



UNISUL

UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA

**ESTUDO COMPARATIVO ENTRE OS SISTEMAS DE ESGOTAMENTO A
VÁCUO E POR GRAVIDADE**

Palhoça

2017

ADRIEL ZENON RAMLOW
DENER CARLOS DA SILVA

**ESTUDO COMPARATIVO ENTRE OS SISTEMAS DE ESGOTAMENTO A
VÁCUO E POR GRAVIDADE**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Engenharia
Civil da Universidade do Sul de Santa
Catarina como requisito parcial à
obtenção do título de engenheiro civil.

Orientador: Prof. Roberto Melo Rodrigues.

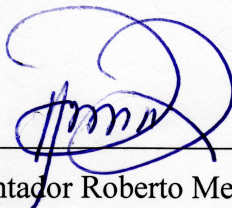
Palhoça
2017

ADRIEL ZENON RAMLOW
DENER CARLOS DA SILVA

**ESTUDO COMPARATIVO ENTRE OS SISTEMAS DE ESGOTAMENTO À
VÁCUO E POR GRAVIDADE**

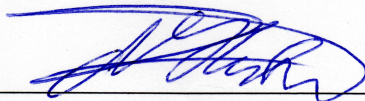
Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado à obtenção do título de engenheiro civil e aprovado em sua forma final pelo Curso de engenharia civil da Universidade do Sul de Santa Catarina.

Palhoça, 9 de novembro de 2017.



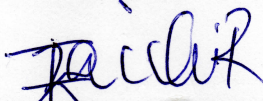
Professor e orientador Roberto Melo Rodrigues.

Universidade do Sul de Santa Catarina



Professor Nelso Lucio Huber.

Universidade do Sul de Santa Catarina



Engenheiro Civil e de Segurança do Trabalho Felipe Zacchi da Rosa.

Ceranium Construtora e Incorporadora.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à nossa família, principalmente aos que ficaram em memória no decorrer do curso e às nossas namoradas, Larissa e Camila, por terem tido confiança e amor.

Ao nosso professor orientador Roberto Melo Rodrigues por ter nos auxiliado no desenvolvimento deste trabalho.

Ao engenheiro Felipe Zacchi da Rosa, que aceitou ser nosso avaliador convidado para a banca de apresentação.

Aos nossos amigos Gabriel Andrett e Alexandre Ivan Maia, que estiveram desde o começo do curso ao nosso lado, em momentos bons e ruins.

E a todos os professores da instituição UNISUL, que nos ensinaram todo sobre a engenharia, tendo papel importante em nossa formação.

RESUMO

O Brasil tem, em sua grandiosidade, a aplicação de rede de coleta de esgoto sanitário por gravidade como um padrão nos dias atuais. Porém, de maneira ainda lenta, em alguns locais estão sendo aplicadas tecnologias novas que prometem tornar o sistema de esgotamento mais eficaz em sua função de coletar e transportar os resíduos gerados por edificações das mais variadas. O sistema de esgotamento à vácuo tem conquistado o mercado aos poucos sendo utilizado na sua maioria em navios, aeronaves e ônibus. Tal sistema em edificações ainda não se tornou algo comum, mas traz vantagens como a economia de água e facilidade em aplicações em locais com níveis topográficos irregulares.

Palavras Chave: Esgoto por Gravidade. Sistema de esgoto separador absoluto por gravidade. Esgoto à vácuo.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1 - Rede coletora de esgoto | 18 |
| Figura 2 - Estação elevatória de esgoto | 20 |
| Figura 3 - Estação de tratamento de esgoto | 21 |
| Figura 4 - Poço de Visita | 22 |
| Figura 5 - Caixa de passagem..... | 22 |
| Figura 6 - sistema coletor | 23 |
| Figura 7 - Rede coletora à vácuo perfil “dente de serra” | 26 |
| Figura 8 - Estação de vácuo..... | 27 |
| Figura 9 - Detalhe da caixa válvula AIRVAC..... | 29 |
| Figura 10 – Instalação Caixa de válvula a vácuo. | 30 |
| Figura 11 - Transporte dos efluentes sob pressão até a estação de tratamento. | 31 |
| Figura 12 - Estação de vácuo em Jurerê, Florianópolis – SC..... | 33 |
| Figura 13 - Estação de vácuo Paranaguá - PR..... | 34 |
| Figura 14- Instalação de esgoto de um banheiro. | 37 |
| Figura 15- Saída na cobertura da coluna de ventilação. | 40 |
| Figura 16 – Bacia sanitária com válvula de vácuo acoplada..... | 46 |
| Figura 17 - Tipos de recolhimento de vaso sanitário a vácuo. | 47 |
| Figura 18 - Tipos de ligação horizontal do sistema a vácuo. | 47 |
| Figura 19 - Junções recomendadas para sistema a vácuo..... | 48 |
| Figura 20 - Tubulação de esgoto sanitário a vácuo. | 49 |
| Figura 21 - Juntas e curvas | 50 |
| Figura 22 - Foto de estação de vácuo | 51 |
| Figura 23 - Banheiro do projeto modelo. | 54 |
| Figura 24 - Vaso sanitário do sistema a vácuo. | 55 |
| Figura 25 - Detalhes do recolhimento do esgoto | 56 |
| Figura 26 - Recolhimento do esgoto por gravidade | 57 |
| Figura 27 - Vista tridimensional do sistema de esgotamento gravitacional. | 58 |
| Figura 28 - Recolhimento do escoamento a vácuo..... | 59 |
| Figura 29 - Vista tridimensional do sistema de esgotamento a vácuo..... | 60 |
| Figura 30 - Vista tridimensional do recolhimento do banheiro para o tubo de queda. .. | 61 |
| Figura 31 - Tubos de queda e ventilação..... | 62 |
| Figura 32 - Recolhimento no teto do pilotis..... | 63 |

| | |
|---|----|
| Figura 33 - Vista tridimensional do recolhimento do banheiro para o tubo de queda do sistema a vácuo..... | 63 |
| Figura 34 - Esquema vertical do esgotamento a vácuo | 64 |
| Figura 35 - Estação de vácuo no pilotis do projeto modelo | 65 |
| Figura 36 - Recolhimento até a rede de esgoto, sistema por gravidade. | 67 |

Lista de Tabelas

| | |
|--|----|
| Tabela 1 - Unidade Hunter por aparelho | 38 |
| Tabela 2 – Diâmetro do tubo de queda conforme somatório de Unidades Hunter | 39 |
| Tabela 3 – Dimensionamento de colunas de ventilação..... | 41 |
| Tabela 4 – Inclinações segundo contribuição de unidades hunter..... | 43 |

