



CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS

COMUNIDADE EVANGÉLICA LUTERANA "SÃO PAULO"
Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 3.607 - D.O.U. nº 202 de 20/10/2005

ADAMIS RICARDO DA SILVA SANTOS

DIMENSIONAMENTO DE REDE COLETORA DE ESGOTO SANITÁRIO, QUADRA 1.104 SUL NO MUNICÍPIO DE PALMAS- TO

PALMAS

2015



CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS

COMUNIDADE EVANGÉLICA LUTERANA "SÃO PAULO"
Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 3.607 - D.O.U. nº 202 de 20/10/2005

ADAMIS RICARDO DA SILVA SANTOS

DIMENSIONAMENTO DE REDE COLETORA DE ESGOTO SANITÁRIO, QUADRA 1.104 SUL NO MUNICÍPIO DE PALMAS- TO

Projeto apresentado como requisito integrante da disciplina: Trabalho de Conclusão de Curso II (TCC II). Do curso de Engenharia Civil, orientado pelo Professor M.sc. Edivaldo Alves dos Santos.

PALMAS

2015



CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS

COMUNIDADE EVANGÉLICA LUTERANA "SÃO PAULO"
Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 3.607 - D.O.U. nº 202 de 20/10/2005

ADAMIS RICARDO DA SILVA SANTOS

DIMENSIONAMENTO DE REDE COLETORA DE ESGOTO SANITÁRIO, QUADRA 1.104 SUL NO MUNICÍPIO DE PALMAS- TO

Projeto apresentado como requisito integrante da disciplina: Trabalho de Conclusão de Curso II (TCC II). Do curso de Engenharia Civil, orientado pelo Professor M.sc. Edivaldo Alves dos Santos.

Aprovada em _____ de _____ de 2015.

BANCA EXAMINADORA

Prof. M.sc. Edivaldo Alves dos Santos
Centro Universitário Luterano de Palmas

Prof. M.sc. Fabio Moreira Spinola de Castro
Centro Universitário Luterano de Palmas

Prof. M.sc. Denis Cardoso Parente
Centro Universitário Luterano de Palmas

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	6
1.1. Objetivos	8
1.1.1. Objetivos Gerais	8
1.1.2. Objetivos Específicos	8
1.2. Justificativa	8
1.3. Problema	9
1.4. Hipótese	9
2. REFERENCIAL TEÓRICO	10
3. METODOLOGIA	48
4. RESULTADOS	54
5. CONCLUSÃO	56
6. ORÇAMENTO	57
7. CRONOGRAMA	58
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	59
ANEXOS	

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Características dos sistemas separadores de esgoto sanitário	11
---	----

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1	Domicílios sem esgotamento sanitário adequado 6
Figura 2	Poço de visita (corte) 13
Figura 3	Representação de um PV em uma planta de cálculo ou execução 13
Figura 4	Tubo de inspeção e limpeza (planta) 14
Figura 5	Representação de um TIL em uma planta de cálculo ou execução 14
Figura 6	Terminal de limpeza (planta) 15
Figura 7	Representação de um TL em uma planta de cálculo ou execução 15
Figura 8	Caixa de passagem (corte) 16
Figura 9	Representação de uma CP em uma planta de cálculo ou execução 16
Figura 10	Tubo de queda (corte) 17
Figura 11	Sifão invertido (corte) 17
Figura 12	Traçado da rede tipo perpendicular 18
Figura 13	Traçados de rede do tipo em leque 18
Figura 14	Traçados de rede do tipo distrital ou radial 19
Figura 15	Orientação do fluxo dos esgotos nos órgãos acessórios 19
Figura 16	Traçados da rede de acordo com a orientação do fluxo 20
Figura 17	Traçado recomendável de uma rede 22
Figura 18	Traçado não recomendável de uma rede 22
Figura 19	Esquema do termo esgoto sanitário 23
Figura 20	Ramal Predial 37
Figura 21	1º passo para traçado da rede coletora: clicar no botão tubo de rede e em seguida no primeiro trecho do primeiro coletor 39
Figura 22	2º passo clicar no ponto final do trecho 40
Figura 23	Caixa de diálogo para confirmação ou alteração das informações para inserção do tubo 40
Figura 24	Visualização da tela após inserção do tubo 40
Figura 25	Caixa de diálogo para inserção do 2º trecho 41
Figura 26	Visualização da tela antes de apertar a tecla ENTER 41
Figura 27	Visualização da tela após apertar a tecla ENTER 41
Figura 28	1º passo para inserção do Terminal de Limpeza (TL) 42
Figura 29	Caixa de diálogo para inserção do terminal de limpeza 42

Figura 30	Seleção do trecho para inserção da ponta seca após inserção do TL	43
Figura 31	Visualização da tela após inserção da ponta seca	43
Figura 32	1º passo para inserção do poço de visita	44
Figura 33	Caixa de diálogo para inserção do poço de visita	44
Figura 34	Visualização da tela após inserção do poço de visita	45
Figura 35	Inserção do poço de visita no início de dois trechos	45
Figura 36	Visualização da tela pedindo seleção do trecho para inserir a ponta seca	46
Figura 37	Visualização da tela após inserção da 1ª ponta seca	46
Figura 38	Visualização da tela após inserção da 2ª ponta seca	46
Figura 39	Pequena rede antes de ser calculada	47
Figura 40	Pequena rede já calculada	47

1. INTRODUÇÃO

As ações de saneamento básico compreendem, principalmente, o abastecimento de água potável, o esgotamento sanitário e o manejo adequado das águas pluviais e dos resíduos sólidos. Essas ações integradas são indispensáveis para que várias enfermidades não ocorram em uma comunidade.

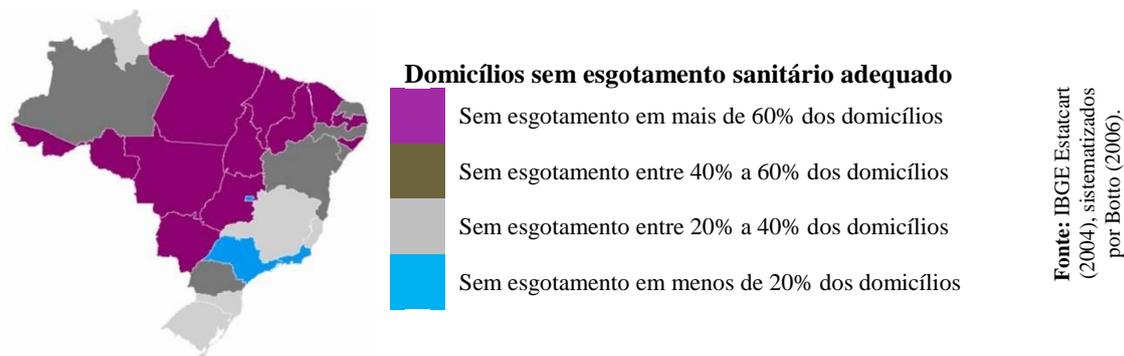
Muitas doenças são veiculadas a partir de fezes humanas e podem ser transmitidas de uma pessoa doente para uma sadia por meio da água ou pelo contato com o ambiente contaminado por dejetos.

O Brasil é um país com profunda desigualdade social, que torna um desafio às ações de promoção da saúde. Infelizmente, ainda é precário no Brasil o atendimento à população por serviços de saneamento básico, especialmente o esgotamento sanitário.

Devido ao lançamento de efluentes de esgoto sem tratamento, com elevada carga de poluição, nos recursos hídricos e suas proximidades, a população está sujeita a captar água de poços ou de mananciais superficiais, imprópria sanitariamente para consumo humano. Mesmo onde os esgotos são tratados, os sistemas utilizados, muitas vezes, removem os sólidos e a matéria orgânica presentes, permanecendo elevadas concentrações de organismos patogênicos nos efluentes lançados nos corpos de água.

De acordo com os dados levantados pelo IBGE, em 2005, somente 27% da população do Nordeste e 48% da população do Brasil contavam com esgotamento sanitário por rede geral. A Figura 1 apresenta as condições de esgotamento sanitário para cada estado do Brasil no ano de 2000. Esgotamento sanitário adequado nesse mapa significa a destinação dos efluentes para rede coletora pública ou para fossa séptica corretamente executada.

Figura 1. Domicílios sem esgotamento sanitário adequado.



Não obstante, o indicador que mais impressiona é a falta de banheiros ou sanitários. Uma em cada quatro casas na região Nordeste não dispõe de um sanitário ou um

banheiro, condição básica para destinar adequadamente os resíduos fecais (BOTTO, 2006).

A inexistência de sistemas adequados para a destinação dos dejetos pode resultar no contato do homem com os mesmos, ocasionando a transmissão de várias doenças.

Muitos microrganismos patogênicos estão presentes nas fezes humanas e podem alcançar outras pessoas por diversas maneiras, causando-lhes doenças.

A falta de sistemas de coleta, tratamento e destinação final dos esgotos sanitários resulta em formas inadequadas para sua disposição, tais como: lançamento em corpos de água, disposição em terrenos, infiltração no solo e conseqüente poluição da água subterrânea. Com isso, favorece-se o contato, de forma indireta, das pessoas com os dejetos, ocasionando a proliferação de doenças.

Isso ressalta a necessidade da adoção de sistemas adequados para destinação dos resíduos líquidos, especialmente a execução de serviços coletivos de coleta, tratamento e destinação final de esgotos domésticos.

O destino adequado dos dejetos humanos do ponto de vista sanitário visa, fundamentalmente, a evitar a poluição do solo e dos mananciais e o contato de moscas e baratas (vetores) com as fezes, controlando e prevenindo as doenças a eles relacionadas. Do ponto de vista econômico, condições adequadas de saneamento propiciam uma diminuição das despesas com o tratamento de doenças evitáveis, redução do custo do tratamento da água de abastecimento, pela prevenção da poluição dos mananciais e o controle da poluição das praias e dos locais de recreação, com o objetivo de promover o turismo e a preservação da fauna aquática (FUNASA, 2006).

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivos Gerais

Dimensionamento do sistema de rede de coleta de esgoto sanitário para a Quadra 1.104 Sul, localizada no município de Palmas do estado de Tocantins.

1.1.2. Objetivos específicos

- Aquisição, junto a Prefeitura Municipal de Palmas, da planta planialtimétrica da quadra 1.104 Sul;
- Dimensionamento da Rede Coletora de Esgoto Sanitário;
- Apresentação do projeto executivo com todas as plantas e peças gráficas, bem como o memorial de cálculo de todas as unidades da concepção.

1.2. Justificativa

As fases de um projeto de sistema de esgotamento sanitário podem ser divididas em concepção, projeto básico e projeto executivo.

A concepção do sistema de esgotamento sanitário pode ser definida como o conjunto de estudos referentes ao estabelecimento de diretrizes, definições e parâmetros necessários para a caracterização completa do sistema a ser projetado. É nesta fase que devem ser coletados os elementos necessários ao desenvolvimento dos estudos, com as características das possíveis áreas a serem esgotadas.

Segundo Leme (1977), estes elementos são geralmente conseguidos em órgãos administrativos locais, municipais e estaduais. Dentre os elementos mais relevantes, podem-se citar as cartas topográficas, necessárias ao estudo da topografia e hidrografia da área em questão e no delineamento das bacias contribuintes e possíveis corpos receptores capazes de servirem como destino final das contribuições coletadas, bem como considerar as regiões que não são passíveis de esgotamento e, assim, apresentar soluções individuais.

1.3. Problema

A escolha da Quadra em questão se deu pela inexistência de uma rede de coleta de esgoto sanitário. A falta de saneamento básico é a principal responsável pela morte por diarreia de menores de 5 anos no Brasil, em 1998, morreram 29 pessoas por dia no Brasil de doenças decorrentes de falta de água encanada, esgoto e coleta de lixo, segundo cálculos da FUNASA realizados a pedido do Jornal Folha de São Paulo.

1.4. Hipótese

A coleta e tratamento de esgotos são muito importantes para a saúde pública (por evitar diversas doenças) e para o meio ambiente (evita a poluição dos corpos hídricos, impacto este que afeta todo o ecossistema, além da disponibilidade de uso da água a jusante (à frente) do lançamento). Pesquisas indicam que para cada real investido em saneamento básico, principalmente na coleta e tratamento de esgotos, economizam-se quatro reais em atendimentos na rede de saúde.

2. REFERENCIAL TEÓRICO:

2.1. SISTEMA COLETIVO DO TIPO SEPARADOR ABSOLUTO PARA O ESGOTAMENTO SANITÁRIO

Os sistemas coletivos podem ser divididos em dois: parcial e absoluto. O primeiro recebe uma parcela das águas de chuva provenientes de telhados e pátios das edificações e o segundo, tem suas tubulações separadas, ou seja, uma exclusiva para a coleta de esgotos e outra para transportar as águas de chuva. No Brasil, comumente, utiliza-se o sistema separador absoluto.

De acordo com ABNT (1986), o sistema de esgoto sanitário separador é “o conjunto de condutos, instalações e equipamentos destinados a coletar, transportar, condicionar e encaminhar, somente esgoto sanitário, a uma disposição final conveniente, de modo contínuo e higienicamente seguro”.

Araujo (2003) cita que o conceito de separação absoluta é relativo, pois a própria definição de esgoto sanitário, contida na NBR-9648/1986 da ABNT, já inclui as águas de infiltração e pluvial. Ainda segundo Araujo (2003), também não estão definitivamente excluídas águas pluviais caídas em áreas internas aos domicílios ou águas subterrâneas que porventura surgem nos terrenos e que, por falta de fiscalização, são acrescidas ao esgoto por mera comodidade dos moradores. A participação dessas contribuições no cálculo das vazões fica por conta da parcela de contribuição pluvial.

A utilização do sistema separador pode ser justificada pelos seguintes fatores, segundo Azevedo Netto (1998) e Alem Sobrinho e Tsutiya (2000):

- Menores custos, pelo fato de empregar tubos mais baratos, de fácil obtenção e de fabricação industrial (tubos de PVC e derivados, manilhas etc.), facilitando a execução e reduzindo custos e prazos de construção;
- Dentro de um planejamento integrado é possível a execução das obras por etapas, construindo e estendendo-se primeiramente a rede de maior importância para a localidade, com investimento inicial menor;
- As condições para o tratamento do esgoto são melhoradas, evitando-se a poluição das águas receptoras por ocasião das extra vazões que se verificam nos períodos de chuvas intensas;
- Não se condiciona e nem obriga a pavimentação das vias públicas;

- Reduz a extensão das tubulações de grande diâmetro em uma localidade; pelo fato de não exigir a construção de galerias em todas as ruas.

O que é bastante evidente no Brasil, notadamente nos municípios de menor porte, é que o controle para se evitar que as águas pluviais (principalmente as provenientes dos telhados e pátios dos domicílios esgotados) sejam encaminhadas junto com o esgoto sanitário, o que poderá acarretar num sistema ineficiente. Geralmente nessas localidades o sistema de drenagem é inexistente, ineficiente ou ultrapassado. A tabela 1 apresenta as características que diferenciam o sistema separador parcial e absoluto.

Tabela 1. Características dos sistemas separadores de esgoto sanitário.

Sistema separador	Característica
Absoluto	Tem suas tubulações separadas, ou seja, uma exclusiva para a coleta de esgotos e outra para transportar as águas de chuva.
Parcial	Recebe uma parcela das águas de chuva provenientes de telhados e pátios das edificações.

Os custos com a rede coletora contemplam:

- Locação e cadastro em meio magnético da rede;
- Aquisição, transporte e assentamento das tubulações;
- Sinalizações, segurança e travessia;
- Movimento de terra (escavação, reaterro e bota-fora);
- Escoramento das valas;
- Aquisição e/ou execução de órgãos acessórios da rede.

Para um melhor entendimento: uma estação elevatória de esgotos requer os seguintes fatores que encarecem a obra:

- Tratamento preliminar situado a montante da casa de bombas;
- Aquisição de conjuntos moto-bomba e equipamentos hidromecânicos;
- Projeto de instalação elétrica da EE;
- Treinamento de pessoal para operação e manutenção;
- Dispendio com energia elétrica (após implantação do sistema).

2.2. LOCAÇÃO E ÓRGÃOS ACESSÓRIOS DA REDE

Antes de se definir os órgãos acessórios da rede é necessário conceituar um coletor de esgoto, que é o conduto que recebe contribuições prediais em qualquer ponto ao longo de sua extensão. Os coletores podem ser divididos em: tronco, principal e secundário.

