 3, foi realizado um novo dimensionamento com base nas vazões totais de cada trecho, como demonstrado no apêndice B.

Visto que houve também uma variação considerável em relação ao diâmetro para cada trecho de vazão total.

Analisando os resultados de projeto do dimensionamento hidráulico a planilha de cálculo gerada pelo Microsoft Excel, mostram que a rede cumpri a todas as normas, podendo-se atender a toda a população normalmente durante o prazo estipulado.

4.2 Dimensionamento hidráulico de canais

Para o dimensionamento, foi adotado as máximas precipitações mensais dos últimos 10 anos. Compreendendo-se que os meses de novembro e dezembro são sem dúvidas o período mais chuvoso do ano. Podendo então observar a intensificação do volume de precipitação neste período, com oscilação de 230mm e 480mm, como demonstrado na tabela 4.

Tabela 4 – Índice de precipitações anuais

Mês	Precipitação (mm)
Dezembro/2008	260
Dezembro/2009	340
Dezembro/2010	480
Dezembro/2011	330
Novembro/2012	390
Dezembro/2013	460
Março/2014	130
Fevereiro/2015	210
Janeiro/2016	260
Novembro/2017	230
Fevereiro/2018	240

Fonte: Elaborado pelos autores (2018)

Segundo Reis et al. (2005), em regiões que não possuem índices de precipitações, podem ser adotados valores de outras regiões ou até mesmo estados. Já que não existe um estudo de intensidade de precipitação no município em análise, foi adotado os valores de precipitações da cidade de Caratinga- MG, por ser a cidade mais próxima de Vargem Alegre, situado a 35 km, onde o clima, relevo e vegetação são semelhantes nas duas cidades, como demonstrado na tabela 4.

Para a realização do cálculo da vazão de enchente na seção da drenagem foi preciso a delimitação da área de contribuição da bacia, a média aritmética da precipitação com base nos dados da tabela 4 e o coeficiente de escoamento superficial de acordo com o anexo B.

A figura abaixo demonstra a delimitação da área de contribuição da bacia em estudo, onde se destaca pela cor marrom.

Figura 13 – Área de contribuição da bacia



Fonte: Adaptado Google Earth (2018)

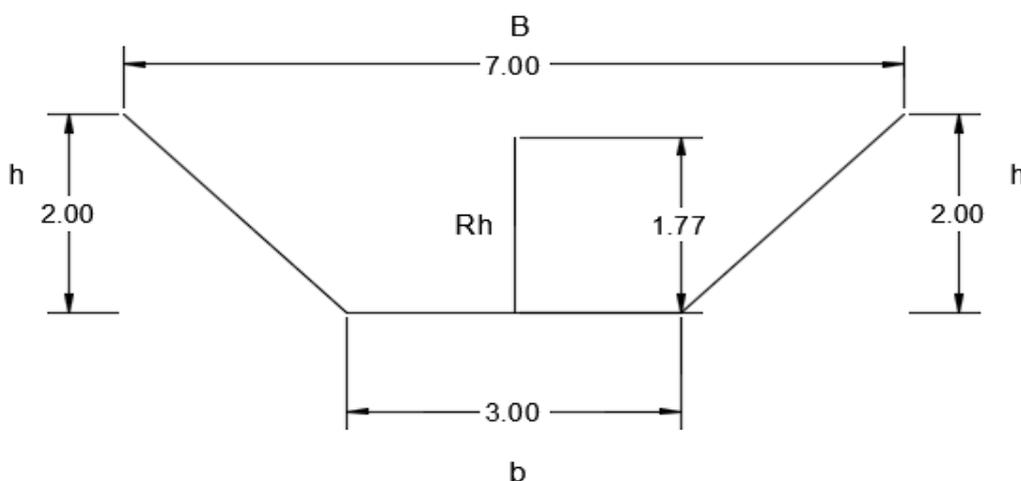
Conforme a figura 13, a área de contribuição se delimita em um limite territorial de 661 348 m².