SUMÁRIO

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO | 12 |
| 1.1 | OBJETIVOS | 12 |
| 1.1.1 | GERAL | 12 |
| 1.1.2 | ESPECÍFICOS | 13 |
| 1.2 | JUSTIFICATIVA | 13 |
| 1.3 | HÍPOTESE DE TRABALHO..... | 14 |
| 1.4 | METODOLOGIA | 14 |
| 1.5 | LIMITAÇÕES DO TRABALHO | 15 |
| 1.6 | ESTRUTURA GERAL DO TRABALHO | 15 |
| 2 | REVISÃO BIBLIOGRÁFICA | 16 |
| 2.1 | INTRODUÇÃO | 16 |
| 2.2 | SISTEMA SEPARADOR ABSOLUTO DE ESGOTO POR GRAVIDADE..... | 17 |
| 2.2.1 | Rede Coletora | 17 |
| 2.2.2 | Estação Elevatória | 19 |
| 2.2.3 | Estação de Tratamento de Esgoto | 20 |
| 2.2.4 | Poços de Visita | 21 |
| 2.2.5 | Órgãos Acessórios | 22 |
| 2.2.6 | Normatização | 24 |
| 2.3 | SISTEMAS DE ESGOTO À VACUO | 24 |
| 2.3.1 | Componentes | 25 |
| 2.3.1.1 | Rede Coletora | 25 |
| 2.3.1.2 | Estação à Vácuo | 27 |
| 2.3.1.3 | Estação de Tratamento | 28 |
| 2.3.1.4 | Órgãos Acessórios | 28 |
| 2.3.2 | Processo de Esgotamento à Vácuo | 30 |
| 2.3.3 | Recomendações | 31 |
| 2.3.4 | Locais de Uso no Brasil | 32 |
| 2.3.5 | Normatização | 34 |
| 3 | INSTALAÇÕES PREDIAIS DE ESGOTO SANITÁRIO | 36 |
| 3.1 | INTRODUÇÃO | 36 |
| 3.2 | SISTEMA PREDIAL DE ESGOTO SANITÁRIO POR GRAVIDADE | 36 |
| 3.2.1 | Normatização | 36 |
| 3.2.2 | Partes Principais | 37 |

| | | |
|--------------|---|-----------|
| 3.2.2.1 | Ramais de Descarga | 37 |
| 3.2.2.2 | Tubos de Queda..... | 39 |
| 3.2.2.3 | Ventilação..... | 39 |
| 3.2.2.4 | SUBCOLETORES E COLETOR PREDIAL | 42 |
| 3.3 | ESPECIFICAÇÕES GERAIS | 43 |
| 3.3.1 | Vazões..... | 43 |
| 3.3.2 | Declividades | 43 |
| 3.3.3 | Recobrimento..... | 44 |
| 3.3.4 | Lamina D'água | 44 |
| 3.3.5 | Tensão Trativa..... | 44 |
| 3.4 | SISTEMA PREDIAL DE ESGOTO À VÁCUO | 45 |
| 3.4.1 | Normatização..... | 45 |
| 3.4.2 | Partes Principais..... | 45 |
| 3.4.2.1 | Ramais de Descarga | 45 |
| 3.4.2.2 | Tubos de Queda..... | 48 |
| 3.4.2.3 | Estação de Vácuo | 50 |
| 3.4.2.4 | Subcoletores e Coletor Predial | 52 |
| 4 | COMPARATIVO ENTRE INSTALAÇÕES PREDIAIS DE ESGOTO SANITÁRIO PARA EDIFICAÇÃO COMERCIAL | 53 |
| 4.1 | METODOLOGIA | 53 |
| 4.2 | PROPOSTA DO ESTUDO REALIZADO..... | 53 |
| 4.3 | ESCOPO GERAL DA EDIFICAÇÃO ESTUDADA | 53 |
| 4.4 | ESGOTO SANITÁRIO DOS BANHEIROS | 54 |
| 4.4.1 | Esgoto por gravidade | 54 |
| 4.4.2 | Esgoto a vácuo | 55 |
| 4.5 | RECOLHIMENTO DOS ESGOTOS PARA OS TUBOS DE QUEDA..... | 55 |
| 4.5.1 | Esgoto por gravidade | 55 |
| 4.5.2 | Esgoto à vacuo | 58 |
| 4.6 | TUBOS DE QUEDA | 60 |
| 4.6.1 | Esgoto por gravidade | 60 |
| 4.6.2 | Esgoto a vácuo | 63 |
| 4.7 | RECOLHIMENTO DO ESGOTO PARA A RUA | 66 |
| 4.7.1 | Esgoto por gravidade | 66 |
| 4.7.2 | Esgoto à vacuo | 68 |

| | | |
|----------|---|-----------|
| 5 | CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES | 69 |
| 5.1 | CONCLUSÕES | 69 |
| 5.1.1 | Esgoto por gravidade | 69 |
| 5.1.2 | Esgoto a vácuo | 70 |
| 5.2 | RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS..... | 71 |
| | REFERÊNCIAS..... | 72 |

1 INTRODUÇÃO

Segundo a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB) de 2008, com auxílio do IBGE, analisou-se no período estudado que o único serviço de saneamento básico que não chegou próximo a totalidade de municípios foi a coleta de esgoto por rede geral, que estava presente em 52,2% dos municípios em 2000 e passou para 55,2% em 2008. Segundo a mesma pesquisa, em 2000 só 35,3% era tratado, já em 2008 68,8% do esgoto coletado era tratado

De acordo com a pesquisa realizada, a PNSB, em 2008 mostra Santa Catarina como o 11º estado com o pior tratamento de esgoto nos municípios, apenas 16% das cidades catarinenses contavam com o serviço em 2008. O percentual coloca Santa Catarina na 16ª posição entre as 26 unidades da federação e abaixo da média nacional, de 28,5%.

Observando este cenário, é indiscutível a necessidade de garantir o sistema de coleta e tratamento de esgoto a quase totalidade dos brasileiros, ampliando as redes e investindo em novas tecnologias, como esgotamento à vácuo.

Uma alternativa extremamente vantajosa, principalmente em edifícios com elevada concentração populacional, é a de utilizar instalações sanitárias, zonas de cozinhas e de lavanderia com drenagem de águas residuais domésticas com sistemas de vácuo que consomem um volume extremamente reduzido, como por exemplo, no caso das bacias de retrete, apenas cerca de 1,2 litros de água por descarga, quando em conjunto com o sistema coletor das águas residuais à vácuo. (CEDOVIM, 2013)

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 GERAL

Tem como objetivo comparar os dois tipos de esgotamento, à vácuo e por gravidade, levando em conta aspectos construtivos.

1.1.2 ESPECÍFICOS

- a) Investigar as principais características dos sistemas de esgotamento sanitário por gravidade e à vácuo numa edificação comercial;
- b) Investigar as principais características da rede coletora de esgoto da coleta da edificação até o sistema de tratamento;
- c) Apresentar as principais vantagens e desvantagens dos dois sistemas de esgoto estudados para uma edificação comercial; e
- d) Apresentar uma proposta inicial de rede de esgoto para uma edificação comercial para as duas tecnologias de esgotamento.

1.2 JUSTIFICATIVA

Segundo os dados apresentados pela Organização das Nações Unidas (ONU), (2013), a população mundial deve atingir 9,6 bilhões de pessoas. Para Lamberts (2011), o atual modelo de crescimento econômico mundial apresenta diversos problemas para o meio ambiente que se acentuam muito rapidamente com o aumento rápido da população, padrão de consumo elevado nos países mais desenvolvidos, falta de planejamento das cidades, entre outros. Com isso, a busca por um desenvolvimento mais sustentável volta-se para o setor da indústria da construção civil. Neste cenário, ressalta-se a importância do projeto arquitetônico no desempenho ambiental, da procura de alternativas técnicas que contemplem soluções para reduzir o consumo de recursos naturais, diminuição de resíduos gerados e a durabilidade das edificações.

No Brasil, a pressão por soluções sustentáveis para a construção de edificações é recente e já afeta o setor da construção civil. A demanda atual por novas soluções e tecnologias parte dos consumidores interessados no tema e de construtores que buscam se alinhar a novas demandas de mercado, já é uma realidade. O foco na elaboração de muitos projetos de edificações é de reduzir os gastos com água e energia, ou seja, a construção sustentável e inteligente deve ter o seu projeto e execução baseada na preocupação com o meio em que ela estará inserida e com as transformações que serão provocadas no mesmo, sendo projetada para atender com qualidade as necessidades de

seus usuários, protegendo o meio ambiente antes, durante e depois da execução do empreendimento, sendo, desse modo, os recursos naturais usados de uma forma consciente.