- *Coletor-tronco*: é a tubulação que na maioria das redes tem o maior diâmetro e profundidade, uma vez que recebe contribuições de esgoto apenas de outros coletores, ou seja, recebe as vazões pontuais de outros coletores;
- *Coletor principal*: geralmente é o coletor de maior extensão na rede. Pode haver mais de um, dependendo da bacia ou sub-bacia de esgotamento;
- *Coletor secundário*: são os coletores de menor extensão, de menor diâmetro e que constituem a maioria dentro de uma bacia.

Para Araújo (2003), os órgãos acessórios são dispositivos fixos desprovidos de equipamentos mecânicos, que são construídos em pontos singulares da rede coletora com a finalidade de permitir a inspeção e a desobstrução das tubulações, além de facilitar a manutenção da pressão atmosférica nos tubos, visando garantir o escoamento livre.

Os órgãos acessórios mais utilizados são poços de visita (PV), terminais de limpeza (TL), tubos (também chamados de terminais) de inspeção e limpeza (TIL) e caixas de passagem (CP). A seguir os dispositivos mais importantes são caracterizados.

2.2.1. Órgãos acessórios da rede

Poço de visita

ABNT (1986) define o poço de visita como uma câmara visitável através de abertura existente em sua parte superior, destinada à execução de trabalhos de manutenção.

O poço de visita é uma câmara construída geralmente em concreto e que, através de abertura existente em sua parte superior (onde há o tampão), permite o acesso de equipamentos e trabalhadores para executar trabalhos de manutenção. O PV pode ser construído também em alvenaria ou em aduelas de concreto pré-moldado.

Há alguns anos, a utilização de poços de visita era tradicional em projetos de esgoto sanitário.

Mas, com o surgimento de novos e mais econômicos equipamentos de limpeza das redes, este dispositivo pôde ser substituído por tubos de inspeção e limpeza (TIL) e terminais de limpeza (TL). Segundo Alem Sobrinho e Tsutiya (2000), os poços de visitas são obrigatórios nos seguintes casos:

- Na reunião de coletores com mais de três entradas;
- Na reunião de coletores quando há necessidade de tubo de queda;
- Nas mudanças de direção, declividade, diâmetro ou material dos coletores;
- No ingresso e na saída de sifões invertidos e travessias;
- Profundidades maiores que 3,0m;
- Diâmetro de coletores igual ou superior a 400mm.

As figuras 4, 5 ilustram um poço de visita em corte e em planta de cálculo ou execução, respectivamente.

Figura 2. Poço de visita (corte).

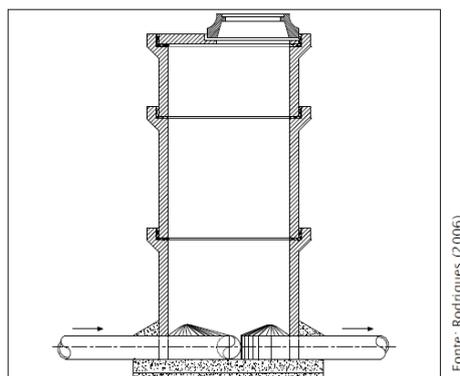
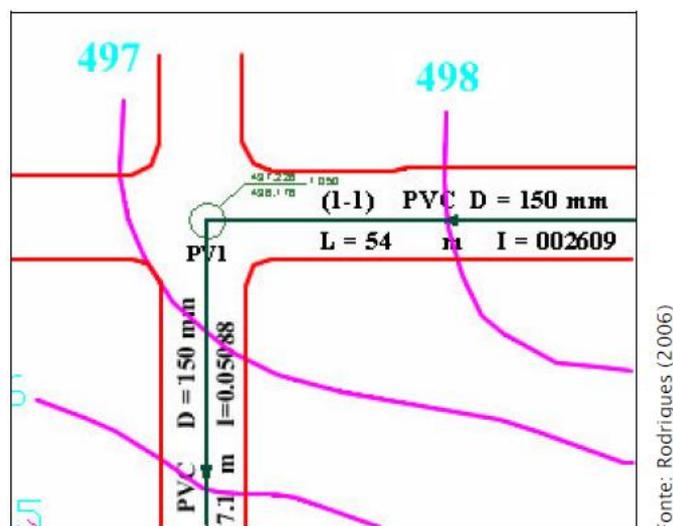


Figura 3. Representação de um PV em uma planta de cálculo ou execução.



Tubo (terminal) de inspeção e limpeza (TIL) ou poço de inspeção (PI)

Segundo ABNT (1986), o TIL é um dispositivo não visitável que permite inspeção e introdução de equipamentos de limpeza. Essa singularidade de baixo custo pode ser inserida em trechos retos entre poços de visita, respeitando-se as distâncias máximas alcançadas pelos instrumentos de limpeza. Atualmente, já é fabricado o TIL radial em PVC, que são utilizados em redes coletoras de mesmo material.

As figuras 6 e 7 ilustram o TIL em corte e em planta de cálculo ou execução, respectivamente. Por ser de custo inferior, pode ser usado em substituição ao PV nos seguintes casos:

- Na reunião de coletores (até três entradas e uma saída);
- Nos pontos com degrau de altura inferior variando entre 0,50 a 0,60m;
- A jusante de ligações prediais cujas contribuições podem acarretar problemas de manutenção;
- Em profundidades de até 3,0m.

Figura 4. Tubo de inspeção e limpeza (planta).

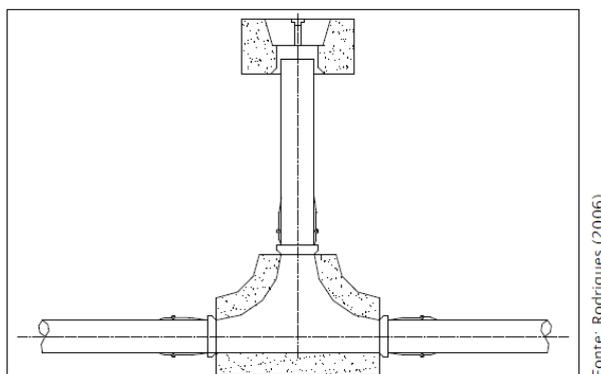
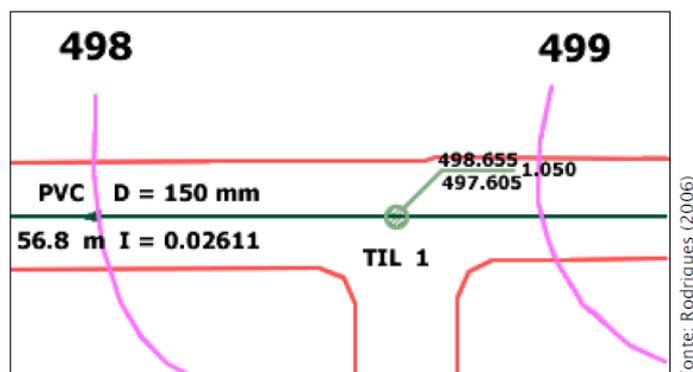


Figura 5. Representação de um TIL em uma planta de cálculo ou execução.



Terminal de limpeza (TL)

É um dispositivo que permite a introdução de equipamentos de limpeza através da cabeceira do coletor. Pode ser utilizado em substituição ao PV no início dos coletores. As figuras 8 e 9 ilustram o TL em corte e em planta de cálculo ou execução, respectivamente.

Figura 6. Terminal de limpeza (planta).

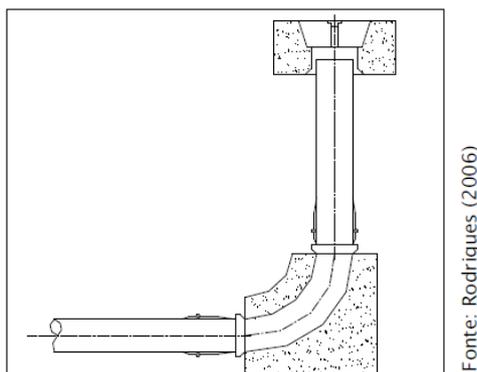
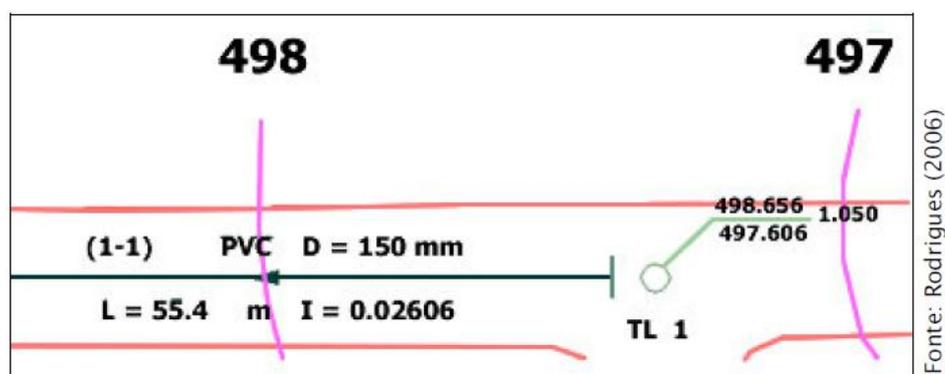


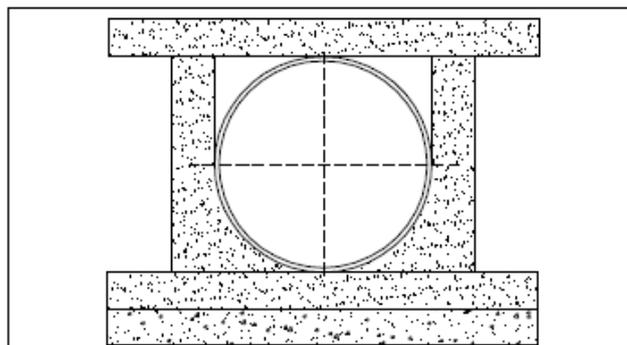
Figura 7. Representação de um TL em uma planta de cálculo ou execução.



Caixa de Passagem (CP)

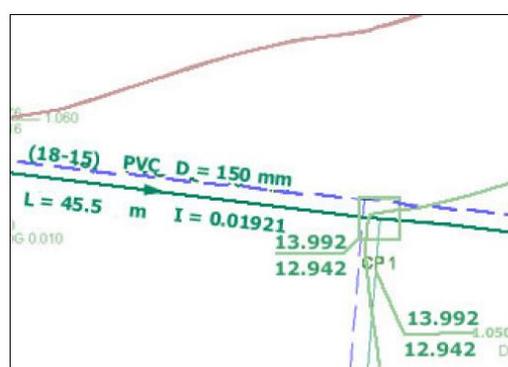
A definição da CP, segundo ABNT (1986), é de uma câmara subterrânea sem acesso, localizada em pontos singulares da rede coletora por necessidade construtiva (mudanças de direção, declividade, diâmetro ou material), que permite a passagem de equipamento para limpeza do trecho a jusante. As figuras 10 e 11 ilustram a caixa de passagem em corte e em planta de cálculo ou execução, respectivamente.

Figura 8. Caixa de passagem (corte).



Fonte: Rodrigues (2006)

Figura 9. Representação de uma CP em uma planta de cálculo ou execução.



Fonte: Rodrigues (2006)

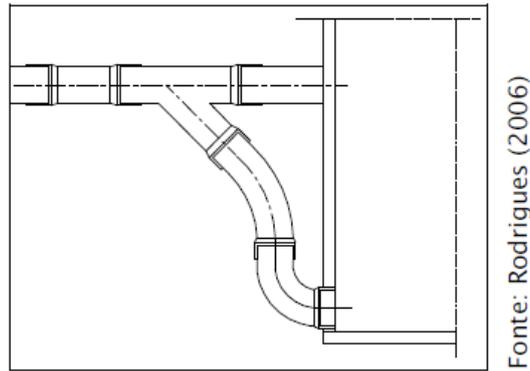
Tubo de queda (TQ)

É uma tubulação instalada na extremidade de jusante de um coletor, que se interliga um coletor afluyente em cota mais alta ao fundo de um PV.

Esse dispositivo deve ser instalado somente quando a diferença entre cota de chegada do coletor e a cota de fundo do PV for maior ou igual a 0,50m (ou outro valor estipulado em projeto), com o objetivo de evitar a ocorrência de respingos que prejudiquem os trabalhos de manutenção no poço (ABNT, 1986). Sem o tubo de queda, os esgotos cairiam a uma altura que, paulatinamente, iria erodir o fundo do PV.

Não é recomendado o uso de tubos de quedas em TIL. A Figura 12 ilustra um tubo de queda em corte.

Figura 10. Tubo de queda (corte).



Degrau (DG)

O conceito de degrau é confuso na literatura brasileira. Alguns autores não definem o degrau, citando apenas que o mesmo é executado se na chegada do coletor no PV a diferença de cota for inferior a 0,60m, ou seja, a execução de um degrau significaria lançar seus esgotos diretamente no PV. Citam estes autores, ainda, que se pode aprofundar o coletor e eliminar o degrau, caso os desníveis sejam maiores ou iguais 0,20m.

Após várias pesquisas, constatou-se uma similaridade nos termos “degrau” e “rebaixo”, visto que a real função destes termos é realizar um rebaixamento no fundo do PV, até que se coincida o nível de água máxima do coletor afluyente de cota inferior, com o nível de água máxima do coletor efluente. O conflito de definições se dá porque o termo degrau também é empregado para a dissipação de energia em interceptores.

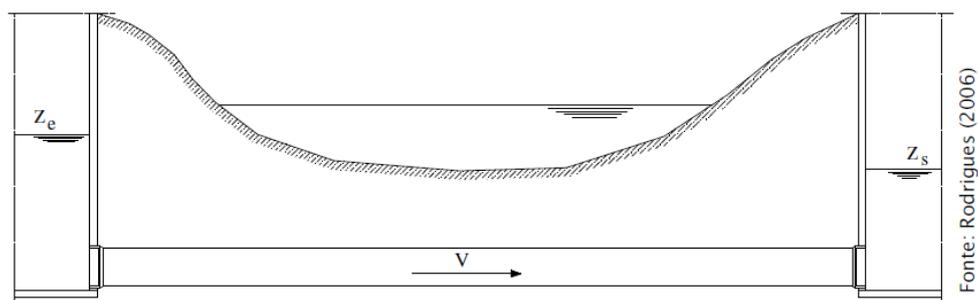
Sifão invertido (SI)

Segundo Nuvolari (2003), trata-se de um trecho rebaixado de coletor com escoamento sob pressão que interrompe o curso do escoamento livre do esgoto e também o fluxo da mistura de ar e gases que ocorre na lâmina livre do tubo.

Sua finalidade é transpor obstáculos como galerias de águas pluviais, cabos elétricos ou de comunicações, adutoras, linhas férreas, depressões do terreno ou cursos d'água.

O sifão invertido apresenta perfil similar a um "U" interligando duas câmaras por uma tubulação subterrânea que funciona como conduto forçado, conforme mostra a Figura 13. Isso é devido ao nível da câmara de entrada ser superior ao da câmara de saída, fazendo com que a tubulação esteja completamente preenchida e funcione com pressão superior à atmosférica.

Figura 11. Sifão invertido (corte).



2.2.2. Traçado da rede

Em projetos de redes de esgoto sanitário, o modo como deve se comportar o plano de escoamento é definido pela topografia. A rede depende do caimento do terreno, ou seja, o fluxo parte de pontos de cota maior para os de cota menor, fazendo com que o escoamento seja sempre gravitatório.

A delimitação das bacias e/ou sub-bacias deve atender o requisito citado acima. A rede deve, sempre que possível, ser traçada conforme as condições do terreno. Mas, nem sempre alguns trechos são possíveis de serem projetados seguindo esta condição, cabendo ao projetista verificar a viabilidade de se esgotar certos trechos sem que as profundidades ultrapassem a máxima estabelecida.

Nas concepções dos sistemas de esgotamento sanitário, deve-se atentar para um correto plano de escoamento, verificando se algumas características estão sendo atendidas, tais como:

- Verificação das profundidades mínimas e máximas de acordo com o termo de referência do projeto;
- Nível de atendimento ao maior número de residências possível;
- Verificar se os diâmetros dos trechos condizem com o diâmetro mínimo ou máximo do material, ou seja, se não ultrapassou o limite da gama de diâmetros disponível pelos fabricantes;
- Não apresentar trechos em aclave;
- Verificar se as vazões estão corretas, comparando-se as do trecho final da rede com as estipuladas no início do projeto.