Feito esse procedimento obteve-se uma vazão de escoamento superficial com base na equação 10 de 0,060m³/s, em relação aos meses de maior índice de precipitação.

Com base, em estudos foi adotado o canal trapezoidal por possuir maior capacidade volumétrica e maior escoamento em relação aos demais canais. Tendo em destaque sua dimensão, pois possui menor profundidade, buscando assim maior lucratividade e desempenho na execução.

Com base no memorial de cálculo, mostrado no apêndice C foi possível adequar ao canal as dimensões demonstradas na figura 14.

Figura 14 – Perfil transversal do canal trapezoidal



Unidade de medida: metros (m)

Fonte: Elaborado pelos autores (2018)

Visto que na área molhada foi acrescentado uma folga de 0,23 metros na vertical, ocasionando assim uma profundidade de 2,00 metros.

Observa-se, portanto, que o estudo desenvolvido, tanto no sistema de captação de esgoto quanto de sistema de drenagem, em comparação com o material apresentado e autores, agregaram que ambas as separações dos sistemas são inexistentes tanto no município quanto em outras cidades, feito então o dimensionamento de cada sistema com a intenção de separá-los contribuindo assim para o avanço do saneamento.

5 CONCLUSÃO

Com base em levantamento de dados do município, observações e medições realizadas em campo, foi possível identificar a situação real em que o mesmo se encontra para entender as causas dos problemas ocasionados pelo sistema sanitário de esgoto e drenagem.

Como não há uma separação clara entre o sistema de esgoto e de drenagem interagindo adequadamente de acordo com as normas da ABNT e de autores, deste modo, existe um canal onde o esgoto é captado e direcionado ao mesmo, verificando que o ideal seria dimensionar o sistema de esgoto da região estudada e ainda fazer um estudo de dimensionamento do canal que transportasse apenas água de precipitação, nascentes e água de região a montante.

Sendo assim continuou o estudo para tentar equilibrar e separar o estudo para inicialmente começar a fazer o dimensionamento do sistema de esgoto com suas peculiaridades, órgãos acessórios e partes constituintes e posteriormente fazer um estudo para o dimensionamento do canal.

Deste modo, aspectos populacionais e dados pluviométricos são necessários para a realização do dimensionamento de ambos os sistemas, sendo que no aspecto populacional foi utilizado dados fornecidos pela prefeitura municipal, e posteriormente feito o cálculo por meio do método geométrico. Para o dimensionamento do canal foi adotado dados pluviométricos da cidade de Caratinga, por ser a cidade mais próxima, com os dados necessários e possuir vegetação e clima semelhante ao município em estudo.

Através de levantamento de dados e visitas em campo no bairro em análise observou-se que no sistema de esgoto as tubulações não seguem um padrão de diâmetros adequados, tendo muitas variações, sendo que o canal receptor possui muitas oscilações tanto horizontalmente quanto verticalmente.

Como o local de estudo existe em uma área construída, habitada e pavimentada o traçado não pode ser alterado, o que pode ser adequado é aderir uma rede que não entre em conflito com as atuais habitações, por isso foi necessário manter o traçado já existente. Com base em autores foi observado o que causaria menos impacto, no qual seria continuar utilizando o atual traçado, por isso desenvolveu-se um esboço do sentido do fluxo de escoamento do esgoto.

Deste modo, o estudo proposto, respeitam todas as diretrizes das normas vigentes de projeto para a população do bairro Crispim Elias nos próximos 30 anos. Reunindo tais informações o estudo do sistema de drenagem e o sistema de esgotamento sanitário da área em análise, foi dividido em duas partes, contribuindo para o transporte tanto da água de precipitação quanto da água residual.