Segundo May (2004), a construção sustentável é um sistema construtivo que promove alterações conscientes no entorno, de forma a atender às necessidades de edificação, habitação e uso do homem moderno, preservando o meio ambiente e os recursos naturais, garantindo qualidade de vida para as gerações atuais e futuras.

Para John (2012), o setor da construção civil é o responsável por uma parcela significativa de consumo de recursos naturais, incluindo energia e água, além de ser um dos maiores responsáveis pela geração de resíduos sólidos. O impacto ambiental desta atividade envolve uma grande cadeia produtiva: extração de matérias-primas, produção e transporte de materiais e componentes, concepção e projetos, execução, uso e manutenção, e descarte quando no final da vida útil.

Considerando-se o grande impacto atual sobre o meio ambiente e levando-se em conta o percentual de participação no PIB nacional na ordem de 10%, Lamberts (2011), indica que há pouca mobilização no setor da construção civil nacional em relação à construção de edificações mais sustentáveis, que adotem novas tecnologias construtivas e que tenham comprovada eficiência energética. Levando-se em consideração a importância da questão de se ter edificações mais sustentáveis e a necessidade de se garantir para as gerações futuras os recursos naturais e sua qualidade de vida, este trabalho apresenta um estudo comparativo sobre dois tipos de sistema de recolhimento de esgoto para uma edificação comercial.

1.3 HÍPOTESE DE TRABALHO

O sistema de esgoto à vácuo apresenta-se atualmente como uma alternativa tecnológica viável, porém, ainda pouco utilizado em obras gerais quando comparados ao sistema de esgotamento por gravidade.

1.4 METODOLOGIA

A metodologia deste trabalho será exploratória. Já do ponto de vista dos procedimentos técnicos, será uma pesquisa bibliográfica com aplicação em estudo de caso, pois se desenvolverá a partir de materiais publicados em livros, revistas, artigos,

dissertações, teses e internet. Utilizar-se-á ainda a abordagem dedutiva (do geral para o específico).

A proposta de metodologia do trabalho será desenvolvida considerando as seguintes etapas gerais:

- a) Revisão bibliográfica abordando os principais conceitos introdutórios ao tema;
- b) Levantamento de dados para estudo aprofundado do assunto;
- c) Aplicações do objeto de estudo; e
- d) Análise final.

1.5 LIMITAÇÕES DO TRABALHO

Não serão tratados neste trabalho os aspectos sobre custos relacionados à mão de obra e equipamentos necessários para a implantação dos sistemas estudados bem como só será apresentada uma proposta geral de rede de esgoto à vácuo para uma edificação comercial.

1.6 ESTRUTURA GERAL DO TRABALHO

O presente estudo está organizado em cinco capítulos.

No primeiro capítulo é realizada uma breve introdução, contextualização e apresentação do tema e problema de pesquisa, assim como a apresentação dos objetivos, justificativa, procedimentos metodológicos e descrição da estrutura do trabalho.

A seguir, o capítulo dois, onde serão abordados conceitos dos sistemas de esgotamento sanitário à vácuo e por gravidade da rede coletora até o sistema de tratamento.

O capítulo três tratar-se-á de uma referência bibliográfica específica dos sistemas prediais de esgotamento a vácuo e por gravidade até a rede coletora.

No capítulo quatro será apresentado o estudo exploratório inicial sobre a rede coletora de esgoto para uma edificação comercial comparando-se o escoamento por gravidade e à vácuo nesta edificação.

O quinto capítulo encerra-se com a apresentação das conclusões e sugestões para trabalhos futuros.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 INTRODUÇÃO

A utilização do sistema de esgotamento convencional, ou por gravidade, é geral, ou seja, seu uso não possui exclusividades. É o sistema mais utilizado em todo globo.

A coleta das águas servidas já era uma preocupação das civilizações antigas. Em 3.750 a.C., eram construídas galerias de esgoto em Nipur (Índia) e na Babilônia. Em 3.100 a.C. já se tem notícia do emprego de manilhas cerâmicas (Azevedo Netto, 1984 apud Oliveira, 2006). Na Roma imperial eram feitas ligações diretas das casas até os canais. Por se tratar de uma iniciativa particular de cada morador, nem todas as casas apresentavam essas benfeitorias (Metcalf e Eddy, 1977 apud Oliveira, 2006).

A preocupação com o tratamento dos esgotos surgiu primeiramente na Inglaterra, após nova epidemia de cólera ocorrida em 1848, com 25.000 vítimas fatais. Esse país, devido à pouca extensão de seus rios e ao crescimento acelerado de algumas cidades, foi um dos primeiros a sofrer as consequências da poluição hídrica, decorrente do lançamento dos esgotos (sem tratamento), nos corpos d'água. Foi também pioneiro na promulgação das primeiras leis de saneamento e Saúde Pública (Metcalf E Eddy, 1977 apud Malta 2001). Ainda em Londres, no ano de 1854, foi estabelecido um marco muito importante no estudo da epidemiologia, Jonh Snow provou cientificamente a relação entre certas doenças, entre elas a cólera, e a qualidade das águas. Em 1857 foi criado o Conselho de Proteção das Águas do Rio Tâmsa, na Inglaterra (Azevedo Netto, 1984 apud Malta, 2001).

O primeiro indício de saneamento no Brasil ocorreu em 1561, quando Estácio de Sá mandou escavar no Rio de Janeiro o primeiro poço para abastecer a cidade. Em 1673, deu-se início ao primeiro aqueduto do País, que ficou pronto em 1723, transportando águas do rio Carioca em direção ao Chafariz, atualmente o aqueduto é conhecido como os Arcos da Lapa. Em 1746, foram inauguradas linhas adutoras para os conventos de Santa Tereza, e na Luz, Em São Paulo. Na capital paulista, o primeiro chafariz foi construído em 1744 e em 1842, haviam cinco chafarizes na cidade. No período colonial, ações de saneamento eram feitas de forma individual, resumindo-se à drenagem de terrenos e instalação de chafarizes. (Barros, 2014).

O Brasil estatizou o serviço de saneamento no início do século XX. A partir dos anos 1940, iniciou-se a comercialização dos serviços de saneamento. (Barros, 2014).

Em 2005, a Lei de Consórcio Público nº 11.107 definiu as condições para que a União, Estados, Distrito Federal e Municípios estabelecessem consórcios públicos para desenvolver projetos de interesse comum. Após intensa luta dos Municípios pela titularidade dos serviços de saneamento, no dia 05 de janeiro de 2007, foi sancionada a Lei Federal nº 11.445, chamada de Lei Nacional do Saneamento Básico – LNSB, que teve vigência a partir de 22 de fevereiro do mesmo ano, estabelecendo as diretrizes nacionais para o saneamento básico no Brasil, determinando que a União elaborasse o Plano Nacional de Saneamento Básico (PNSB). Para usufruir dos benefícios estabelecidos por lei, os Municípios devem elaborar seus planos municipais definindo horizontes de universalização da prestação de serviços. (Barros, 2014).

Segundo os dados da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílio do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (Pnad-IBGE), em 2014, o Brasil possuía 95% dos domicílios com acesso a água, e somente 56% deles com esgotamento sanitário (coleta de esgoto). Em 11 anos, o percentual de domicílios com cobertura de água avançou 7 pontos percentuais (p.p.) e o de cobertura de esgotamento sanitário, 10 p.p. Ou seja, mesmo com os avanços registrados na última década, o percentual de cobertura dos serviços, sobretudo o de esgotamento sanitário, ainda é bastante precário no País. (DIEESE - Departamento Intersindical de estatística e estudos socioeconômicos, 2016).

2.2 SISTEMA SEPARADOR ABSOLUTO DE ESGOTO POR GRAVIDADE

O sistema separador absoluto de esgoto por gravidade chegou ao Brasil em 1912 na cidade de São Paulo (Volschan et al, apud Freire, 2014).