Os tipos de traçados da rede são ilustrados nas Figuras 14, 15 e 16, podendo ser divididos em:

- Perpendicular: ocorre geralmente em cidades circundadas por corpos hídricos, onde se procura traçar os coletores tronco de forma independente e perpendicular aos cursos d'água;
- Leque: quando a topografia apresenta várias irregularidades, com o traçado viário de grandes declives, deparando em várias bacias de esgotamento dentro uma bacia;
- Distrital ou radial: quando a topografia apresenta baixas declividades, ou seja, para localidades planas. Divide-se a localidade em vários setores independentes, criando-se em cada setor pontos baixos onde são encaminhados os esgotos. Destes pontos baixos, o esgoto é recalcado para uma bacia vizinha ou diretamente para o destino final. Esse tipo de rede é bastante comum em cidades litorâneas.

Figura 12. Traçado da rede tipo perpendicular.

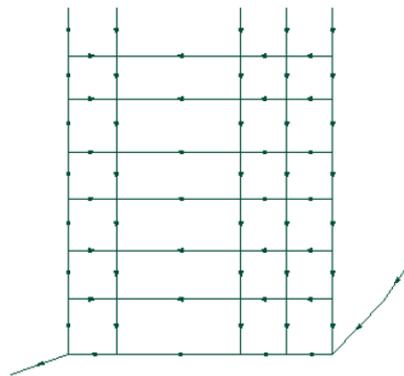


Figura 13. Traçados de rede do tipo em leque.

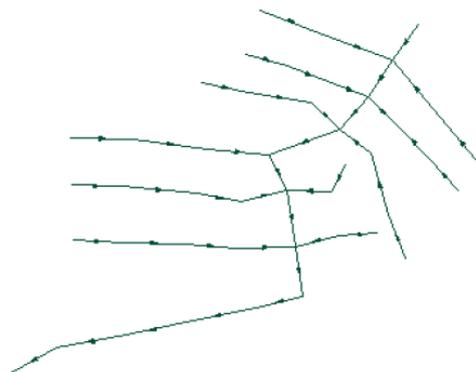
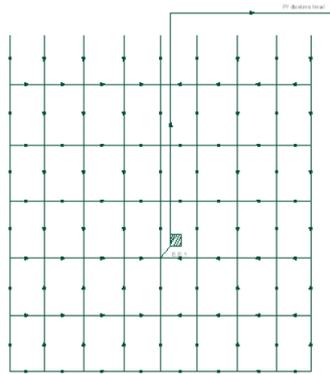


Figura 14. Traçados de rede do tipo distrital ou radial.



A orientação do escoamento dos esgotos se dá por meio de canaletas situadas no fundo dos órgãos acessórios (com exceção dos TILs pré-fabricados em PVC).

Todo trecho de cabeceira deve ter como singularidade de montante um poço de visita ou um terminal de limpeza, sendo projetado como ponta seca, ou seja, não recebendo contribuições de vazão a montante. O traçado de uma rede pode acarretar em algumas possibilidades distintas de esgotamento, sendo a topografia o fator de maior preponderância para o plano de escoamento.

A Figura 17 apresenta a orientação do fluxo dos esgotos nos órgãos acessórios, enquanto a Figura 18 ilustra traçados da rede de acordo com a orientação do fluxo. Esta orientação deve seguir algumas recomendações em relação aos órgãos acessórios, como não haver mais de quatro tubos de chegada ou de saída e, evidentemente, não haver tubos de chegada sem um de saída.

Figura 15. Orientação do fluxo dos esgotos nos órgãos acessórios.

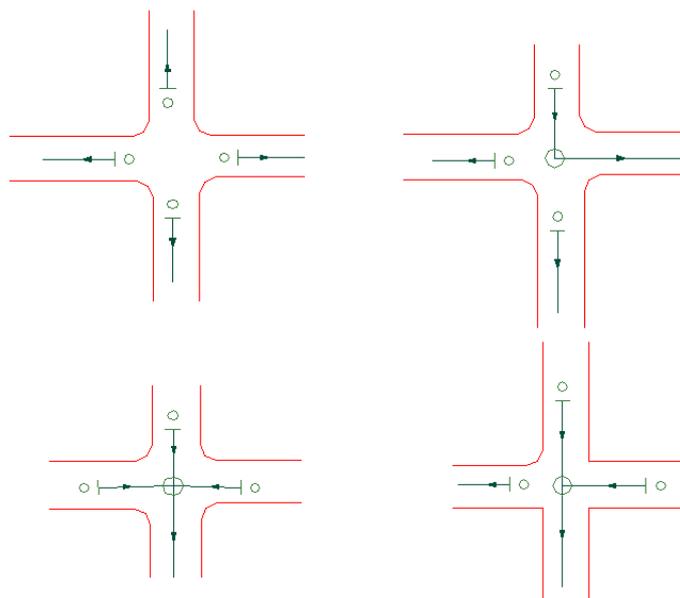
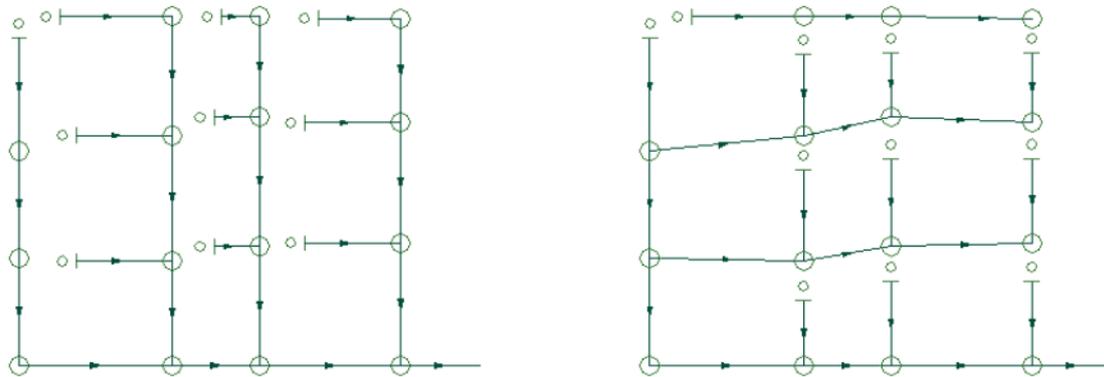


Figura 16. Traçados da rede de acordo com a orientação do fluxo.



As redes de esgoto podem ser divididas em simples e dupla, sendo que cada uma tem suas características divergentes e dependem de alguns fatores. As duplas são duas tubulações dispostas em uma mesma rua. Geralmente, considera-se que uma única tubulação atende aos dois lados da rua, no entanto, em algumas situações, as redes duplas devem ser consideradas em virtude de apresentarem menor custo nas ligações prediais e em tornarem a manutenção mais fácil. Dentre as situações pode-se citar:

- Vias com tráfego intenso (exceção para pequenas localidades);
- Vias com largura entre alinhamentos superior a 14m;
- Caso o diâmetro da tubulação ultrapasse 400mm são utilizados tubos de concreto, os quais não recebem ligações prediais;
- Quando a profundidade do coletor for maior que 4m, o que inviabiliza a implantação de ligações prediais;
- Vias com interferências que impossibilitem a execução do coletor ou das ligações prediais.

Os coletores das redes simples, em relação à contribuição de vazões, podem ser divididos em bilateral, unilateral ou sem contribuição, a saber:

- Bilateral: recebem contribuições de vazões dos dois lados da via;
- Unilateral: recebem contribuições de vazões de apenas um dos lados da via;
- Sem contribuição: o coletor não recebe contribuições de ligações prediais ao longo de sua extensão.

As profundidades máximas e mínimas são importantes fatores para o traçado de uma rede. Devem ser estabelecidas na fase de concepção do projeto, após análise criteriosa do subsolo, com os planos de sondagem. Com esse estudo pode-se ter conhecimento da presença de rochas, solos de baixa resistência, nível do lençol freático, etc. Após análise de custos em relação ao capital disponível, as bacias que não são passíveis de esgotamento devem ter seus planos de sondagem abortados com o objetivo de reduzir custos.

A profundidade mínima é limitada pela NBR 9649/1986 (ABNT, 1986) como sendo o recobrimento mínimo adotado somado com o diâmetro da tubulação utilizada no trecho. O recobrimento pode ser 0,65m para coletores assentados no passeio e 0,90m quando o conduto é assentado no leito do tráfego. Esses limites garantem a proteção da tubulação contra as cargas externas na superfície do terreno.

A profundidade máxima deve ser limitada pelo estudo do solo. Geralmente, situa-se entre 3,0 e 4,0m. Profundidades maiores devem ser justificadas técnica e economicamente.

Segundo ABNT (1986), a rede coletora não deve ser aprofundada para atendimento de economia com cota de soleira abaixo do nível da rua. Nos casos de atendimento considerado necessário, devem ser feitas análises de conveniência do aprofundamento, considerados seus efeitos nos trechos subseqüentes e comparando-se com outras soluções.

2.2.2.1. Traçado recomendado de uma rede

O traçado considerado “ideal” da rede é preponderante para um menor custo em projetos de redes de esgoto sanitário. A experiência do projetista aliado a ferramentas computacionais pode contribuir para o cumprimento dos objetivos do projeto.

No lançamento das tubulações e órgãos acessórios da rede, Crespo (1997) enfatiza que todos os usuários devem ser atendidos por um coletor de rua, mas nenhum usuário deve ser atendido por mais de um coletor.

A instalação de terminais de limpeza em substituição aos poços de visita em trechos de cabeceira ou pontos onde se poderiam encontrar três ou quatro tubos são exemplos de um plano de escoamento bem elaborado. Este exemplo pode ser ilustrado com maior clareza na Figura 19. A maneira não correta é exemplificada na Figura 20:

Figura 17. Traçado recomendável de uma rede.

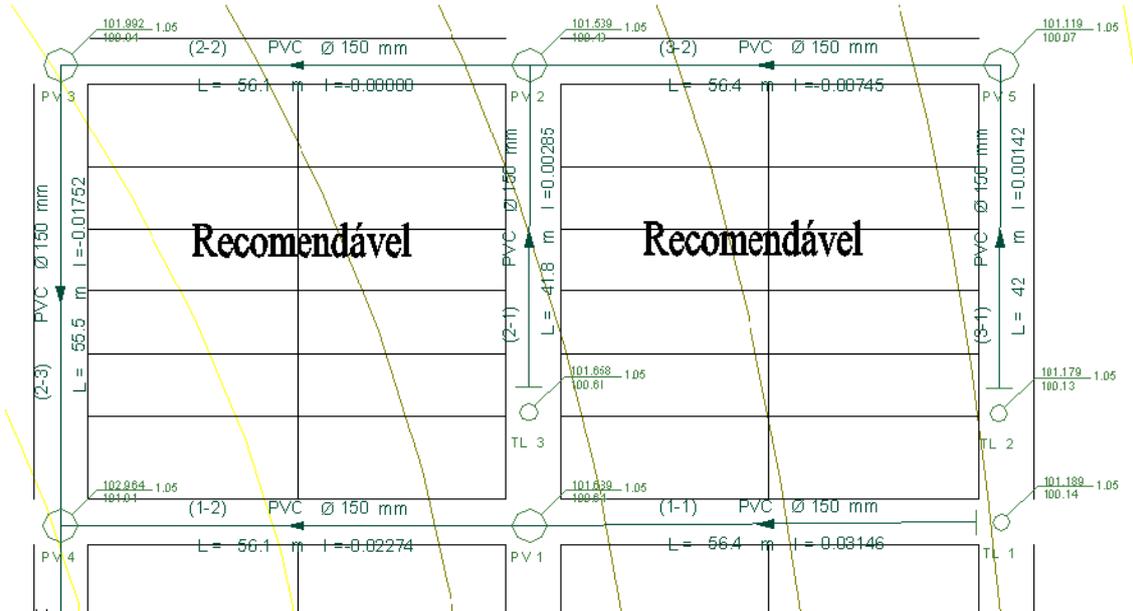
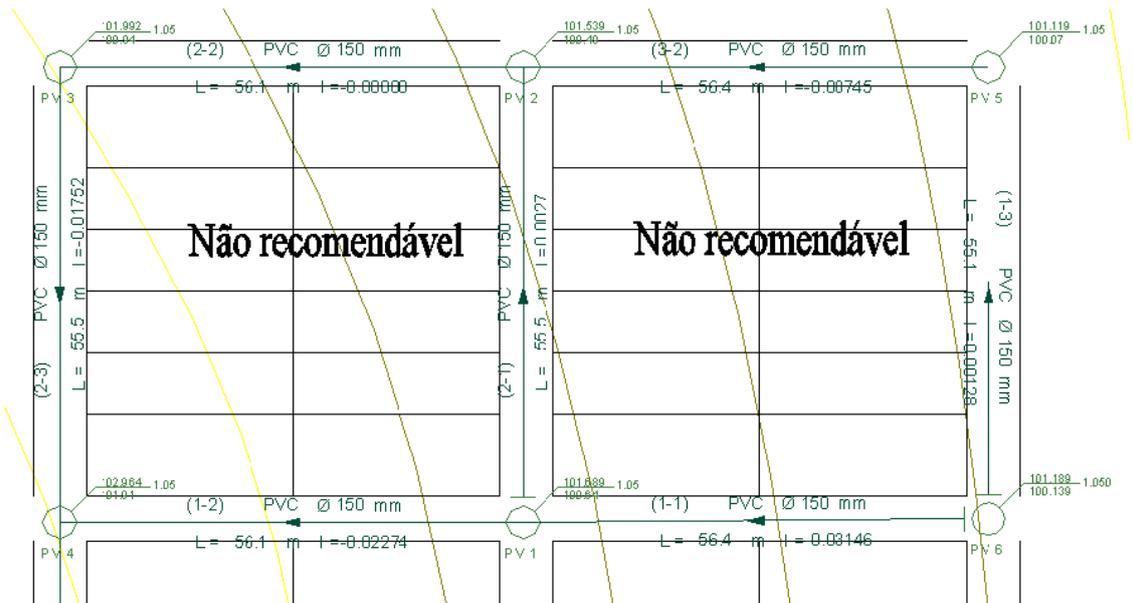


Figura 18. Traçado não recomendável de uma rede.



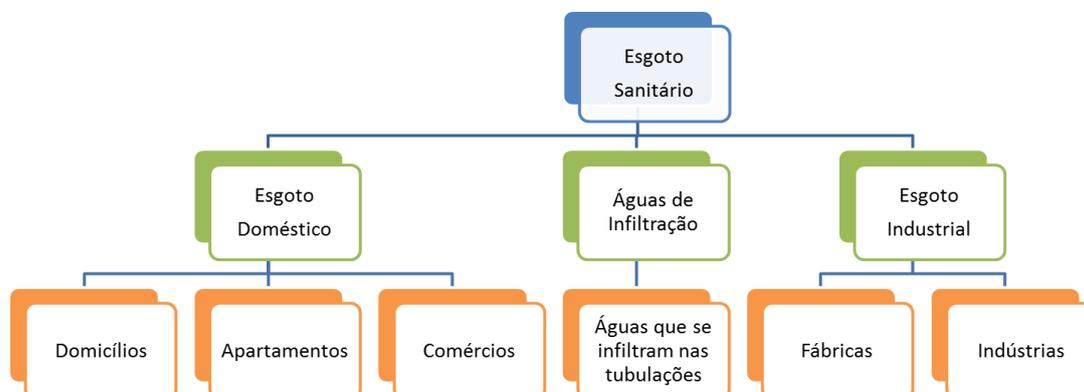
2.3. VAZÕES DE PROJETO

Conforme citado no capítulo Sistema coletivo do tipo separador absoluto para o esgotamento sanitário, o Brasil adota como padrão de sistemas públicos de esgotamento sanitário o separador absoluto. A rede coletora pode receber o esgoto doméstico (os resíduos líquidos produzidos nos domicílios, apartamentos, comércio, etc.), águas de infiltração (águas que se infiltram nas tubulações e que são previstas nos cálculos das

vazões) e esgotos industriais (resultantes de fábricas, indústrias, etc). O conjunto destes resíduos líquidos é denominado de esgoto sanitário.

A Figura 21 apresenta um esquema para fixação do termo esgoto sanitário.

Figura 19. Esquema do termo esgoto sanitário.



Coeficientes de projeto

A contribuição do esgoto sanitário depende de alguns fatores, os quais são mencionados a seguir:

- Coeficientes de variação de vazão (K1, K2 e K3);
- Coeficiente de retorno (relação entre a água que é servida e o que retorna como esgoto);
- População da área a ser esgotada;
- Contribuição per capita;
- Resíduos líquidos industriais.

População da área a ser esgotada

O estudo da projeção populacional de municípios e distritos é um ponto bastante importante em projetos de sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário. Deve-se atentar para a qualidade das informações cedidas por órgãos competentes ou pela própria população local.

Para Leme (1982), as estimativas baseiam-se, primeiramente, na extensão de tendências existentes, não considerando determinados fatores que interferem quantitativamente, como os decorrentes de migrações originadas por fatores socioeconômicos. A falta de sistema de abastecimento de água e/ou condições precárias de coleta pública de esgotos

pode acelerar um processo de migração de uma localidade para outra que possua tais sistemas.