Posteriormente, recomenda-se que pesquisas futuras busquem o estudo da compatibilização dos sistemas para outras regiões da cidade ou modelagem da proposta em software para testes de aplicação ou execução.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9649**. (1986). Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário - Procedimento. ABNT, 1986.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9648**. Estudo de Concepção de Sistemas de Esgoto Sanitário. ABNT, 1986.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12.207**. (2016). Projeto de Interceptor de Esgotos. ABNT, 2016.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12.208**. (1992). Projeto de estações elevatórias de esgoto sanitário - Procedimento. ABNT, 1992.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12.209**. (2011). Elaboração de projetos hidráulico-sanitários de estações de tratamento de esgotos sanitários. ABNT, 2011.
- AZEVEDO NETTO, J.M. e outros- **Sistemas de Esgoto Sanitário**- CETESB/Faculdade de Saúde Pública da USP, São Paulo,1973.
- AZEVEDO NETTO, J.M et al. Manual de hidráulica. 8. Ed. São Paulo: E. Blucher, 669p.1998.
- BRASIL, Lei 11.445 – Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básicos. Diário Oficial da União, Brasília – DF,2007.
- CLIMATE. Disponível em: <<https://pt.climate-data.org/location/176405>> Acesso em: 10/04/2018.
- DESLAURIERS, j.-P. (1991). Recherche qualitative- Guide pratique. Montreal: McGraw-Hill.
- FUNEC. Fundação Educacional de Caratinga, 2015.
- GENOVEZ, A. M. Vazões Máximas. In: FINEP. Hidrologia aplicada à gestão de pequenas bacias hidrográficas. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2001. 628 p.
- GIL, A. C. Métodos e técnicas de pesquisa social. 5.ed. São Paulo: Atlas, 1999.
- Google Earth. Disponível em: <https://www.google.com/earth/>. Acesso em: agosto de 2018.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Resultados do censo 2017. Disponível em: < <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/vargem-alegre/panorama>>. Acesso em: março de 2018.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. Fundamentos metodologia científica. 4.ed. São Paulo: Atlas, 2001.

LIMA, Fernanda F. Análise da contribuição de poços de infiltração para o controle de cheias urbanas na cidade de palmas-to. Universidade/ULBRA, 2014.

MENDONÇA, Sergio Rolim & CEBALOS, Beatriz Susana de O. Lagoa de Estabilização e Aeradas Mecanicamente: Novos Conceitos. João Pessoa, S. Rolim Mendonça, 1990.

MILOGRANA, J, 2001. Estudo de Medidas de Controle de Cheias em Ambientes Urbanos. Dissertação de Mestrado, publicação MTARH.DM-035A/2001, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília.

NETTO, José Martiniano de Azevedo et al. Manual de Hidráulica. 8. ed. São Paulo: Edgard BlücherLtda, 1998. 669 p.Citação com autor incluído no texto: Netto et al. (1998).

NUVOLARI, A. Esgoto Sanitário – coleta, transporte, tratamento e reuso agrícola. Editora Edgard Blücher, São Paulo, Brasil, 2ª edição, 2011.

OLIVEIRA, Carlos. S. Notas de Aula - Hidráulica dos Sistemas de Drenagem. Palmas, 2010.

PEREIRA, J. A. R; SOARES, J. M. Rede coletora de esgoto sanitário: Projeto, Construção e Operação. Belém: NUMA. UFPA, EDUFPA, GPHS/CT, 2006.

PEREIRA, J.A.R; SOARES, J.M Rede Coletora de Esgoto Sanitário 2ed, 301p 2010.

PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO - Município de Vargem Alegre - Minas Gerais.

PREFEITURA MUNICIPAL DE VARGEM ALEGRE, 2018.

RAMOS, C. L., Barros, M. T. L., Palos, J. C. F. DIRETRIZES BÁSICAS PARA PROJETO DE DRENAGEM URBANA NO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO. São Paulo: Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica, 1999.

REIS, M. H.; GRIEBELER, N. P.; SARMENTO, P. H. L.; OLIVEIRA, L. F. C.; OLIVEIRA, J. M. de. Espacialização de dados de precipitação e avaliação de interpoladores para projetos de drenagem agrícola no Estado de Goiás e Distrito Federal. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Anais... XII. INPE, p. 229 – 236. Acesso em: 20 novembro 2018.