O sistema traz como principal objetivo a coleta de esgoto e águas pluviais em redes separadas, trazendo assim benefícios da ordem de redução de custos, possibilidade de fazer o serviço em partes e reduz a quantidade de esgoto a ser tratado, pois as águas pluviais não vão até a estação de tratamento.

2.2.1 REDE COLETORA

Conforme a norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas (1986a), a rede coletora de esgoto, a qual está demonstrada na figura 01, é conjunto de órgãos acessórios destinados a coleta e remoção dos despejos (resíduos) gerados pelas edificações, através

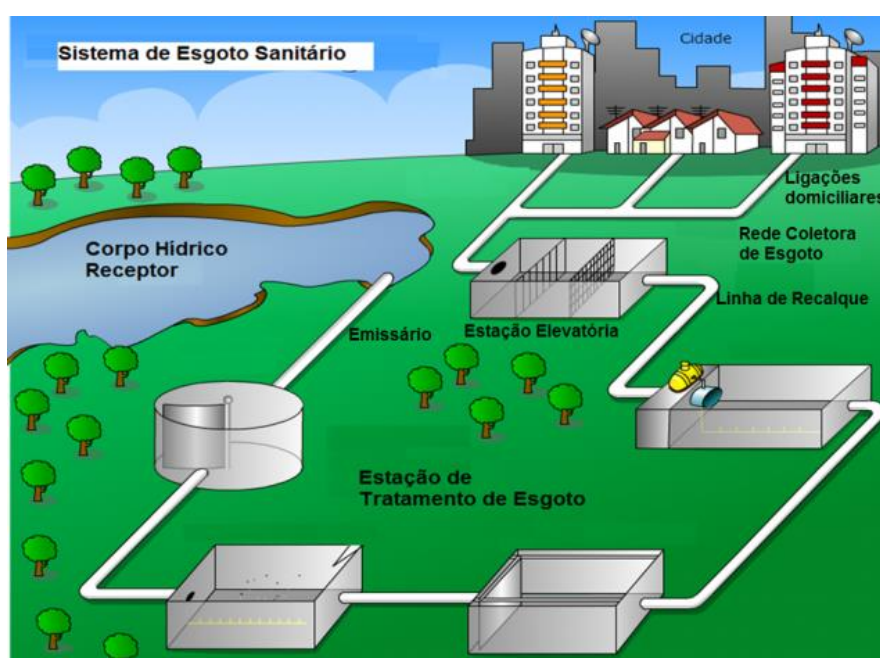
de coletores ou ramais prediais. Os coletores principais que estão descritos pela norma são:

- 3.1 Ligação predial: Trecho do coletor predial (ver NBR 8160) compreendido entre o limite do terreno e o coletor de esgoto.
- 3.2 Coletor de esgoto: Tubulação da rede coletora que recebe contribuição de esgoto dos coletores prediais em qualquer ponto ao longo de seu comprimento.
- 3.3 Coletor principal: Coletor de esgoto de maior extensão dentro de uma mesma bacia.
- 3.4 Coletor tronco: Tubulação da rede coletora que recebe apenas contribuição de esgoto de outros coletores.
- 3.5 Emissário: Tubulação que recebe esgoto exclusivamente na extremidade de montante.

A função da rede coletora, Segundo Dias (apud Freire, 2014), consiste em coletar e transportar o esgoto seguramente e rapidamente de modo que evite o contato com o ambiente externo e ao mesmo tempo impeça a septicidade e minimize a formação de gases. Importante que a rede facilite a inspeção, desobstrução e a manutenção da mesma (Dias, apud Freire, 2014).

Conforme a Figura 1, é possível perceber o funcionamento da rede coletora de esgoto sanitário, ela é coletada das edificações e levada para a estação elevatória que será citada no item 2.2.2. A partir da estação elevatória o esgoto segue até a estação de tratamento que será descrita no item 2.2.3. A água resultante da passagem pela estação de tratamento é despejada para seu leito natural sem trazer prejuízos ao ambiente.

Figura 1 - Rede coletora de esgoto



Fonte: WH3 notícias, 2015

2.2.2 ESTAÇÃO ELEVATÓRIA

Segundo a Norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas (1992b), a estação elevatória de esgoto é a Instalação que se destina ao transporte do esgoto do nível do poço de sucção das bombas ao nível de descarga na saída do recalque, acompanhando aproximadamente as variações da vazão afluente

De maneira geral é um conjunto de equipamentos, localizado numa edificação subterrânea, destinada a promover o recalque das vazões dos esgotos coletados de uma área baixa.

O seu volume útil deve ser calculado, segundo Associação Brasileira de Normas Técnicas (1992b), considerando a vazão da maior bomba a instalar (quando operada isoladamente) e o menor Intervalo de tempo entre partidas consecutivas do seu motor de acionamento, conforme recomendado pelo fabricante.

Conforme a Associação Brasileira de Normas Técnicas (1992b) a potência do motor de acionamento deve ser calculada de modo a atender, com folga, a qualquer ponto de operação da bomba respectiva.

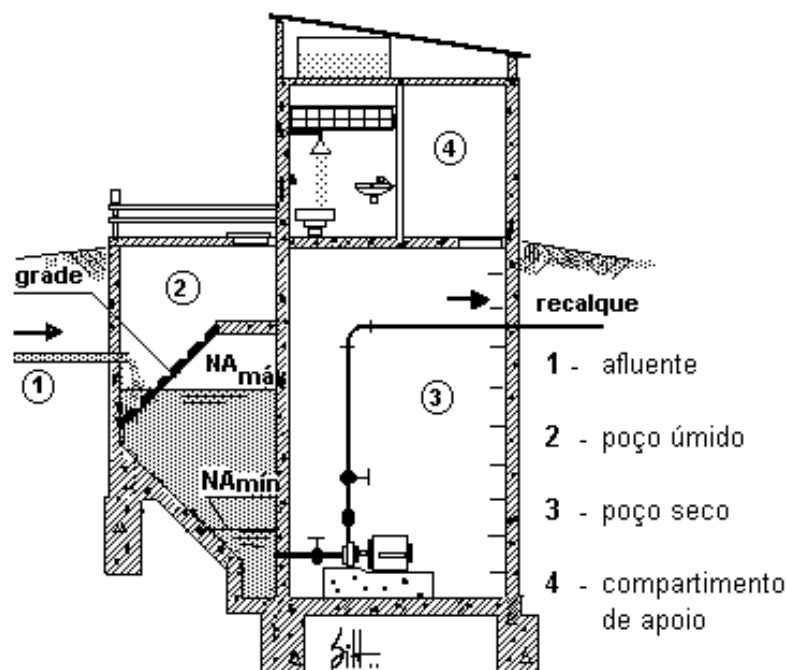
A Figura 2 mostra a configuração de uma estação elevatória de maneira geral, onde é constatado, conforme números indicados, algumas das partes da mesma. No ponto 1 está identificada a entrada do esgoto que vem das cidades, seguindo para o ponto 2, o poço úmido.

O poço úmido é a câmara que recebe o afluente fazendo neles uma filtragem através de grades, barras ou cestos. Esta serve para impedir a passagem de sólidos que possam trazer entupimentos para a rede e inclusive evitar danos as tubulações.

O item 3 visto da Figura 2 representa o poço seco, local onde é posicionada a bomba de recalque, equipamento que fará o lançamento do esgoto de posições baixas para posições elevadas, de modo a permitir que o esgoto siga da rede até a estação de tratamento em tubulações menos profundas.

Compartimento de apoio está citado na imagem como item 4 e representa um ambiente que será utilizado por funcionários da concessionária responsável pela estação elevatória.