Um estudo sobre a área deve ser realizado, para que se evitem erros na projeção populacional.

As áreas em expansão demográfica devem ser consideradas, evitando que o sistema se torne obsoleto antes de alcançar seu horizonte de projeto. Geralmente este horizonte está em torno de 20 anos, pois quanto mais longo, mais propenso a erros fica a projeção. É importante que se faça a projeção tendo como base o estudo de uso e ocupação do solo, de modo a não extrapolar a população de projeto com áreas que não poderão ser ocupadas no futuro. No caso de distritos, faz-se necessário a análise da participação de cada um deles em relação ao município.

Para a estimativa populacional, é de suma importância que se estudem os últimos censos realizados, observando-se o número de pessoas por domicílio e os índices de população rural e urbana. Deve-se verificar o levantamento e mapeamento da área de projeto, com sua população residente e número de domicílios, bem como levantamentos atuais dos números de ligações e níveis de atendimento de energia elétrica e de água e de planos e projetos futuros para o município (industriais, habitacionais, transportes como novas rodovias, aeroportos, ciclovias etc.).

Caso exista, deve-se analisar o Plano Diretor do Município em relação às suas diretrizes futuras. É importante uma análise socioeconômica da localidade na região em que está localizada, isto se deve ao fato de quando não houver dados suficientes no município em questão deverá ser utilizados dados de municípios que tenham características semelhantes.

A projeção populacional deve ser calculada utilizando-se da expressão matemática que mais se aproxima dos dados históricos coletados. Ultimamente, o emprego dos computadores tem ajudado bastante no processo de estimativa da população em projetos de engenharia no que concerne ao tempo gasto para a realização destes estudos.

Outro ponto a se destacar é a população flutuante. Esse é o tipo de população que se estabelece nas localidades por curtos períodos de tempo. Como exemplo pode-se citar cidades turísticas, as quais recebem várias pessoas por temporada, principalmente nos períodos de alta estação. Devem ser considerados para a população flutuante, também, locais que recebem turistas em feriados mais prolongados. Uma das formas de avaliação pode ser realizada através da análise dos dados nos Censos Demográficos quanto ao número de domicílios fechados ou vagos, ou seja, aqueles de uso ocasional.

Os métodos apresentados a seguir são os mais utilizados nos projetos para estimativa do crescimento populacional:

- Método aritmético: neste método considera-se o crescimento linear. Logo, obtêm-se os valores das populações, P_0 e P_1 , correspondentes a duas datas anteriores, t_0 e t_1 , referentes a dois censos, e calcula-se a razão ou taxa de crescimento aritmético nesse período:

$$a = \frac{P_1 - P_0}{t_1 - t_0}$$

Resultando na previsão da população P , correspondente à data futura t :

$$P = P_1 + a(t - t_1)$$

Para a previsão em períodos muito longos, torna-se acentuada a discrepância com a realidade, uma vez que o crescimento é pressuposto ilimitado.

- Método geométrico: neste método considera-se o crescimento rápido em virtude de a população ser pequena em relação aos recursos regionais. Logo, calcula-se a razão ou taxa de crescimento geométrico para um período conhecido $t_0 - t_1$ pela seguinte fórmula:

$$g = {}^{t_1-t_0}\sqrt{P_1/P_0}$$

Resultando na previsão da população P , correspondente à data futura t :

$$P = P_1 \cdot g^{t-t_1}$$

Ou, na forma logarítmica:

$$\ln P = \ln P_1 + g(t - t_1)$$

Assim, considera-se que o logaritmo da população varia linearmente com o tempo. Portanto, de forma similar ao método aritmético, o crescimento é pressuposto ilimitado. Esse método é normalmente utilizado para o estudo de crescimento populacional em comunidades inferiores a 50.000 habitantes e para períodos de tempo inferiores a 30 anos.

- Método da curva logística: Alem Sobrinho e Tsutiya (2000) consideram que neste método o crescimento da população obedece a uma relação matemática do tipo curva logística, na qual a população cresce assintoticamente em função do tempo para um valor limite de saturação (PS). Logo, a equação logística é expressa da seguinte forma:

$$P = \frac{P_s}{1 + e^{a-bt}}$$

Onde “a” e “b” são parâmetros e “e” a base neperiana. O parâmetro “a” é um valor tal que, para $t = \frac{a}{b}$, há uma inflexão na curva.

O parâmetro “b” é a razão de crescimento da população. Esses parâmetros são determinados a partir de três pontos conhecidos da curva $P_0(t_0)$, $P_1(t_1)$ e $P_2(t_2)$ igualmente espaçados no tempo, isto é, $\Delta t = t_1 - t_0 = t_2 - t_1$. Os pontos devem ser tais que $P_0 < P_1 < P_2$ e $P_0 \times P_2 < P_1^2$.

Os parâmetros da equação da curva logística são definidos através das seguintes expressões:

$$P_s = \frac{2P_0 \cdot P_1 \cdot P_2 - (P_1)^2 \cdot (P_0 + P_2)}{P_0 \cdot P_2 - (P_1)^2}$$

$$a = \ln \frac{P_s - P_0}{P_0}$$

$$b = \frac{1}{\Delta t} \ln \frac{P_0(P_s - P_1)}{P_1(P_s - P_0)}$$

A curva logística apresenta três trechos distintos: o primeiro correspondente a um crescimento acelerado, o segundo a um crescimento retardado e o último a um crescimento que tende à estabilização. Esse método é normalmente aplicado a cidades maiores, com limitações de áreas para expansão territorial e próximas das suas densidades de saturação.

Contribuição per capita de esgotos

A contribuição de esgotos é normalmente calculada a partir do consumo per capita empregado para os projetos de sistemas de abastecimento de água. No entanto, para o dimensionamento do sistema de esgotamento sanitário deve ser utilizado o consumo per capita efetivo, aquele registrado na micromedição da rede de distribuição de água descartando-se, portanto, as perdas do sistema de abastecimento. Parte desse volume efetivo não chega aos coletores de esgoto, pois conforme a natureza de consumo perde-se por evaporação, infiltração ou escoamento superficial – por exemplo, lavagem de roupas, regas de jardins, lavagem de pisos ou de veículos. Logo, a contribuição per capita de esgoto é o consumo de água efetivo multiplicado pelo coeficiente de retorno. Portanto, se o consumo per capita de um sistema de distribuição de água for de 200 L/hab.dia e o coeficiente de retorno for de 80% (habitualmente utilizado), então o

consumo efetivo para o sistema de esgotos é de 160 L/hab.dia, valor este que deve ser utilizado nos cálculos das vazões.

A contribuição per capita de esgoto doméstico é diretamente proporcional a vários fatores como: temperatura local, condições socioeconômicas e culturais da área atendida, condições das instalações do sistema de abastecimento de água (regularidade da distribuição, micromedidores, por exemplo), aos hábitos higiênicos da comunidade, existência de indústrias etc.

Por outro lado, essa contribuição é inversamente proporcional ao custo tarifário de água, o que pode ser notado em um grande número de municípios, principalmente em áreas mais carentes, onde a população não faz a ligação com a rede coletora de esgotos devido à taxa de esgoto cobrada pelas concessionárias; tarifa que muitas vezes é o dobro do consumo de água.

No Brasil, em condições normais de consumo de água, os valores admitidos para descarga de esgoto eram entre 150 e 200 L/hab.dia. Em áreas onde a população é de baixa renda média e os recursos hídricos são limitados, como em pequenas localidades do interior nordestino, a contribuição per capita de esgoto pode atingir valores inferiores a 80 L/hab.dia. Os meses do ano também têm grande influência na definição deste coeficiente. Nos meses quentes o consumo de água é mais elevado, conseqüentemente o volume de esgoto produzido também é maior, acontecendo o inverso nos meses mais frios.

Em situações contrárias, onde o sistema de abastecimento garante quantidade e qualidade de água potável continuamente, essa contribuição pode ultrapassar 200 L/hab.dia. É importante que se averiguem as taxas empregadas nos projetos de sistemas de abastecimento de água e as utilizem como explanado anteriormente para os sistemas de esgotos.

Com o advento de campanhas publicitárias educativas por parte das concessionárias de água e esgoto, que estimulam a racionalização do uso da água e reforçam os custos envolvidos para o consumidor no pagamento das contas de água e esgoto, a tendência é uma diminuição dos consumos per capita.

As altas contribuições de carga orgânica devem ser consideradas em projetos de sistemas de esgotamento sanitário para pequenos distritos e localidades do Nordeste. Estas são geradas em virtude das baixas contribuições per capita de esgoto doméstico.

Coefficientes de variação de vazão

Dispondo de dados como população, coeficiente de retorno e contribuição per capita de esgotos, pode-se calcular a vazão média de esgoto doméstico. Entretanto, essa vazão varia com as horas do dia, com os dias, meses e estações do ano. A vazão também é dependente dos hábitos dos consumidores como a jornada de trabalho da maioria das pessoas, o que ocasiona picos de utilização de água (e geração de esgotos) no começo da manhã e nas primeiras horas da noite.

Para projetos de sistemas de esgotamento sanitário, utilizam-se os mesmos coeficientes de variação dos sistemas de abastecimento de água. As variações mais relevantes são as horárias e diárias, sendo que:

- Coeficiente de máxima vazão diária (K_1): é a relação entre a maior demanda diária verificada em um ano e a vazão média deste mesmo ano;
- Coeficiente de máxima vazão horária (K_2): é a relação entre a maior demanda horária observada em um dia e a vazão média horária do mesmo dia;
- Coeficiente de mínima variação horária (K_3): é a relação entre a vazão mínima demanda horária ocorrida em um ano e a vazão média anual.

Na falta de valores obtidos através de medições ou devido à carência de dados sobre vazões de esgotos nos municípios localizados no interior dos estados brasileiros, ABNT (1986) recomenda o uso de $K_1 = 1,2$, $K_2 = 1,5$ e $K_3 = 0,5$. Esses valores são admitidos constantes ao longo do tempo, qualquer que seja a população existente na área.

Coefficiente de retorno

A relação entre o volume de esgotos recebido na rede coletora e o volume de água efetivamente fornecido à população é denominada coeficiente de retorno. Parte da água fornecida pelo sistema público de abastecimento de água não é transformada em vazão de esgotos (água utilizada para regar jardins e parques, lavagem de calçadas e automóveis), mas, por outro lado, outra parcela inferior de vazões chega à rede coletora por meio de outras fontes de abastecimento (água da chuva acumulada em cisternas e de poços particulares, por exemplo).

Este coeficiente de retorno esgoto/água normalmente situa-se na faixa de 0,5 a 0,9. Vale ressaltar que a NBR 9649/1986 da ABNT recomenda o valor de 0,8 na falta de valores

obtidos em campo. Esse valor é normalmente adotado nos projetos de sistemas de esgotamento sanitário para municípios, distritos e localidades do país.

Águas de infiltração

A vazão que é transportada pelas tubulações de esgoto não tem sua origem somente nos pontos onde houver consumo de água. Existem contribuições indevidas nas redes de esgoto, genericamente designadas como infiltrações, que podem ser originárias do subsolo ou do encaminhamento acidental ou clandestino de águas pluviais.

As águas de infiltração penetram nos sistemas de coleta de esgotos oriundas das juntas e paredes das tubulações, dos poços de visita, das estações elevatórias, dos tubos de inspeção e limpeza, terminais de limpeza e demais acessórios da rede. Assim, para coletores novos situados acima do lençol freático, a infiltração deve ser mínima ou mesmo nula. Além disso, a qualidade dos materiais e acessórios utilizados, bem como o nível de estanqueidade com que as juntas são executadas, são fatores que podem reduzir significativamente as vazões de infiltração. Isso pode ser verificado com os novos tubos de PVC com junta elástica integrada (JEI), que dispensam a instalação dos anéis de vedação.

Na falta de dados ou argumentos precisos, ABNT (1986) recomenda a adoção de taxas de contribuição de infiltração de 0,05 a 1,0 L/s.km, sob justificativas. Araujo (2003) cita que as juntas de tubulações de mau tipo ou de má execução são falhas responsáveis por infiltrações consideráveis.

No Brasil, normalmente, adota-se uma taxa de infiltração de 0,1 L/s.Km. Para comunidades situadas no sertão nordestino, é comum adotar-se 0,05 L/s.Km devido à escassez de chuvas na maior parte do ano, à existência de lençóis freáticos com níveis baixos e à prática comum de utilização de tubos de PVC que, conforme citado anteriormente, apresentam juntas bastante estanques.

Resíduos líquidos industriais

Os resíduos líquidos ou esgotos industriais são geralmente despejados pontualmente na rede coletora pública. Esses esgotos, também chamados de vazões concentradas ou singulares, são provenientes de outras bacias, grandes centros comerciais, hospitais, clubes ou estabelecimentos industriais. Assim, dependendo da natureza desses esgotos há necessidade de se realizar um pré-tratamento.

Para serem lançados diretamente no coletor público é recomendado que os esgotos obedeam às seguintes condições:

- Não apresentem temperatura superior a 45°C;
- Que não sejam abrasivos a ponto de atingir as tubulações, afetando a resistência ou durabilidade das mesmas;
- Que interfiram em qualquer tratamento;
- Não obstruam nem danifiquem tubulações, equipamentos ou acessórios;
- Não serem nocivos à saúde nem prejudiciais à segurança dos trabalhos na rede coletora;
- Não lancem vazões superiores a permitidas por norma específica.

Em casos de lançamentos pontuais de indústrias ou fábricas, um estudo sobre o valor real da vazão coletada pela rede deve ser realizado por órgãos competentes, pois, de acordo com a legislação em vigor no país, a vazão máxima não deverá ser maior que 1,5 vezes a média diária.

2.3.1. Cálculo das vazões dos esgotos

A vazão máxima de final de plano, ou seja, a vazão para o alcance final do projeto é utilizada no dimensionamento das redes coletoras de esgotos para definir a capacidade que o coletor deve atender. A vazão máxima horária de início de plano (em um dia qualquer) é utilizada para a verificação das condições de autolimpeza do coletor, que deve ocorrer pelo menos uma vez ao dia.

A última norma da ABNT relacionada a redes coletoras de esgotos, a NBR 9649/1986, recomenda que em qualquer trecho da rede coletora, o menor valor da vazão a ser utilizado nos cálculos é de 1,5 L/s.

As vazões nas redes coletoras podem ser determinadas através dos seguintes critérios:

a) Método dos Coeficientes de Variação de Vazão: deve ser aplicado quando não existirem medições de vazão utilizáveis no projeto. Logo, para o dimensionamento da rede coletora de esgotos devem ser consideradas as seguintes vazões:

Para início de plano: inclui somente K_2 porque se refere especificamente à hora de maior contribuição e não ao dia de maior contribuição.

$$Q_i = K_2 \bar{Q}_{d,i} + Q_{inf,i} + \sum Q_{c,i}$$

Para fim de plano: inclui K1 e K2 porque se refere ao dia e à hora de maior contribuição.

$$Q_f = K_1 K_2 \bar{Q}_{d,f} + Q_{inf,f} + \sum Q_{c,f}$$

Segundo Alem Sobrinho e Tsutiya (2000), as vazões médias, inicial e final, de esgoto doméstico ($\bar{Q}_{d,i}$) e ($\bar{Q}_{d,f}$) podem ser calculadas pelas seguintes expressões:

$$\bar{Q}_{d,i} = \frac{C P_i Q_i}{86400}$$

$$\bar{Q}_{d,i} = \frac{C a_i d_i q_i}{86400}$$

$$\bar{Q}_{d,f} = \frac{C P_f Q_f}{86400}$$

$$\bar{Q}_{d,f} = \frac{C a_f d_f q_f}{86400}$$

Onde:

C → coeficiente de retorno

P_i → população de início de plano, em hab.

P_f → população de fim de plano, em hab.

a_i → área esgotada de início de plano, em ha.

a_f → área esgotada de fim de plano, em ha.

d_i → densidade demográfica de início de plano, em hab/ha.

d_f → densidade demográfica de fim de plano, em hab/ha.

q_i → consumo de água efetivo per capita de início de plano, em L/hab.dia.

q_f → consumo de água efetivo per capita de fim de plano, em L/hab.dia

As vazões de infiltração inicial e final são calculadas em função do comprimento da rede coletora em cada etapa de projeto.

b) Método dos Hidrogramas: para Alem Sobrinho e Tsutiya (2000) este método deve ser aplicado quando existirem medições de vazão utilizáveis no projeto. Logo, para dimensionamento da rede coletora de esgotos devem ser consideradas as seguintes vazões:

Para início de plano: $Q_i = Q_{i,max} + \sum Q_{c,i}$

Para final de plano: $Q_f = Q_{f,max} + \sum Q_{c,f}$

Onde, $Q_{i,max}$ e $Q_{f,max}$ são as vazões máximas inicial e final do hidrograma calculado, composto com ordenadas proporcionais às de um hidrograma medido (modelo).