SANTOS, L. F. P. Indicadores de Salubridade Ambiental (ISA) e sua Aplicação para a Gestão Urbana. Dissertação (mestrado) – Fundação Universidade Federal do Amapá, Programa de Pós-Graduação em Direito Ambiental e Políticas Públicas. Orientadora Helenilza F. Albuquerque Cunha. Macapá, 2012

SOARES, J.M. Importância do Traçado no Custo de Construção da Rede Coletora de Esgoto Sanitário. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Centro Tecnológico, Universidade Federal do Pará. Belém,2004.

TUCCI, C. E. M. Inundações Urbanas. In: Tucci, C. E. M.; Porto, R.L.L.; Barros, M.T. Drenagem Urbana. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS/ABRH, 1995.

TUCCI, Carlos E. M. MODELOS HIDROLÓGICOS. Porto Alegre: Editora da Universidade/UFRGS/Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 1998.

TUCCI, C. E. M. Hidrologia: ciência e aplicação. 2. ed. Porto Alegre, RG: UFRGS, 2001. 943 p.

TUCCI, C. E. M. Gerenciamento da Drenagem Urbana- Revista Brasileira de Recursos Hídricos- RBRH- Volume 7 n.1 Jan/Mar 2002, 5-27.

TUCCI, Carlos E. M. PLANO DIRETOR DE DRENAGEM URBANA. Manual de Drenagem Urbana. Porto Alegre: Departamento de Esgotos Pluviais, vol. 6, 2005.

TSUTIYA, Milton e ALEM SOBRINHO, Pedro. Coleta e Transporte de Esgoto Sanitário. São Paulo, Escola Politécnica da USP. 2ª Edição. 1999.

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.

TSUTIYA, M. T., & SOBRINHO, P. A. Coleta e Transporte de Esgoto Sanitário. 3ª edição. Rio de Janeiro: ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2011.

VAZ, A.J.A Importância da Rede Coletora de Esgoto na Promoção da Qualidade Socioambiental. In: 12º Encontro de Geógrafos da América Latina, 2009, Montevideo. EGAL,2009.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. Hidrologia aplicada. Sao Paulo: McGraw-Hill, 1975.

VON SPERLING, M. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias, Volume 1: Introdução À Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos. 3ª Edição. Belo Horizonte, Minas Gerais: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG, 2005.

VON SPERLING, M. “Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.” 4. Ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2014.

APÊNDICE A: PLANILHA DE CÁLCULO I- REDE DE ESGOTO

APÊNDICE B: PLANILHA DE CÁLCULO II – REDE DE ESGOTO

APÊNDICE C: MEMORIAL DE CÁLCULO

- Cálculo do método geométrico

Ano	População (hab)
2016	1430
2017	1440
2018	1454

$$Kg = \frac{\ln P2 - \ln P0}{t2 - t0}$$

$$Kg = \frac{\ln 1454 - \ln 1430}{2018 - 2016}$$

$$Kg = 0,008$$

$$Pt = P0 * e^{Kg*(t-t0)}$$

$$Pt = 1430 * e^{0,008*(2048-2018)}$$

$$Pt = 1460 \text{ hab.}$$

- Cálculo da vazão de enchentes:

Dados: $I=277,5 \text{ mm/mês} = 0,2775 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{mês} = 0,2775 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot 2592000 = 1,07 \cdot 10^{-7}$