Figura 2 - Estação elevatória de esgoto



Fonte: Pereira e Soares (apud Campos, 2006)

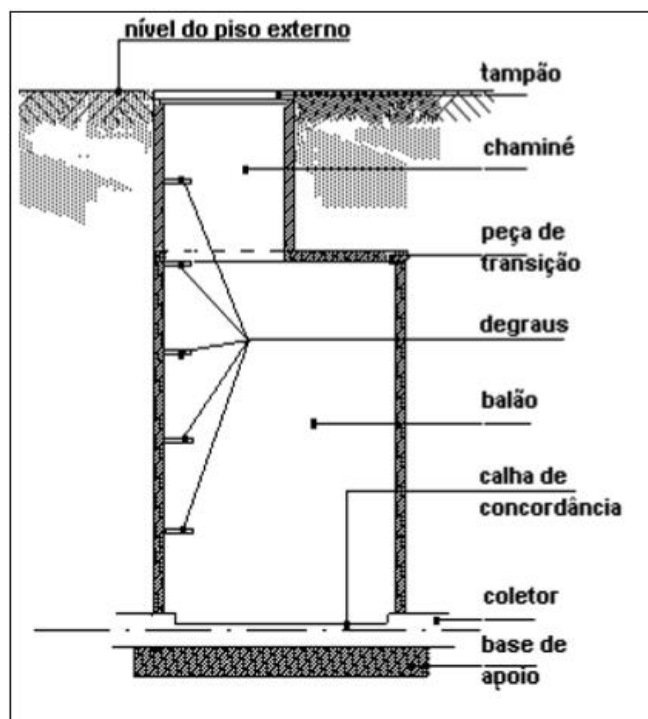
2.2.3 ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (1992a) , diz que a estação de tratamento de esgoto é um conjunto de unidades de tratamento, equipamentos, órgãos auxiliares, acessórios e sistemas de utilidades cuja finalidade é a redução das cargas poluidoras do esgoto sanitário e condicionamento da matéria residual resultante do tratamento, ou seja, é a unidade do sistema destinada a propiciar ao esgoto o devido tratamento após ser recolhido pela rede coletora para que depois seja devolvido a natureza sem causar prejuízos ao meio ambiente.

Para a realização de tratamento do esgoto o primeiro processo é a filtragem dos resíduos que acontece nas grades e caixas de areia. O próximo processo é a decantação primária, onde o esgoto recebe os primeiros produtos químicos que auxiliarão no tratamento e também é onde ocorre a sedimentação dos resíduos mais pesados que restaram da filtragem já feita nos processos anteriores.

Como último processo de tratamento, o esgoto chega ao decantador secundário onde todo resíduo sólido que sobrou dos processos anteriores vai ao fundo do mesmo, tornando assim a água com 90% menos de impurezas desde sua chegada à estação de tratamento. Após este último processo a água é direcionada para desague em leito natural.

Figura 4 - Poço de visita



Pereira e Soares (2006 apud Campos, 2007).

2.2.5 ORGÃOS ACESSÓRIOS

- a) Bacia de Drenagem: área delimitada pelos coletores que contribuem para um determinado ponto de reunião das vazões finais coletadas nessa área.
- b) Caixa de Passagem (CP): câmara subterrânea sem acesso, que pode ser observada na figura 5, localizada em pontos singulares por necessidade construtiva e econômica do projeto.

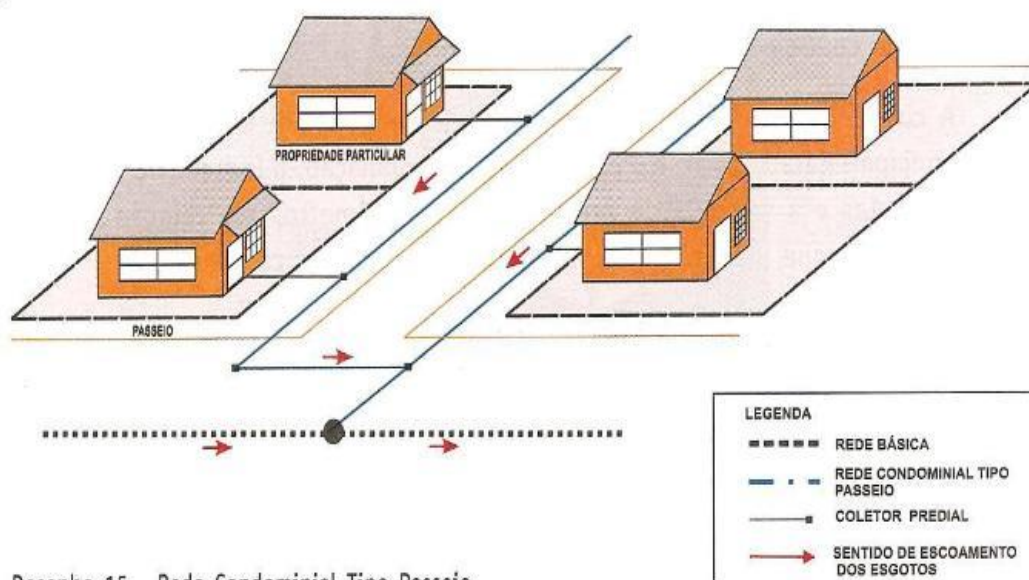
Figura 5 - Caixa de passagem



Fonte: Valot, 2006.

- c) Coletor de Esgoto: tubulação subterrânea da rede coletora que recebe contribuição de esgotos em qualquer ponto ao longo de seu comprimento, também chamado coletor público.
- d) Interceptor: canalização que recolhe contribuições de uma série de coletores de modo a evitar que deságuem em uma área a proteger, por exemplo, uma praia, um lago, um rio, etc.
- e) Ligação Predial: trecho do coletor predial situado entre o limite do lote e o coletor público.
- f) Sifão Invertido: trecho de condutor rebaixado e sob pressão, com a finalidade de passar sob obstáculos que não podem ser transpassados em linha reta.
- g) Sistema Coletor: Apresentado na Figura 6, é todo o conjunto sanitário constituído pela rede coletora, emissários, interceptores, estações elevatórias e órgãos complementares e acessórios.

Figura 6 - Sistema coletor



Desenho 15 - Rede Condominial Tipo Passeio

Fonte: Nobre, 2017

- h) Tanque Fluxível: reservatório subterrâneo de água destinado a fornecer descargas periódicas sob pressão dentro dos trechos de coletores sujeitos a sedimentação de material sólido, para prevenção contra obstruções por sedimentação progressiva.

2.2.6 NORMATIZAÇÃO

O sistema de esgotamento sanitário possui normas que foram criadas a bastante tempo. Segue a relação de normas importantes presentes para o sistema de esgotamento sanitário por gravidade:

- a) ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7229 – Projeto, Construção e Operação de Sistemas de Tanques Sépticos. Rio de Janeiro, 1993.
- b) ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13969 – Tanques Sépticos: Unidades de Tratamento Complementar e Disposição Final dos Efluentes Líquidos - Projeto, Construção e Operação. Rio de Janeiro, 1997.
- c) ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8160 - Sistemas prediais de esgoto sanitário -Projeto e execução. Rio de Janeiro, 1999.
- d) ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9649 – Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário. Rio de Janeiro, 1986.
- e) ABNT- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9648: Estudo e concepção de sistemas de esgoto sanitário; Rio de Janeiro, 1986.
- f) ABNT- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12209: Projeto de estação de tratamento de esgoto. Rio de Janeiro, 1992.
- g) ABNT- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12208: Projeto de estação elevatória de esgoto. Rio de Janeiro, 1992.