Essas vazões correspondem, respectivamente, ao somatório das vazões domésticas e de infiltração iniciais e finais. Logo, podem ser calculadas da seguinte forma:

$$Q_{i,max} = q_{max} \frac{P_i}{P_m}$$

$$Q_{f,max} = q_{max} \frac{P_f}{P_m}$$

Onde:

q_{max} → vazão máxima do hidrograma medido, em L/s.

P_m → população da cidade cujo hidrograma foi medido (hidrograma modelo), em hab.

Cálculo das vazões dos coletores

Após o cálculo das vazões totais de início e final de plano, podem ser calculadas as respectivas taxas de contribuição inicial e final (linear ou por unidade de área) para o posterior cálculo das redes coletoras.

- Taxa de contribuição linear (Tx) refere-se à unidade de comprimento da rede coletora:

Para início de plano:

$$T_{x,i} = \frac{K_2 \cdot \bar{Q}_{d,i}}{L_i} + T_{inf}$$

Para final de plano:

$$T_{x,f} = \frac{K_1 K_2 \cdot \bar{Q}_{d,f}}{L_f} + T_{inf}$$

Onde:

L_i → comprimento total da rede coletora de início de plano, em m ou Km;

L_f → comprimento total da rede coletora de fim de plano, em m ou Km;

T_{inf} → taxa de contribuição de infiltração, em L/s.m ou L/s.km.

- Taxa de contribuição por unidade de área (Ta) – refere-se à unidade de área do projeto:

Para início de plano:

$$T_{a,i} = \frac{K_2 \cdot \bar{Q}_{d,i}}{a_i} + T_{inf,a}$$

Para final de plano:

$$T_{a,f} = \frac{K_1 K_2 \cdot \bar{Q}_{d,f}}{a_f} + T_{inf,a}$$

Onde, a_i e a_f são as áreas totais (inicial e final, em hectares) abrangidas pelo projeto, e $T_{inf,a}$ é a taxa de contribuição de infiltração por unidade de área, L/s.m ou L/s.km. Logo, as contribuições de vazão inicial e final de cada coletor são calculadas multiplicando-se o seu comprimento (ou a sua área de abrangência no esgotamento) pelas taxas de contribuição de início e final de plano, respectivamente.

2.4. DIMENSIONAMENTO DE TRECHOS

Vazão Mínima

A Norma NBR 9649 recomenda que, em qualquer coletor da rede, a vazão mínima seja de 1,5 L/s. Desta forma, sempre que a vazão calculada em um trecho de coletor for menor que este valor, deve-se usar 1,5 L/s.

Diâmetro Mínimo

A Norma NBR 9649 admite o diâmetro de 100mm como mínimo, entretanto, para a maioria das Companhias de Saneamento considera-se que o diâmetro mínimo aceitável é de 150 mm.

Declividade Mínima

A declividade mínima a ser adotada para cada trecho de coletor deverá ser tal que assegure uma tensão trativa, no trecho considerado, no mínimo 1 Pa.

Lâmina d'água Máxima

No caso de escoamento subcrítico no trecho do coletor considerado, ou seja, $y > y_c$ ou $V < V_c$, de acordo com a Norma NBR 9649, a máxima lâmina d'água no trecho deve corresponder a 75% do diâmetro, ou seja, $y/D = 0,75$.

No caso de escoamento supercrítico no trecho do coletor considerado, ou seja, $y < y_c$ ou $V > V_c$, de acordo com a norma NBR 9649, a máxima lâmina d'água no trecho deve corresponder a 50% do diâmetro, ou seja, $y/D = 0,5$.

Profundidade Mínima do Coletor

A profundidade mínima de assentamento de um coletor de esgoto deve satisfazer a dois critérios: (1) Garantir a carga hidráulica mínima para que haja escoamento dos domicílios e indústrias ligados a rede; e (2) Proteção contra pressões externas que possam danificar os tubos.

A profundidade mínima deve ser a maior considerando os dois critérios.

No que se refere à proteção contra carregamentos externos, a maioria das Companhias Estaduais de Saneamento recomenda uma profundidade mínima de 1,05 m.

A profundidade mínima do coletor visando atender as cotas das ligações prediais deve ser determinada através da seguinte equação, retirada de Sobrinho e Tsutiya (2000):

$$h_{min} = a + I_p L + h + h_c$$

Onde:

h_{min} = profundidade mínima do coletor (m), a = distância entre geratriz inferior interna do coletor público e a geratriz inferior interna do ramal predial (m);

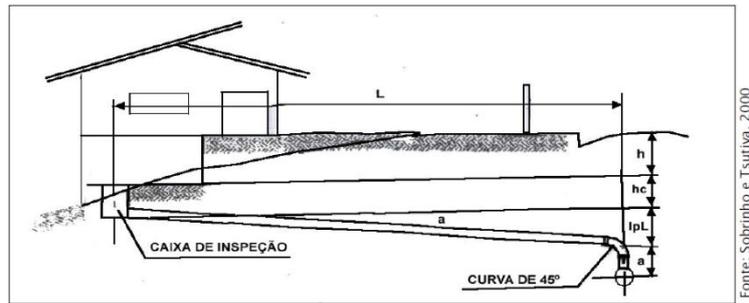
I_p = declividade do ramal predial (m/m);

L = distância entre o coletor público e a caixa de inspeção (m).

h = desnível entre a via pública e o aparelho sanitário de cota mais baixa (m).

h_c = altura da caixa de inspeção (m).

Figura 20. Ramal Predial.



2.5. MODELOS COMPUTACIONAIS PARA PROJETOS DE SISTEMAS DE ESGOTOS

Introdução

De acordo com o que foi visto em Noções de Hidráulica Aplicada ao Esgotamento Sanitário e Dimensionamento de Trechos, o processo de dimensionamento hidráulico de redes coletoras de esgoto sanitário envolve um grande número de procedimentos de cálculo e desenhos, os quais, na maioria das vezes, são simples operações algébricas e repetitivas.

Atualmente, com a vasta disponibilidade de computadores, tais procedimentos podem e devem ser automatizados, pois isso, além de trazer uma grande economia de tempo e esforço, minimiza consideravelmente a quantidade de erros cometidos.

Entre os softwares hoje disponíveis para o traçado e dimensionamento de redes hidráulicas de água e esgoto encontram-se as planilhas eletrônicas, os softwares de desenho (CAD) e os softwares de SIG (Sistemas de Informações Geográficas), ultimamente disponíveis.

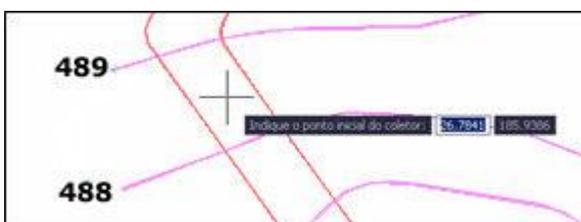
Os primeiros usos de computadores para projeto de redes hidráulicas usavam basicamente planilhas eletrônicas (ainda muito usadas atualmente), nas quais os cálculos hidráulicos eram realizados. Entretanto, ao adotar-se este procedimento, os dados relativos a informações topográficas, geométricas e hidráulicas, tais como: cotas, comprimentos, diâmetros, etc, têm que ser digitadas diretamente nas planilhas.

Como a quantidade desses dados é muito grande para redes reais, o tempo gasto e a probabilidade de se cometer erros de entrada de dados ainda é alta. Esse procedimento envolve basicamente o uso de um programa de CAD para desenho e traçado e uma planilha para cálculos hidráulicos. Além da necessidade de se entrar com os dados acima descritos na planilha, as informações hidráulicas de saída da planilha, uma vez

dimensionada a rede, deverá voltar para o desenho em CAD, ou seja, haverá a necessidade de mais uma entrada de dados, desta vez no desenho, o que gera uma nova fonte de erros de fornecimento de dados.

Atualmente, os softwares de última geração que lidam com redes hidráulicas têm procurado conjugar o cálculo hidráulico de rede com o desenho da mesma, ou seja, à medida que a rede é traçada, os dados são enviados automaticamente para o programa que fará os cálculos hidráulicos. Tal filosofia de trabalho dispensa tanto a ida de dados para o programa de cálculo como a volta dos dados das redes já dimensionadas.

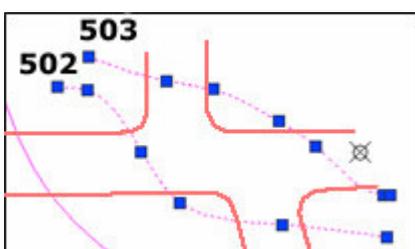
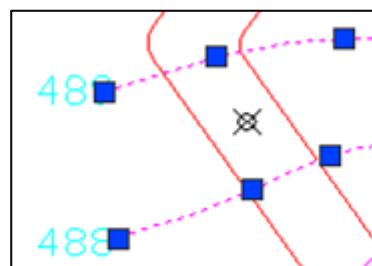
Os programas de última geração para redes hidráulicas permitem, entre outras possibilidades, capturar as cotas das curvas de nível e fazer interpolações ou extrapolações. De maneira geral, esses programas computacionais funcionam da seguinte maneira:



Ao criar um tubo, o programa pede para o operador indicar o ponto. Ao clicar no ponto, o programa calcula a cota do ponto clicado. No exemplo ao lado o

cálculo é feito por meio de interpolação.

De acordo com os pontos de seleção de cada curva de nível, o programa de cálculo de cotas cria linhas entre esses pontos e as interpola utilizando as distâncias entre o ponto e estas linhas. O programa calcula as distâncias nos sentidos horizontal, vertical e nas duas diagonais, fazendo a média ponderada usando as distâncias como peso.



Se o ponto não estiver entre as curvas de nível, mas existirem curvas em pelo menos uma direção, criando as linhas entre as curvas o programa extrapola utilizando as duas curvas mais próximas.

Uma outra possibilidade disponível pelos atuais programas é o traçado dos trechos da rede capturando automaticamente os dados inerentes aos trechos tais como:

- Número de coletor e trecho;
- Material utilizado;
- Diâmetro do tubo;
- Comprimento do tubo;
- Declividade;
- Cota do terreno a montante;
- Cota do terreno a jusante;
- Cota do coletor a montante;

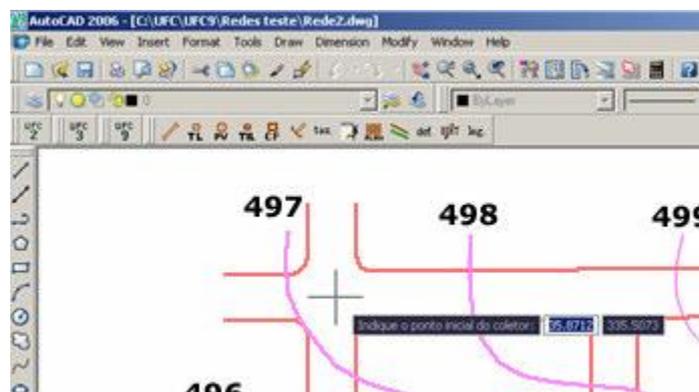
- Cota do coletor a jusante;
- Sentido da declividade;
- Recobrimento;
- Comprimento máximo entre singularidades;
- Vazão inicial;
- Vazão final;
- Singularidade de montante;
- Singularidade de jusante.

Traçado de trechos de coletores

Normalmente os programas funcionam tendo como base dois arquivos distintos: um contendo as curvas de nível e outro contendo o restante das informações, tais como: localização e traçado das ruas, edificações, praças e logradouros, etc. Inicialmente, com o arquivo da topografia já aberto, com curvas de nível e arruamento, deve-se traçar os tubos da rede de esgotos. A seguir será demonstrado, passo a passo, um procedimento típico de traçado automatizado de redes de coleta de Esgoto Sanitário.

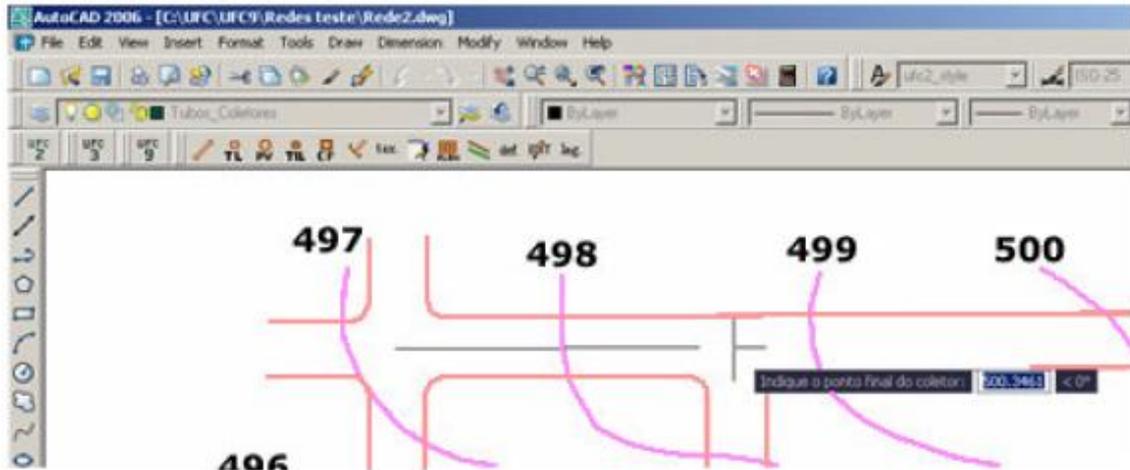
Para tal, deve-se clicar no botão “Tubo da rede”, e clicar no primeiro ponto do primeiro trecho do primeiro coletor.

Figura 21. 1º passo para traçado da rede coletora: clicar no botão tubo de rede e em seguida no primeiro trecho do primeiro coletor.



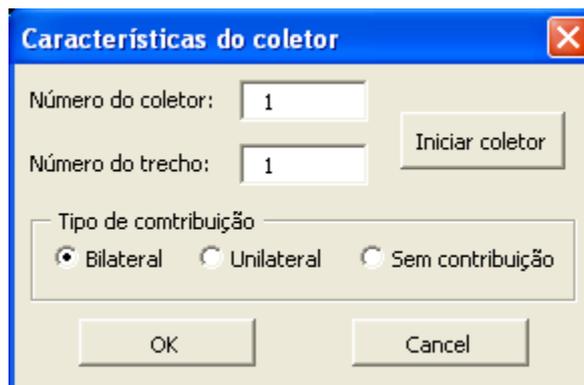
Depois de inserido o primeiro ponto, uma linha é iniciada, mostrando como ficará o tubo depois de inserido no desenho. Com essa linha é feito o pedido para inserir o ponto final do primeiro trecho do tubo, o usuário deve clicar no ponto final do trecho.

Figura 22. 2º passo clicar no ponto final do trecho.



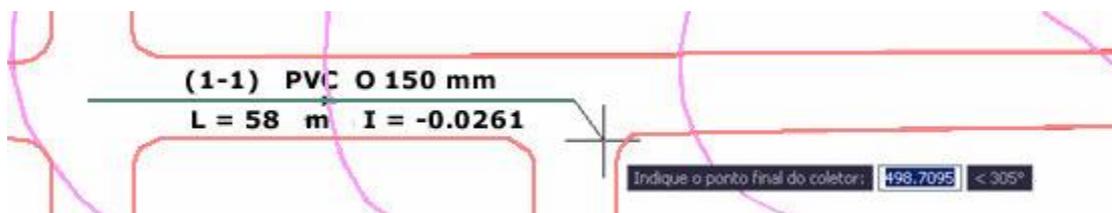
Depois de clicado no ponto final do trecho, aparece a caixa de diálogo pedindo a confirmação ou alteração das informações necessárias para a inserção do tubo.

Figura 23. Caixa de diálogo para confirmação ou alteração das informações para inserção do tubo.



Pode-se, então, inserir o número do coletor e o número do trecho, neste caso, como é o primeiro trecho a ser traçado, o ideal é 1 para ambos. O tipo de contribuição padrão é bilateral, podendo ser alterado se o trecho for unilateral ou sem contribuição. Se o usuário clicar em “Cancel”, o tubo não será inserido. Clicando-se em “OK”, o tubo é inserido, ficando da seguinte forma:

Figura 24. Visualização da tela após inserção do tubo.