$$C=0,85$$

$$A=661348 \text{ m}^2$$

$$Q = C * I * A$$

$$Q = 0,85 * 1,07 \cdot 10^{-7} * 661348$$

$$Q = 0,060 \text{ m}^3/\text{s}$$

- Cálculo da área do trapézio

Dados: $b=3\text{m}$

$h=2\text{m}$

$m=1$

Área do trapézio: $A = (b + m * h) * h$

$$A = (3 + 1 * 2) * 2$$

$$A = 10 \text{ m}^2$$

Perímetro molhado: $Pm = 2 * h * \sqrt{1 + m^2}$

$$Pm = 2 * 2 * \sqrt{1 + 1^2}$$

$$Pm = 5,66 \text{ m}$$

Raio hidráulico: $Rh = \frac{A}{Pm}$

$$Rh = \frac{10}{5,66}$$

$$Rh = 1,77 \text{ m}$$

Largura B maior: $B = b + 2 * m * h$

$$B = 3 + 2 * 1 * 2$$

$$B = 7 \text{ m}$$

ANEXO A: QUADRO AUXILIAR PARA DETERMINAÇÃO DO RAIO HIDRÁULICO
EM FUNÇÃO DE Y/D

$\frac{Y}{D}$	$\beta = \frac{RH}{D}$	$\frac{Y}{D}$	$\beta = \frac{RH}{D}$
0,025	0,016	0,550	0,265
0,050	0,033	0,600	0,278
0,075	0,048	0,650	0,288
0,100	0,064	0,700	0,297
0,125	0,079	0,750	0,302
0,150	0,093	0,775	0,304
0,175	0,107	0,800	0,304
0,200	0,121	0,825	0,304
0,225	0,134	0,850	0,304
0,250	0,147	0,875	0,301
0,300	0,171	0,900	0,299
0,350	0,194	0,925	0,294
0,400	0,215	0,950	0,287
0,450	0,234	0,975	0,277
0,500	0,250	1,000	0,250

Fonte: Adaptado de Professor Paulo T. Nakayama.

ANEXO B: VALORES DO COEFICIENTE DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL DO
“COLORADO HIGHWAY DEPARTAMENTO”

Características da bacia	C em %
Superfícies impermeáveis	90-95
Terreno estéril montanhoso	80-90
Terreno estéril ondulado	60-80
Terreno estéril plano	50-70
Prados, campinas, terreno ondulado	40-65
Matas decíduas, folhagem caduca	35-60
Matas coníferas, folhagem permanente	25-50
Pomares	15-40
Terrenos cultivados em zonas altas	15-40
Terrenos cultivados em vale	10-30

Fonte: Adaptado de Souza Pinto et al., (1976)

ANEXO C: DIMENSIONAMENTO E VERIFICAÇÃO DE TUBULAÇÕES – FÓRMULA
DE MANNING – $n = 0,013$

ANEXO D: DOCUMENTO POPULACIONAL



PREFEITURA MUNICIPAL DE VARGEM ALEGRE
ESTADO DE MINAS GERAIS
CNPJ: 01.613.128/0001-93

A Prefeitura Municipal de Vargem Alegre, informa aos graduandos do curso de Engenharia Civil pela Faculdade Doctum de Caratinga, a população do Bairro Crispim Elias nos anos de 2016 (1.430), 2017 (1.440) e 2018 (1.454).

Vargem Alegre, 22 de novembro de 2018.


Cláudia Alves de A. Franco
Chefe de Gabinete
Vargem Alegre - MG

ANEXO E: DADOS INFORMATIVOS PELA COPASA



Companhia de Saneamento de Minas Gerais

Comunicação Externa Nº 1296/2018 – DTCA

Caratinga, 18 de outubro de 2018.

Exmo Senhor
João Moreira de Oliveira Júnior
Coordenador do Curso de Engenharia Civil
Faculdades Doctum
Caratinga- MG

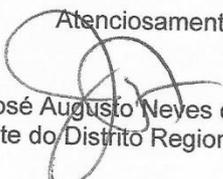
Referência/assunto: Informação da localidade de Vargem Alegre.

Senhor Coordenador:

Em atenção ao ofício em referência, informamos que a COPASA MG atende com abastecimento de água o município de Vargem Alegre - 4.486 habitantes, tem uma vazão média de 17,4 l/s, com perspectiva de 100% de atendimento, sendo o atendimento atual de 87,93%.

Colocamo-nos à disposição para quaisquer esclarecimentos que se fizerem necessários.

Atenciosamente,


José Augusto Neyes dos Reis
Gerente do Distrito Regional Caratinga