2.3 SISTEMAS DE ESGOTO A VÁCUO

O primeiro registro do sistema é datado 1888 onde teve sua patente registrada nos Estados Unidos quando Adrian LeMarquand inventou um sistema de coleta de águas servidas por pressão barométrica. A aplicação comercial do sistema a vácuo foi criada pela empresa Liljendahl-Electrolux (conhecida atualmente como Electrolux) na Suécia em 1959. Desde então foram originado quatro sistemas no mercado, desenvolvidos pelos fabricantes Liljendahl-Electrolux, Colt-Envirovac, Vac-Q-Tec e AIRVAC sendo que estes possuem diferenças significativas de conceito de projeto e operação (Wang; Shamma, 2013 apud Fernandes, 2015).

Segundo Wang e Shammass (2013 apud Fernandes, 2015) nos sistemas da Electrolux e Colt a economia de água apresentada é de 27%, os sistemas AIRVAC e Vac-Q-Tec permitem a inclusão dos dispositivos que geram a economia de água mediante adaptação ao sistema original.

Tecnologias racionalizadoras do consumo de água têm sido desenvolvidas, aprimoradas e implementadas, de tal forma a propiciar a máxima economia de água nos pontos de utilização deste insumo. O sistema de coleta de esgoto à vácuo surge como uma importante e interessante tecnologia para este fim, principalmente em edificações comerciais e institucionais, com grande afluxo de pessoas. (JOHN, 2004).

No Brasil, uma baixa porcentagem da população é atendida pelo Sistema de Coleta, Transporte e Tratamento de Esgoto, em função do alto custo de implantação e manutenção do sistema convencional, embora, esteja ligado diretamente à saúde e ao meio ambiente da população, bem como ao desenvolvimento do turismo. (Norbra, 2017).

O Sistema de Coleta de Esgoto a Vácuo oferece certas vantagens sobre o sistema convencional (por gravidade) que o tornam indispensável tanto em países já desenvolvidos quanto em países em desenvolvimento. (Norbra, 2017).

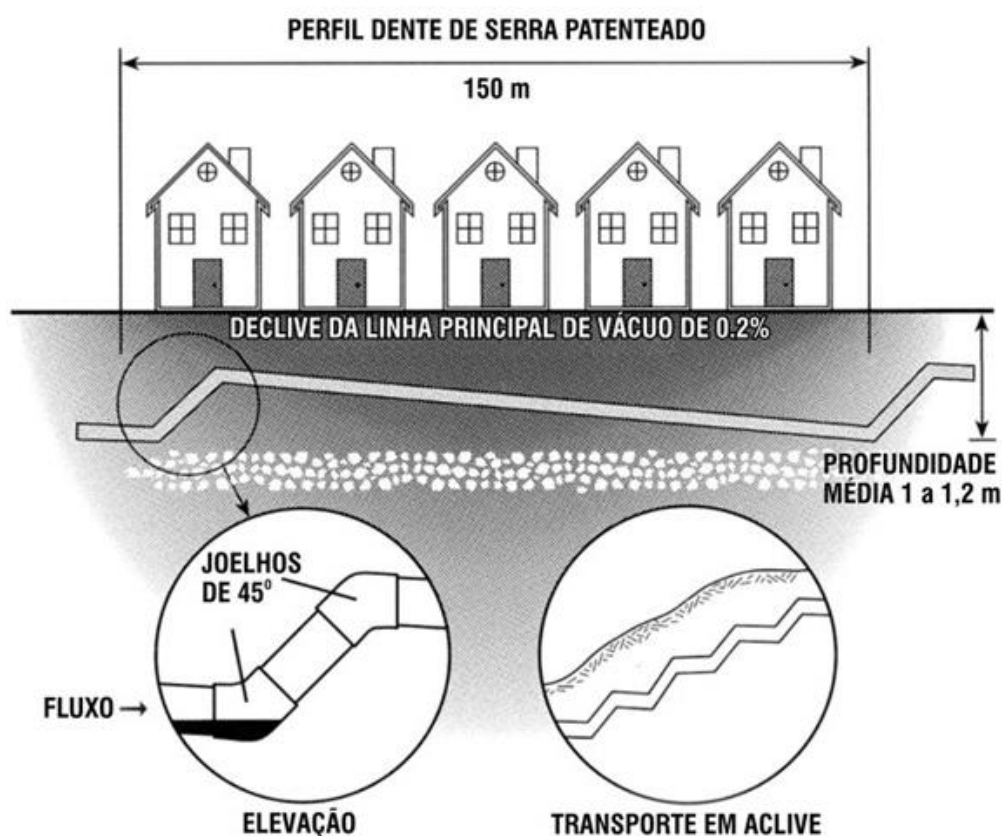
2.3.1 COMPONENTES

2.3.1.1 REDE COLETORA

A rede coletora pode ser dividida em duas partes, rede de coleta e a rede de coleta à vácuo, segundo definições estabelecidas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (2009):

a) Rede de coleta consiste no conjunto de caixas de inspeção, caixas de válvula, válvula de interface e tubulações que permitem conduzir o esgoto sanitário doméstico até o tanque coletor. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2009).

Figura 7 - Rede coletora à vácuo perfil “dente de serra”.



Fonte: Norbra, 2017.

As linhas de esgoto a vácuo são instaladas em valas estreitas em um perfil "dente-de-serra", conforme pode ser visto na Figura 7, para transporte em áreas planas. As linhas de esgoto apresentam uma leve inclinação (0,2%) nas proximidades da estação de vácuo. Ao contrário das linhas de esgoto por gravidade que precisam de um mínimo de caimento para obter uma velocidade de 0,60 m/s, o sistema a vácuo possui um caimento mais plano (mais suave), já que a alta velocidade de limpeza é uma das suas principais características. (Norbra, 2017).

b) Rede de coleta a vácuo, à qual são ligadas as conexões de serviço. A rede de coleta à vácuo é composta pela linha principal de vácuo e pelas linhas secundárias de vácuo. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2009).

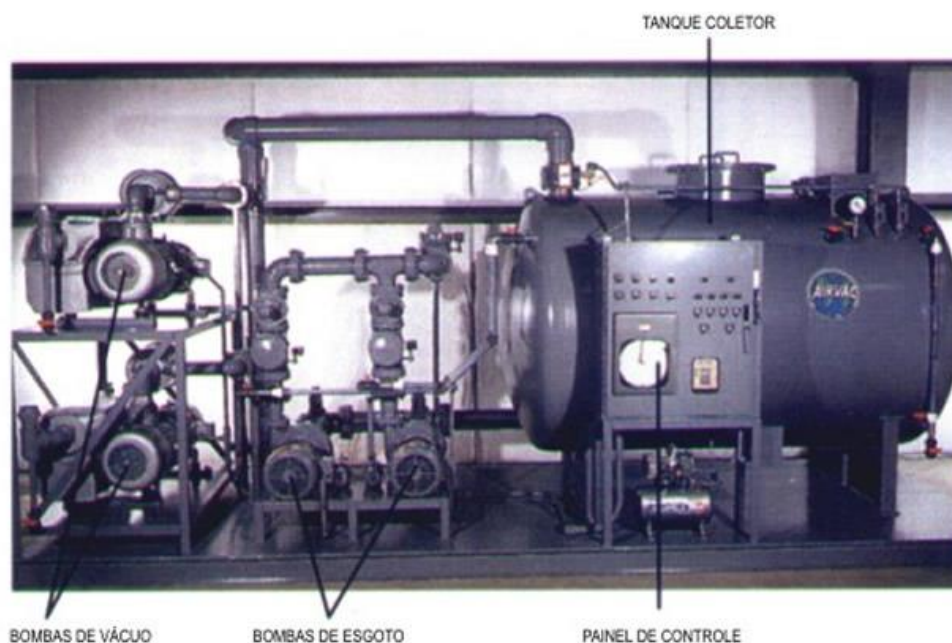
As redes à vácuo possuem diâmetros de 75, 100, 150, 200 e 250mm sendo que a especificação de pressão de 6,50 Kgf/cm² para tubos de PVC (cloreto de polivinila) ou PE (polietileno). Em regiões planas as linhas de vácuo são implantadas utilizando um perfil denominado “dente de serra”, patentado pela AIRVAC, com uma declividade

mínima de 0,20% na direção do fluxo, para a recuperação do nível adota-se o uso de lifts (elevações) que são compostos por dois joelhos de 45° conforme Figura 4. As características do perfil garantem a uniformidade de vácuo ao longo da rede. (Planos Engenharia, 2012 apud Fernandes 2015).