Se o comprimento do tubo for maior do que o máximo estabelecido, aparece uma mensagem indicando, mas o tubo é traçado normalmente.

O sentido do fluxo de esgoto no tubo segue o sentido clicado pelo usuário. O ponto final do tubo inserido é o ponto inicial do próximo tubo a ser inserido. Se isso for o desejado, basta clicar no ponto final do próximo tubo e repetir o processo, na caixa de diálogo, o número do trecho é alterado automaticamente, aparecendo conforme caixa de diálogo apresentada na Figura 27.

Figura 25. Caixa de diálogo para inserção do 2º trecho.

The dialog box titled "Características do coletor" has a blue header with a close button. It contains the following elements:
- "Número do coletor:" with a text box containing the value "1".
- "Número do trecho:" with a text box containing the value "2".
- A button labeled "Iniciar coletor" to the right of the "Número do trecho" field.
- A section titled "Tipo de contribuição" containing three radio buttons: "Bilateral" (selected), "Unilateral", and "Sem contribuição".
- "OK" and "Cancel" buttons at the bottom.

Quando o usuário não desejar mais continuar seguindo a sequência daquele coletor, ele deve clicar com o botão direito do mouse, botão ENTER ou a barra de espaço do teclado.

Figura 26. Visualização da tela antes de apertar a tecla enter.

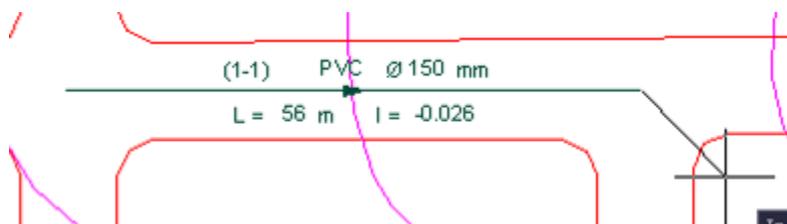
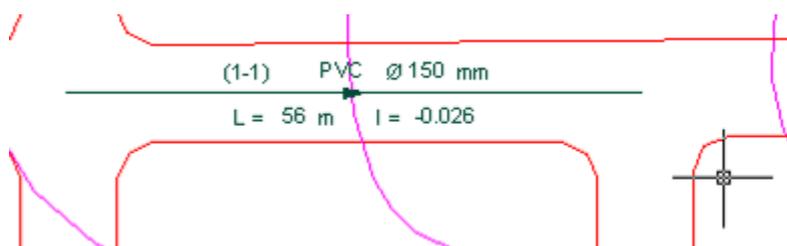


Figura 27. Visualização da tela após apertar a tecla enter.

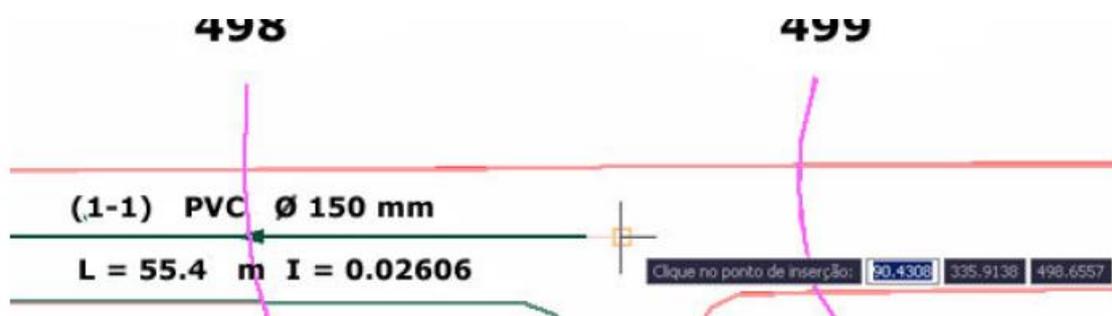


Terminais de Limpeza

Os Terminais de Limpeza (TL) são inseridos no início de um trecho. Depois de traçados os tubos, deve-se clicar no botão dos TLs e inseri-los. Depois de inserida uma singularidade em um trecho inicial, o programa pede para que se insira uma ponta seca, que deve ser inserida no tubo de onde está o TL.

Estes são os passos que devem ser seguidos, após clicar no ícone de inserção do TL. O programa solicita que se clique no ponto de inserção, Figura 30.

Figura 28. 1º passo para inserção do Terminal de Limpeza (TL).



Depois de clicado no endpoint do tubo, aparecerá a caixa de diálogo apresentada na Figura 31.

Figura 29. Caixa de diálogo para inserção do terminal de limpeza.

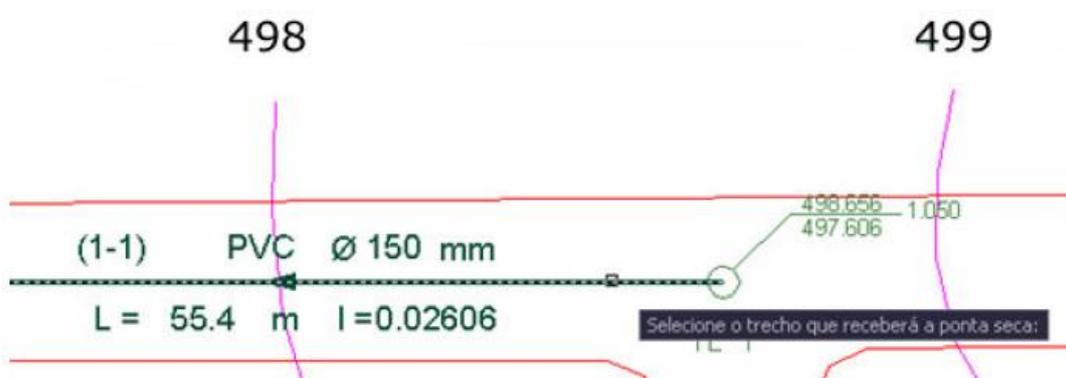
A caixa de diálogo 'UFC9: Inserção do Terminal de limpeza (TL)' contém os seguintes campos de entrada:

- Número do TL:
- Profundidade do coletor (m):
- Cota do Terreno (m):
- Cota do coletor (m):
- Vazão concentrada (L/s):
 - Inicial:
 - Final:

Botões: OK, exibir informações >>>

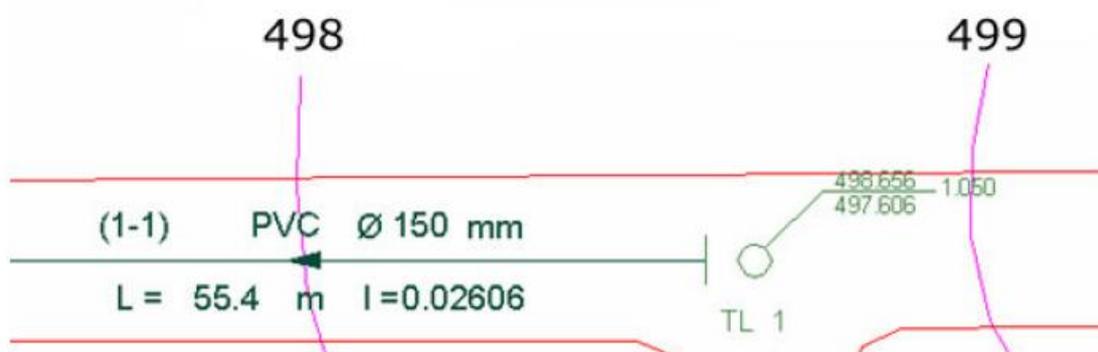
A numeração das singularidades pode ser feita de maneira automática. Depois de conferidos e/ou alterados os dados, se necessário, e clicado o botão OK, o TL é inserido e é pedida a inserção da ponta seca, conforme Figura 32.

Figura 30. Seleção do trecho para inserção da ponta seca após inserção do TL.



A Figura 33 apresenta o desenho depois de inserida a ponta seca.

Figura 31. Visualização da tela após inserção da ponta seca.



Os atributos que o bloco de identificação do TL mostra são:

- Cota do terreno;
- Cota do fundo do TL;
- Profundidade do TL;
- Número do TL.

Poços de Visita

Para inserir um PV pode-se clicar no ícone para inserção de PVs, conforme apresentado na Figura 34.

Figura 32. 1º passo para inserção do poço de visita.



Depois de o PV ser inserido, o programa apresentará a caixa de diálogo de acordo com a apresentada na Figura 35.

Figura 33. Caixa de diálogo para inserção do poço de visita.

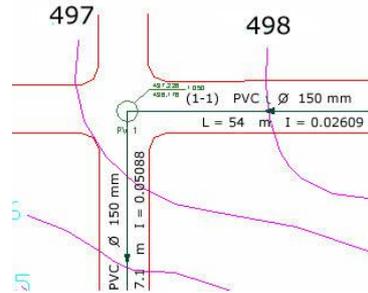
A caixa de diálogo 'UFC9: Inserção do Poço de Visita' contém os seguintes campos de entrada:

Número do PV:	1
Profundidade do coletor (m):	1.050
Cota do Terreno (m):	497.226
Cota do coletor (m):	496.176
Vazão Concentrada (L/s)	
Inicial:	0
Final:	0

Botões: OK, exibir informações >>>>

A Figura 36 ilustra o desenho apresentado após inserção do poço de visita.

Figura 34. Visualização da tela após inserção do poço de visita.



Na situação apresentada anteriormente o PV está localizado entre dois trechos, assim, não é necessária a inserção de pontas secas. No entanto no caso apresentado na Figura 37 o PV será inserido no início de dois trechos, fato que representa a necessidade de inserir a ponta seca.

Figura 35. Inserção do poço de visita no início de dois trechos.



Depois de clicado em um ponto que seja início de trecho, o PV é inserido e o programa pede a inserção de pontas secas, nesse caso existem dois trechos iniciando neste PV, ou seja, deverão ser inseridas duas pontas secas. (Figuras 38 e 39)

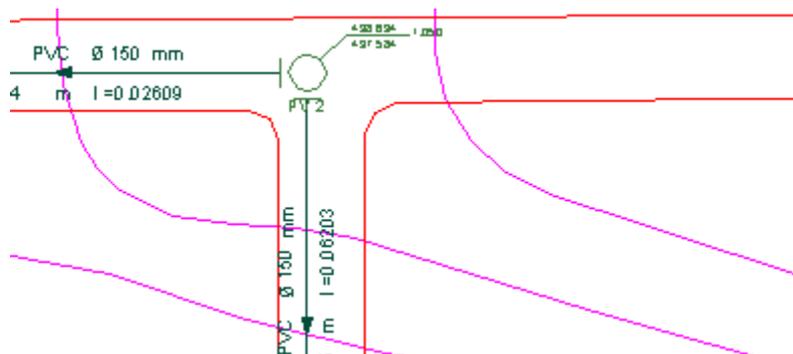
Figura 36. Visualização da tela pedindo seleção do trecho para inserir a ponta seca.



Figura 37. Visualização da tela após inserção da 1ª ponta seca.

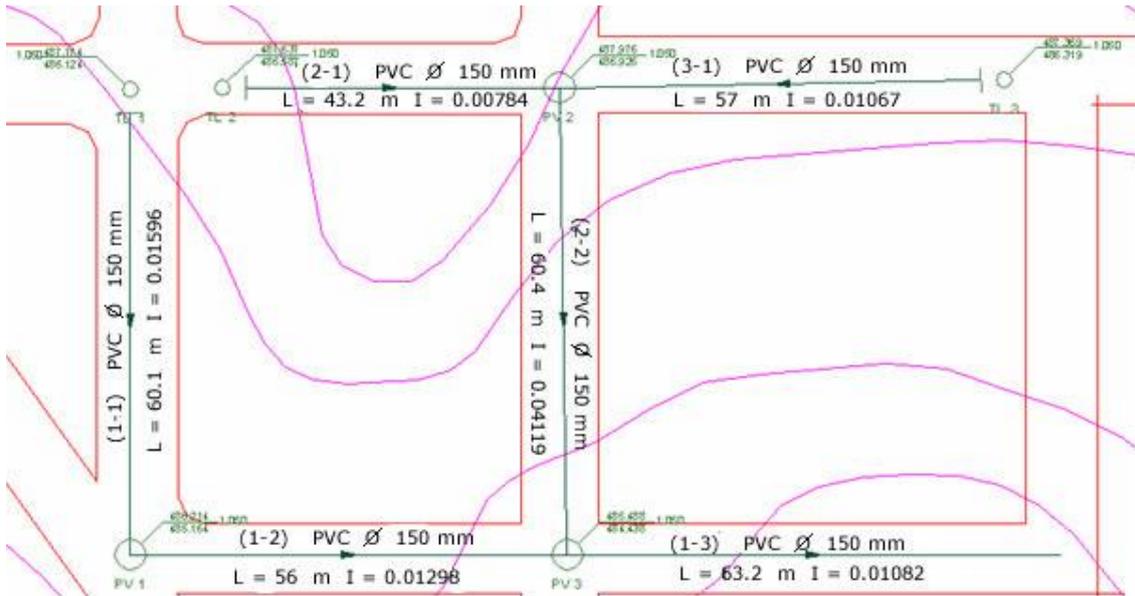


Figura 38. Visualização da tela após inserção da 2ª ponta seca.



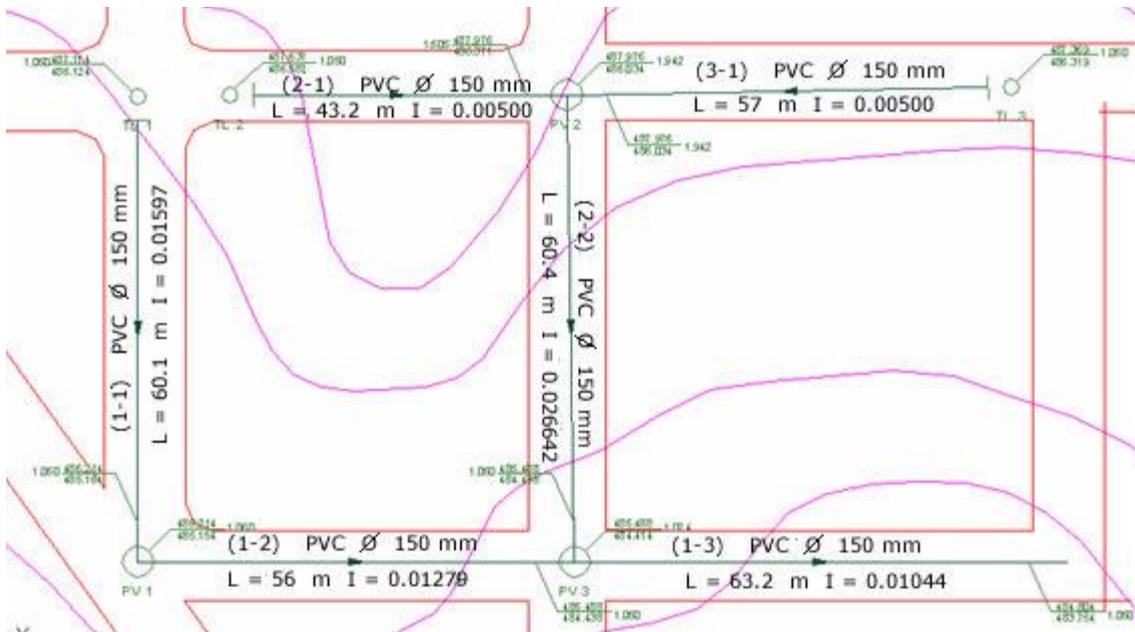
A Figura 41 exibe o desenho de uma pequena rede antes de ser calculada.

Figura 39. Pequena rede antes de ser calculada.



Após ser calculada a rede e ser clicado no botão para recalcul a rede, a rede é refeita e os blocos de identificação do ponto de jusante dos coletores são inseridos, também podendo ser editados para modificar escala e posição, conforme ilustra a Figura 42.

Figura 40. Pequena rede já calculada.



3. METODOLOGIA

Etapa 1, Aquisição de planta planialtimétrica.

Etapa 2, Dimensionamento da Rede.

Etapa 3, Apresentação do projeto executivo.

Etapa 1, aquisição de planta planialtimétrica da Quadra 1.104 Sul junto a Prefeitura Municipal da Palmas, Secretaria de Infraestrutura e Serviços Públicos. Com os dados topográficos, fez-se delimitação das bacias e/ou sub-bacias contribuintes, que possibilitou a criação da alternativa para o sistema.

Etapa 2, dimensionamento da Rede Coletora de Esgoto Sanitário.