2.3.1.2 ESTAÇÃO À VÁCUO

Construção central, normalmente na parte mais baixa de uma rede de coleta, na qual se produz o vácuo necessário ao transporte do esgoto sanitário doméstico. A estação de vácuo compreende as bombas de vácuo, o tanque coletor, os dispositivos de descarga e recalque, assim como os equipamentos de supervisão, de proteção e de controle. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2009).

Figura 8 - Estação de vácuo.



Fonte: Norbra, 2017

Com funcionamento similar a uma estação elevatória do sistema convencional de esgoto sanitário, a estação de vácuo é o coração do sistema (Figura 8). Esta unidade é formada por bombas de vácuo, tanque coletor, bombas de recalque e painel elétrico de controle/automação e gerador “stand by”. A estação conta com um sistema de alarme através de um telefone ligado a um discador automático e em qualquer condição anormal

alerta o operador. Seu uso apresenta economia energética em um sistema de esgoto público quando substitui múltiplas elevatórias do sistema convencional. (Norbra, 2009).

2.3.1.3 ESTAÇÃO DE TRATAMENTO

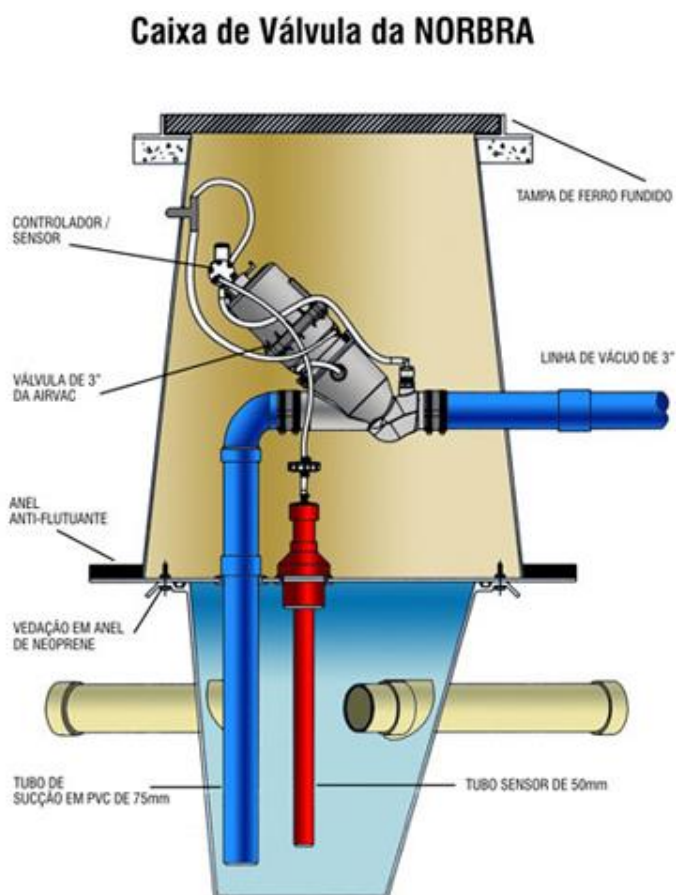
O sistema de esgoto à vácuo atualmente não possui uma estação de tratamento específica para si, esta faz uso da mesma estação de tratamento utilizada pelo sistema de esgotamento por gravidade que é citado no item 2.2.3.

2.3.1.4 ÓRGÃOS ACESSÓRIOS

a) Caixa de Válvula

Segundo a Associação Brasileira De Normas Técnicas (2009), é o dispositivo posicionado em frente a um número determinado de economias domésticas, que permite a ligação e a inspeção entre cada economia doméstica e a tubulação convencional. A tubulação que passa pela caixa deve estar de acordo com as regras de vigilância sanitária vigentes e das normas NBR 9648 e NBR 9649 da Associação Brasileira de Normas Técnicas, acerca das suas dimensões.

Figura 9 - Detalhe da caixa válvula AIRVAC



Fonte: Norbra, 2017.

A Caixa de Válvula, que pode ser vista na Figura 9, conecta as casas ao sistema de esgoto a vácuo. Até 8 casas podem ser ligadas a uma Caixa de Válvula. A Caixa é manufaturada em polietileno e quando 40 litros de líquido se acumulam nela, a válvula de interface se abre. (Norbra, 2017).

A Válvula AIRVAC de 3" opera aberta permitindo a saída do esgoto da caixa para a linha de vácuo. Esta válvula opera num ciclo de 5 a 7 segundos, sendo 3-4 segundos para o líquido, seguido de 2-3 segundos para o ar. O sensor de nível é simples. Assim que o sensor do nível de esgoto sobe, o ar preso dentro do tubo sensor de 2" empurra o diafragma no controlador da válvula/unidade sensor da válvula, sinalizando a mesma para abrir-se. Quando a quantidade de esgoto chegar a aproximadamente 40 litros, a válvula se abre automaticamente. (Norbra, 2017).

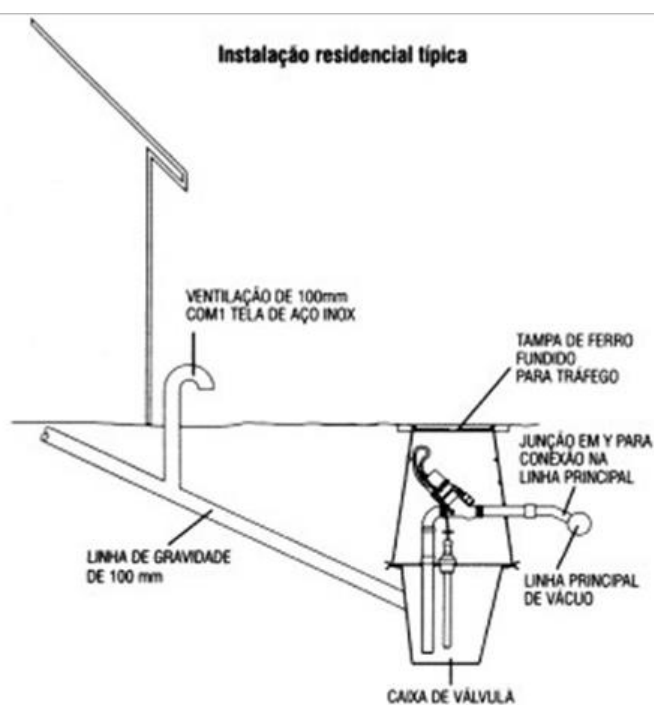
b) Tanque Coletor

É um reservatório de esgoto sanitário doméstico localizado na estação de vácuo. O reservatório opera sob pressão menor do que a atmosférica e é conectado às bombas de vácuo, à rede de coleta e às bombas de vácuo, à rede de coleta e as bombas de recalque. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2009).

2.3.2 PROCESSO DE ESGOTAMENTO À VACUO

O diferencial de pressão de ar é a força propulsora do sistema. As linhas de esgoto à vácuo estão sob um vácuo de (406 mmHg - 508 mmHg), gerado por bombas de vácuo localizadas na Estação de Vácuo. A diferença de pressão entre a pressão atmosférica e o vácuo na linha de esgoto provê a energia necessária para abrir a válvula de interface (Válvula de Vácuo de 3") e transportar os efluentes. (Norbra, 2017).