Para o dimensionamento da rede de esgotos sanitários foram utilizados os seguintes critérios e parâmetros:

– Equações e Coeficientes utilizados:

- Equação da Continuidade:

$$Q = V \times A$$

- Equação de Manning:

$$V = \frac{1}{n} \times R^{(2/3)} \times I^{(1/2)}$$

- Equação da Tensão Trativa:

$$T = \gamma \times R \times I$$

Onde:

Q – vazão em l/s;

V – velocidade média, em m/s;

A – área molhada, em m²;

n – coeficiente de rugosidade de Manning;

R – raio hidráulico, em m;

I – declividade da tubulação, em m/m;

g – peso específico do líquido, em N/m³.

– Vazão Mínima de Dimensionamento:

De acordo com a NBR 9649, adotou-se 1,50 l/s como mínima vazão de dimensionamento em qualquer trecho da rede.

– Critério da Tensão Trativa:

A tensão tangencial imposta pelo escoamento, à parede do conduto, é denominada de tensão trativa. O critério preconizado pela NBR 9649, relacionado com esta grandeza substitui o critério da velocidade mínima de auto-limpeza.

Segundo a referida norma, a tensão trativa crítica, entendendo-se como a mínima admissível, é de 1,0 Pa.

– Coeficientes de Rugosidade:

De acordo com o especificado pela NBR 9649/86, o coeficiente de Manning (n) adotado é 0,013, para início e fim de plano.

– Declividade mínima admissível:

Deve ser aquela que, em função da vazão de projeto, permita atender ao critério da tensão trativa.

$$I_{min} = 0,006122 \times Q_I^{-0,47}$$

Onde: Q_I = vazão de início de plano, em l/s.

– Lâmina Máxima:

Para a lâmina de projeto, caracterizada como a secção real de escoamento, será admitido, no máximo, 75% do diâmetro da tubulação.

– Controle de remanso:

Tradicionalmente, o controle do remanso é realizado mediante um procedimento que consiste em equilibrar as lâminas de escoamento em trechos consecutivos, mediante a introdução de degraus ou quedas nos PVs. Esta solução decorre da hipótese simplificadora, correntemente adotada, de que o escoamento se dá em regime uniforme. Ao equilibrar as lâminas procura-se eliminar ou minimizar a ocorrência do remanso, aproximando-se o escoamento da condição de regime uniforme.

– VAZÕES DE PROJETO

As vazões de projeto foram determinadas conforme indicado abaixo:

- Vazão domiciliar:

$$Q_{domiciliar} = \frac{q \times N \times C}{86400}$$

- Vazão de Infiltração:

$$Q_{infiltração} = \text{extensão da rede} \times \text{taxa de infiltração}$$

- Vazão Média

$$Q_{média} = Q_{domiciliar} + Q_{infiltração}$$

- Vazão Máxima Inicial

$$Q_{máx.inicial} = (Q_{domiciliar} \times K_2) + Q_{infiltração}$$

- Vazão Máxima Final

$$Q_{máx.final} = [(Q_{domiciliar} \times K_2) \times K_1] + Q_{infiltração}$$

Onde:

q = consumo de água per capita (q = 180 l/hab.dia para início e 200 l/hab.dia para fim de plano);

N = nº habitantes contribuintes (N = 5000 para início e 8000 para fim de plano);

C = coeficiente de retorno água – esgoto (C = 0,80);

K1 = coeficiente de máxima vazão diária (K1 = 1,20);

K2 = coeficiente de máxima vazão horária (K2 = 1,50).

A taxa de infiltração considerada para o dimensionamento da rede foi de 0,009 l/s.m para início e de 0,006 para fim de plano.

– CARACTERÍSTICAS DA REDE COLETORA PROJETADA

As características da rede projetada foram definidas em conformidade com a Norma Brasileira para elaboração de projetos de redes coletoras de esgotos sanitários.

– Diâmetros e comprimentos:

De acordo com as diretrizes apresentadas na norma técnica, o diâmetro mínimo a ser empregado em redes coletoras é de 100 mm.

Quanto aos comprimentos, tem-se a limitação para o comprimento máximo admissível, o alcance do equipamento de limpeza. Neste projeto, adotou-se 100 m, como sendo a distância máxima entre PVs.

– Materiais:

Adotou-se, para fins de especificação e orçamento, tubos de PVC rígido junta elástica integrada (PVC JEI).

– Recobrimentos:

Em conformidade com a NBR 9649, foram adotados os seguintes valores para recobrimento mínimo:

- rede assentada sob passeio: 0,65 m;
- rede assentada sob via pública: 0,90 m.

– Localização da Rede:

De acordo com a constituição viária do perímetro urbano, optou-se por traçar a rede coletora, no terço do leito carroçável, rede assentada sob via pública revestida com asfalto.

– Poços de Visita e poços não Visitáveis:

Os poços de visita e os poços não visitáveis foram previstos nas seguintes situações:

- cabeceiras da rede;
- mudanças de direção;
- mudanças de declividades;
- mudanças de diâmetro.

Serão executados de acordo com a seguinte padronização:

a) Poços não visitáveis – Tipo Tubo de Inspeção e Limpeza (TIL)

As inspeções tubulares tipo Terminal de Inspeção e Limpeza (TIL), segundo a NBR 9649, foram previstas para a aplicação em cabeceiras de rede, tanto nos passeios como no leito das ruas.

b) Poços de visita – PV tipo “N”

Será utilizado em coletores localizados no passeio ou em via pública de tráfego leve quando o diâmetro for menor ou igual a 300 mm, independente da profundidade.

A localização do PV será:

- pontos de junção de coletores;
- pontos de mudança de diâmetro;
- mudança de declividade;
- pontos de mudança de alinhamento.

– Apoio dos Coletores:

Os coletores serão assentados com vistas a garantir sua estabilidade sob ação das cargas atuantes. Os tubos serão assentados na superfície da vala regularizada com 10 cm de areia, para que a geratriz fique perfeitamente alinhada, tanto em greide como em planta.

– Alinhamento dos Coletores:

O perfeito alinhamento dos coletores, tanto no plano vertical quanto horizontal e a aplicação das declividades definidas no projeto são fundamentais para que não ocorram trechos de acumulação de efluente, por mínimo que sejam.

O greide do coletor poderá ser obtido por meio de réguas niveladas, colocando-as na vertical do centro dos PVs e em pontos intermediários do trecho, distanciados de acordo com o método de assentamento a empregar (cruzeta ou gabarito).

Quando a declividade for inferior a 0,001 m/m, o greide deve ser determinado por meio de instrumentos topográficos.

– Ligações Prediais:

As ligações prediais podem ser realizadas de diferentes tipos, aplicável conforme a situação típica que se apresenta em cada caso. Em função do diâmetro do coletor secundário, de sua localização (via pública ou passeio) e de sua profundidade, as ligações prediais podem ser realizadas conforme as alternativas apresentadas a seguir:

- Tipo LP1: coletor público na via de tráfego com $DN \leq 400$ mm e profundidade $\leq 4,0$ m;
- Tipo LP2: coletor público no passeio com $DN \leq 400$ mm e profundidade $\leq 2,5$ m.
- Tipo LP5: cabeceira do coletor público lançado na via de tráfego;
- Tipo LP6: cabeceira do coletor público lançado no passeio.

Em qualquer uma das alternativas adotadas, deverão ser utilizadas caixas de calçada.

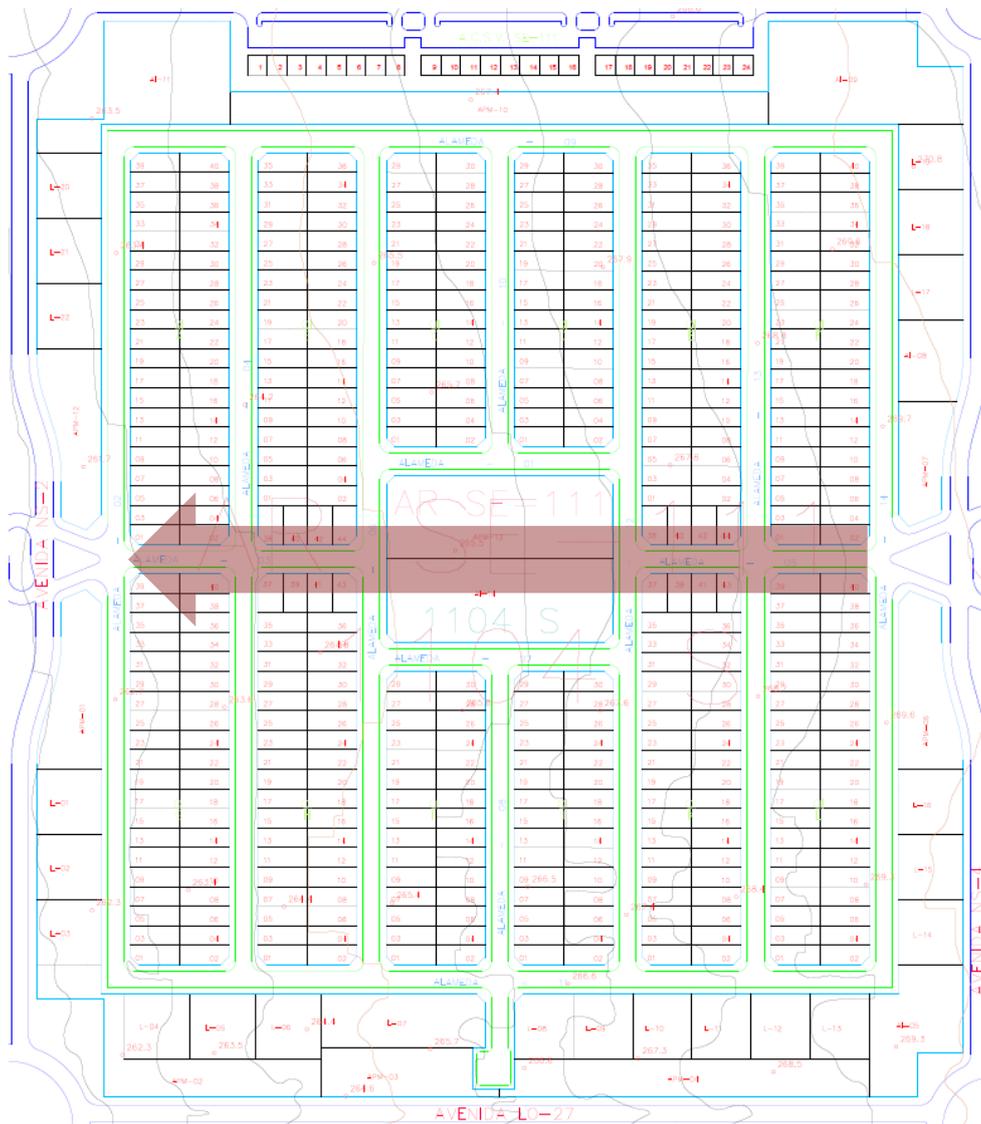
Etapa 3, apresentação do projeto executivo com todas as plantas e peças gráficas, bem como a planilha com o memorial de cálculo de todas as unidades da concepção.

4. RESULTADOS

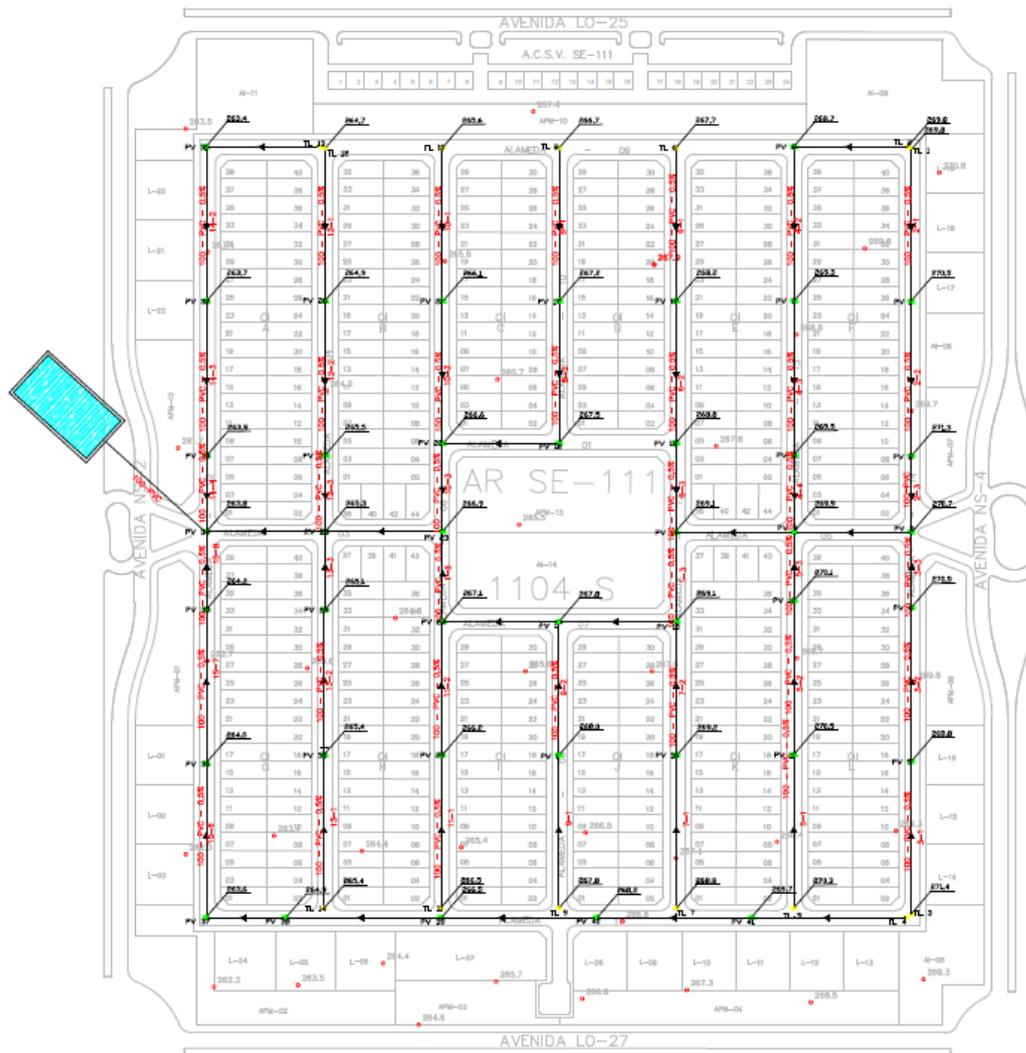
O sistema de esgotamento sanitário da Quadra foi projetado utilizando como referência o levantamento topográfico apresentado pela Prefeitura Municipal de Palmas.

A rede foi projetada em todas as ruas, existentes até o presente momento, no perímetro, sendo o sentido de escoamento definido pela altimetria verificada.

PLANO DE ESCOAMENTO



PROJETO EXECUTIVO



PLANILHA DE CÁLCULO

PLANILHA DE CÁLCULO DA REDE DE ESGOTOS			PROJETO TÉCNICO DA REDE DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO										CÁLCULO: _____		DATA: _____		FOLHA: 1/2		
			BACIA:		SUB-BACIA:										VERIFICADO: _____				
			FRIMA:																
Trecho	Extensão (m)	Taxa de Cont. Lin. (l/s/m) Inicial Final	Contr. do Trecho (l/s) Inicial Final	Vazão + Montante (l/s) Inicial Final	Vazão a jusante (l/s) Inicial Final	Diâmetro Calculado (mm)	Diâmetro Adotado (mm)	Declividade (m/m)	Cota do Terreno (m) Montante	Cota do Coletor (m) Montante	Prof. do Coletor (m) Montante	Lâmina Líquida (m) Inicial Final	Prof. da Singular a Jusante (m) Inicial Final	V _i (m/s) Inicial Final	Tensão Trativa (Pa)	Vc (m/s)	Observações		
2-1	100,00	0,003702062 0,702 0,0000 1,5000	0,6578 0,0000 1,5000	0,0000 1,5000	1,5000	76,85	100,00	0,00413	269,80	268,80	1,90	0,47	1,90	0,41	4,66	3,32			
2-2	100,00	0,003702062 0,702 0,0000 1,5000	0,6578 0,0000 1,5000	0,0000 1,5000	1,5000	76,85	100,00	0,00413	270,50	269,50	1,90	0,47	1,90	0,41	4,66	3,32			
2-3	48,00	0,003702062 0,702 0,0000 1,5000	0,6578 0,0000 1,5000	0,0000 1,5000	1,5000	64,44	100,00	0,01250	271,30	269,40	1,90	0,34	1,90	0,61	8,90	2,09			
3-1	100,00	0,003702062 0,702 0,0000 1,5000	0,6578 0,0000 1,5000	0,0000 1,5000	1,5000	54,43	100,00	0,02800	272,40	269,50	1,90	0,28	1,90	0,81	12,53	1,42			
3-2	100,00	0,003702062 0,702 0,0000 1,5000	0,6578 0,0000 1,5000	0,0000 1,5000	1,5000	76,85	100,00	0,00413	268,80	266,90	1,90	0,47	1,90	0,41	4,66	3,32			
3-3	48,00	0,003702062 0,702 0,0000 1,5000	0,6578 0,0000 1,5000	0,0000 1,5000	1,5000	79,18	100,00	0,00417	270,80	269,00	1,90	0,47	1,90	0,41	5,21	3,68			
1-1	75,00	0,003702062 0,702 0,0000 1,5000	0,6578 0,0000 1,5000	0,0000 1,5000	1,5000	90,76	100,00	0,01067	270,70	268,80	1,90	0,44	1,90	0,74	10,66	5,14			
4-1	75,00	0,003702062 0,702 0,0000 1,5000	0,6578 0,0000 1,5000	0,0000 1,5000	1,5000	60,29	100,00	0,01507	269,80	267,90	1,90	0,33	1,90	0,66	9,18	1,79			
4-2	100,00	0,003702062 0,702 0,0000 1,5000	0,6578 0,0000 1,5000	0,0000 1,5000	1,5000	76,85	100,00	0,00413	268,70	266,80	1,90	0,47	1,90	0,41	4,66	3,32			
4-3	100,00	0,003702062 0,702 0,0000 1,5000	0,6578 0,0000 1,5000	0,0000 1,5000	1,5000	83,52	100,00	0,00380	269,50	267,40	1,90	0,48	1,90	0,40	5,37	4,16			
4-4	48,00	0,003702062 0,702 0,0000 1,5000	0,6578 0,0000 1,5000	0,0000 1,5000	1,5000	90,03	100,00	0,00352	269,80	268,00	1,90	0,50	1,90	0,39	6,01	5,02			
5-1	100,00	0,003702062 0,702 0,0000 1,5000	0,6578 0,0000 1,5000	0,0000 1,5000	1,5000	76,85	100,00	0,00413	269,80	268,80	1,90	0,47	1,90	0,41	4,66	3,32			
5-2	100,00	0,003702062 0,702 0,0000 1,5000	0,6578 0,0000 1,5000	0,0000 1,5000	1,5000	76,85	100,00	0,00413	270,50	268,60	1,90	0,47	1,90	0,41	4,66	3,32			
5-3	43,00	0,003702062 0,702 0,0000 1,5000	0,6578 0,0000 1,5000	0,0000 1,5000	1,5000	76,87	100,00	0,00465	270,10	268,20	1,90	0,45	1,90	0,44	5,25	3,32			
1-2	75,00	0,003702062 0,702 0,0000 1,5000	0,6578 0,0000 1,5000	0,0000 1,5000	1,5000	120,28	150,00	0,01067	269,80	267,90	2,40	0,39	2,40	0,69	13,33	3,68			
6-1	100,00	0,003702062 0,702 0,0000 1,5000	0,6578 0,0000 1,5000	0,0000 1,5000	1,5000	76,85	100,00	0,00413	267,70	265,80	1,90	0,47	1,90	0,41	4,66	3,32			
6-2	92,00	0,003702062 0,702 0,0000 1,5000	0,6578 0,0000 1,5000	0,0000 1,5000	1,5000	76,85	100,00	0,00413	268,20	266,30	1,90	0,47	1,90	0,41	4,66	3,32			
6-3	56,00	0,003702062 0,702 0,0000 1,5000	0,6578 0,0000 1,5000	0,0000 1,5000	1,5000	79,89	100,00	0,00397	268,80	266,90	1,90	0,48	1,90	0,41	4,97	3,68			
1-3	57,00	0,003702062 0,702 0,0000 1,5000	0,6578 0,0000 1,5000	0,0000 1,5000	1,5000	184,71	200,00	0,00370	269,10	266,20	2,90	0,45	2,90	0,41	3,11	5,39			
7-1	100,00	0,003702062 0,702 0,0000 1,5000	0,6578 0,0000 1,5000	0,0000 1,5000	1,5000	76,85	100,00	0,00413	268,80	266,90	1,90	0,47	1,90	0,41	4,66	3,32			
7-2	86,00	0,003702062 0,702 0,0000 1,5000	0,6578 0,0000 1,5000	0,0000 1,5000	1,5000	76,85	100,00	0,00413	269,20	267,30	1,90	0,47	1,90	0,41	4,66	3,32			
1-4	75,00	0,003702062 0,702 0,0000 1,5000	0,6578 0,0000 1,5000	0,0000 1,5000	1,5000	126,81	150,00	0,01733	269,10	266,20	2,40	0,39	2,40	1,01	25,25	4,28			
9-1	100,00	0,003702062 0,702 0,0000 1,5000	0,6578 0,0000 1,5000	0,0000 1,5000	1,5000	76,85	100,00	0,00413	267,80	265,90	1,90	0,47	1,90	0,41	4,66	3,32			
9-2	86,00	0,003702062 0,702 0,0000 1,5000	0,6578 0,0000 1,5000	0,0000 1,5000	1,5000	76,85	100,00	0,00413	267,80	265,90	1,90	0,47	1,90	0,41	4,66	3,32			
1-5	74,00	0,003702062 0,702 0,0000 1,5000	0,6578 0,0000 1,5000	0,0000 1,5000	1,5000	149,53	150,00	0,00946	267,10	264,20	2,40	0,45	2,40	0,95	21,06	6,94			
11-1	100,00	0,003702062 0,702 0,0000 1,5000	0,6578 0,0000 1,5000	0,0000 1,5000	1,5000	76,85	100,00	0,00413	266,50	264,60	1,90	0,47	1,90	0,41	4,66	3,32			
11-2	86,00	0,003702062 0,702 0,0000 1,5000	0,6578 0,0000 1,5000	0,0000 1,5000	1,5000	76,85	100,00	0,00413	266,10	264,20	1,90	0,47	1,90	0,41	4,66	3,32			
1-6	57,00	0,003702062 0,702 0,0000 1,5000	0,6578 0,0000 1,5000	0,0000 1,5000	1,5000	187,86	200,00	0,00351	267,10	264,20	2,90	0,48	2,90	0,80	6,72	5,63			

PLANILHA DE CÁLCULO DA REDE DE ESGOTOS			PROJETO TÉCNICO DA REDE DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO										CÁLCULO: _____		DATA: _____		FOLHA: 2/2		
			BACIA:		SUB-BACIA:										VERIFICADO: _____				
			FRIMA:																
Trecho	Extensão (m)	Taxa de Cont. Lin. (l/s/m) Inicial Final	Contr. do Trecho (l/s) Inicial Final	Vazão + Montante (l/s) Inicial Final	Vazão a jusante (l/s) Inicial Final	Diâmetro Calculado (mm)	Diâmetro Adotado (mm)	Declividade (m/m)	Cota do Terreno (m) Montante	Cota do Coletor (m) Montante	Prof. do Coletor (m) Montante	Lâmina Líquida (m) Inicial Final	Prof. da Singular a Jusante (m) Inicial Final	V _i (m/s) Inicial Final	Tensão Trativa (Pa)	Vc (m/s)	Observações		
8-1	100,00	0,003702062 0,702 0,0000 1,5000	0,6578 0,0000 1,5000	0,0000 1,5000	1,5000	76,85	100,00	0,00413	266,70	264,80	1,90	0,47	1,90	0,41	4,66	3,32			
8-2	92,00	0,003702062 0,702 0,0000 1,5000	0,6578 0,0000 1,5000	0,0000 1,5000	1,5000	76,85	100,00	0,00413	267,10	265,20	1,90	0,47	1,90	0,41	4,66	3,32			
8-3	74,00	0,003702062 0,702 0,0000 1,5000	0,6578 0,0000 1,5000	0,0000 1,5000	1,5000	66,50	100,00	0,01216	267,50	265,60	1,90	0,35	1,90	0,61	9,53	2,30			
10-1	100,00	0,003702062 0,702 0,0000 1,5000	0,6578 0,0000 1,5000	0,0000 1,5000	1,5000	76,85	100,00	0,00413	265,90	264,00	1,90	0,47	1,90	0,41	4,66	3,32			
10-2	92,00	0,003702062 0,702 0,0000 1,5000	0,6578 0,0000 1,5000	0,0000 1,5000	1,5000	76,85	100,00	0,00413	265,10	263,20	1,90	0,47	1,90	0,41	4,66	3,32			
10-3	56,00	0,003702062 0,702 0,0000 1,5000	0,6578 0,0000 1,5000	0,0000 1,5000	1,5000	119,94	150,00	0,00282	266,80	264,90	2,40	0,45	2,40	0,44	2,96	3,02			
1-7	75,00	0,003702062 0,702 0,0000 1,5000	0,6578 0,0000 1,5000	0,0000 1,5000	1,5000	145,98	150,00	0,02133	266,90	264,00	2,40	0,49	2,40	1,25	45,06	6,21			
13-1	100,00	0,003702062 0,702 0,0000 1,5000	0,6578 0,0000 1,5000	0,0000 1,5000	1,5000	76,85	100,00	0,00413	265,40	263,50	1,90	0,47	1,90	0,41	4,66	3,32			
13-2	100,00	0,003702062 0,702 0,0000 1,5000	0,6578 0,0000 1,5000	0,0000 1,5000	1,5000	76,85	100,00	0,00413	265,40	263,50	1,90	0,47	1,90	0,41	4,66	3,32			
13-3	48,00	0,003702062 0,702 0,0000 1,5000	0,6578 0,0000 1,5000	0,0000 1,5000	1,5000	80,04	100,00	0,00397	265,10	263,20	1,90	0,48	1,90	0,41	4,96	3,68			
12-1	100,00	0,003702062 0,702 0,0000 1,5000	0,6578 0,0000 1,5000	0,0000 1,5000	1,5000	76,85	100,00	0,00413	265,30	263,40	1,90	0,47	1,90	0,41	4,66	3,32			
12-2	100,00	0,003702062 0,702 0,0000 1,5000	0,6578 0,0000 1,5000	0,0000 1,5000	1,5000	76,85	100,00	0,00413	264,90	263,00	1,90	0,47	1,90	0,41	4,66	3,32			
12-3	48,00	0,003702062 0,702 0,0000 1,5000	0,6578 0,0000 1,5000	0,0000 1,5000	1,5000	79,18	100,00	0,00417	265,30	263,40	1,90	0,47	1,90	0,41	5,04	3,56			
1-8	75,00	0,003702062 0,702 0,0000 1,5000	0,6578 0,0000 1,5000	0,0000 1,5000	1,5000	158,19	200,00	0,02000	265,30	262,40	2,90	0,38	2,90	1,28	24,19	3,56			
14-1	74,00	0,003702062 0,702 0,0000 1,5000	0,6578 0,0000 1,5000	0,0000 1,5000	1,5000	58,58	100,00	0,01757	264,70	262,80	1,90	0,32	1,90	0,70	10,13	1,70			
14-2	100,00	0,003702062 0,702 0,0000 1,5000	0,6578 0,0000 1,5000	0,0000 1,5000	1,5000	76,85	100,00	0,00413	263,40	261,50	1,90	0,47	1,90	0,41	4,66	3,32			
14-3	100,00	0,003702062 0,702 0,0000 1,5000	0,6578 0,0000 1,5000	0,0000 1,5000	1,5000	83,66	100,00	0,00379	263,70	261,80	1,90	0,47	1,90	0,42	5,37	4,16			
14-4	48,00	0,003702062 0,702 0,0000 1,5000	0,6578 0,0000 1,5000	0,0000 1,5000	1,5000														

5. CONCLUSÃO

DESCRIÇÃO DA QUADRA

A Quadra não apresenta rede coletora de esgotos sanitários, sendo o tratamento dos esgotos domésticos realizado de forma individualizada, na sua grande maioria com a utilização de tanques sépticos e sumidouros ou lançamento em corpos receptores.

A área abrangida pelo presente projeto é tipicamente residencial, existindo apenas unidades habitacionais e equipamentos comunitários.

DEFINIÇÕES DE PROJETO

A rede coletora de esgotos projetada é do tipo separador absoluto.

Este projeto foi desenvolvido de acordo com as Normas Técnicas da Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR 9649/1986.

6. ORÇAMENTO

Equipamento/Operação	Natureza	Quant.	Vlr Unitário (R\$)	Vlr Total (R\$)
Levantamento bibliografia	Livro/Revista	3	R\$ 95,00	R\$ 285,00
Honorários	Horas	64	R\$ 2,33	R\$ 149,12
Internet	Horas	72	R\$ 0,08	R\$ 5,76
Combustível	Litros	45	R\$ 2,89	R\$ 130,05
Impressão	Unidade	315	R\$ 0,35	R\$ 110,25
Encadernação	Unidade	3	R\$ 3,00	R\$ 9,00
Total				R\$ 689,18

7. CRONOGRAMA

Atividades	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.
Definição do tema					
Pesquisa Bibliográfica					
Redação do projeto					
Montagem dos slides					
Defesa do projeto					
Acertos finais propostos pela banca					
Encadernação da monografia					

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12266/1992: Projeto e execução de valas para assentamento de tubulação de água, esgoto ou drenagem urbana – Procedimento. Rio de Janeiro, 1992.

BRASIL. Lei n.º 12.465 de 12 de agosto de 2011. Dispõe sobre as diretrizes para a elaboração e execução da Lei Orçamentária de 2012 e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Disponível em:

<<http://www.in.gov.br/visualiza/index.jsp?jornal=1&pagina=2&data=15/08/2011>>. acesso em: 25 de set. de 2012.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DOS TRANSPORTES. Norma DNIT 06/2003 – PRO. Avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos – Procedimento.

INSTITUTO Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. Característica da população e dos domicílios. Resultados do Universo. Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/caracteristicas_da_populacao/resultados_do_universo.pdf>. acesso em: 20 de set. de 2012.

MATTAR, F. N. Pesquisa de Marketing. 5. ed. São Paulo: Atlas, p. 199, 1999.

CRESPO, PATRICIO GALLEGOS. Sistema de esgotos/Patricio Gallegos Crespo. 1ª edição. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais - DESA, 1997. 131 p. ISBN 85-7041-138-3.

TSUTIYA, M. T.; SOBRINHO, P. A. Coleta e transporte de esgoto sanitário. 1ª edição. São Paulo: Departamento de engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1999. 548 p. ISBN 85.900.823-1-8.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9648: Estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário. Rio de Janeiro, 1986.

_____. NBR 9649: Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário. Rio de Janeiro, 1986.

_____. NBR 9814: Execução de rede coletora de esgoto. Rio de Janeiro, 1986.

_____. NBR 12266/1992: Projeto e execução de valas para assentamento de tubulação de água, esgoto ou drenagem urbana – Procedimento. Rio de Janeiro, 1992.

_____. NBR 14486: Sistemas enterrados para condução de esgoto sanitário – Projeto de redes coletoras com tubos de PVC. Rio de Janeiro, 2000.

FERNANDES, C. Esgotos Sanitários. 1ª ed. João Pessoa: Univ./UFPB, 1997. 435 p.

LIMA, M. R. P.; OLIVEIRA, M. D. Aula do curso de Pós-Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental da FUNCEFETES. 2008. Disponível em:
<www.funcefetes.org.br/showfile.asp?id=EfluentesLiquidos_28-09_imp.pdf&idCliente=133> acesso em: 25 de set. de 2012.

NETTO, J. Manual de Saneamento de Cidades e Edificações. São Paulo: PINI, 1991.

Pereira, J. A. R.; Soares, J. M. Rede coletora de esgoto sanitário: projeto, construção e operação. 1ª edição. Belém: NUMA/UFPA, 2006. 296 p. ISBN 85-88998-12-2

SILVA, G. M.; GONÇALVES, R. F. Coleta e Transporte de Esgoto Sanitário. 2005. Disponível em:
<[http://www.inf.ufes.br/~neyval/Gestao_ambiental/Tecnologias_Ambientais2005/Agua_e_Esgoto/Sistemadeesgotos1\(redes\).pdf](http://www.inf.ufes.br/~neyval/Gestao_ambiental/Tecnologias_Ambientais2005/Agua_e_Esgoto/Sistemadeesgotos1(redes).pdf)>. Acesso em: 21 set. 2012.

SOARES, J.M. Importância do Traçado no Custo de Construção da Rede Coletora de Esgoto Sanitário. 2004. 198 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Centro Tecnológico, Universidade Federal do Pará. Belém, 2004.

TSUTIYA, M. T.; SOBRINHO, P. A. Coleta e transporte de esgoto sanitário. 1ª edição. São Paulo: Departamento de engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1999. 548 p. ISBN 85.900.823-1-8.