Figura 10 – Instalação caixa de válvula à vácuo.

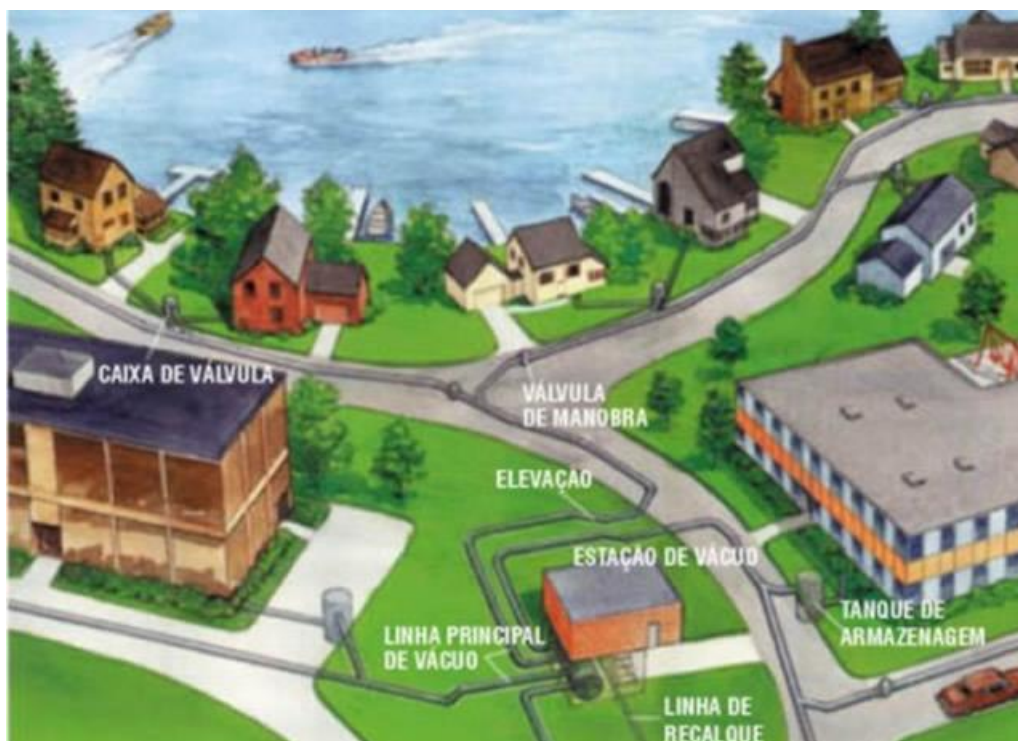


Fonte: Norbra, 2017.

Segundo a Norbra (2017), empresa representante de produtos da marca AIRVAC no Brasil, o esgoto escoar por gravidade diretamente das casas até o reservatório de esgoto na Caixa de Válvula como mostrado na figura 10. Quando aproximadamente 40 litros de

esgoto se acumulam no interior do reservatório, a válvula de interface localizada acima do reservatório abre-se automaticamente e o diferencial de pressão de ar propulsiona o esgoto através da válvula e da tubulação de esgoto à vácuo. O esgoto escoo através das Linhas de Esgoto a Vácuo até o Tanque Coletor na Estação de Vácuo.

Figura 11 - Transporte dos efluentes sob pressão até a estação de tratamento.



Fonte: Norbra, 2017.

As Linhas de esgoto à vácuo são geradas por bombas de vácuo que se localizam na estação coletora de esgoto à vácuo. O esgoto flui das casas até as caixas de válvula através do acionamento da válvula de vácuo de 3". Este é impulsionado até o tanque coletor na estação e então as bombas de esgoto transferem este esgoto até uma estação de tratamento ou qualquer emissário mais próximo. Não há necessidade de ligações elétricas, somente os equipamentos na estação são operados por energia elétrica podendo ser substituída por um gerador de energia. (Norbra, 2017).

2.3.3 RECOMENDAÇÕES

Segundo a Associação Brasileira De Normas Técnicas (2009), os esgotos sanitários domésticos à vácuo têm como princípio de funcionamento a diferença de

pressão entre a atmosfera e a baixa pressão no interior da rede coletora. Recomenda-se a utilização nas seguintes circunstâncias:

- a) Locais Planos;
- b) Nível do lençol freático elevado;
- c) Zonas com muita interferência de redes de água, luz, telefone e águas pluviais;
- d) Baixa densidade populacional;
- e) Necessidade de minimizar o impacto da obra: como cidades turísticas históricas, de veraneio ou de grande fluxo de público;
- f) Regiões litorâneas, lacunares e ilhas; e
- g) Solos muito moles ou muito rochosos.

As condições em que o sistema à vácuo não é recomendado são, regiões com elevada densidade populacional e locais onde o efluente tenha que ser transportado por mais de 4km.

2.3.4 LOCAIS DE USO NO BRASIL

No Brasil o sistema à vácuo já opera em algumas localidades: em Jurerê Internacional no município de Florianópolis no Estado de Santa Catarina, Paraty no estado do Rio de Janeiro e Paranaguá no Estado do Paraná, alguns projetos em outras cidades como Itamaracá que será a primeira cidade no Norte/Nordeste a receber esta tecnologia.

a) Jurerê Internacional, Florianópolis - SC

Através da parceria com a empresa Habitasul Empreendimentos Imobiliários, a Norbra começou a instalação do Sistema de Coleta de Esgoto à Vácuo em Jurerê Internacional no final do ano de 2002. O sistema, com 1114 conexões e instalação de 241 válvulas de 3", teve como início de funcionamento em novembro de 2003 e contempla 1093 casas, 21 prédios com 497 apartamentos, 62 lojas e restaurantes, beneficiando quase 10.000 habitantes e chega a obter uma vazão de aproximadamente 17,65 l/seg. A estação de vácuo presente neste bairro é vista na Figura 12.

Figura 12 - Estação de vácuo em Jurerê, Florianópolis – SC



Fonte: Norbra, 2017.

b) Paranaguá – PR

A empresa Norbra começou a planejar a instalação do Sistema de Coleta de Esgoto à Vácuo em Paranaguá – Pr. Após a concretização da parceria com a empresa Águas de Paranaguá, uma das filiais da Águas Do Brasil, a pedido do prefeito da cidade, pois no ano de 2000, a cidade sofreu muito com uma epidemia de malária, na qual após diversos estudos, foi constatado que houve uma contaminação através de infiltrações nas tubulações de abastecimento de água, devido ao precário sistema de coleta de esgoto (convencional).

Com a instalação do sistema em Paranaguá, onde sua estação de vácuo pode ser vista na Figura 13, a Norbra alcançou o índice de maior projeto de coleta de esgoto a vácuo no mundo, pois com a instalação de 968 válvulas de 3", obtendo-se uma vazão de 150 l/seg, o sistema contempla 6.000 casas e beneficia aproximadamente 35.000 habitantes e tem capacidade para atender no futuro até 70.000 habitantes, portanto é considerado o maior empreendimento na história da instalação do Sistema de Coleta de Esgoto a Vácuo. (Norbra, 2017).

Figura 13 - Estação de vácuo Paranaguá - PR



Fonte: Sulconsult, 2006 apud Campos 2007.

2.3.5 NORMATIZAÇÃO

O sistema de coleta de esgoto por meio de rede à vácuo é relativamente novo, por este motivo no Brasil só se tem até o momento uma norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas que foi feita em 2009, a NBR 15710.

A norma NBR 15710 traz outras normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas que corroboram a aplicação da rede de coleta à vácuo, sendo estas:

- a) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5363: Instalações Elétricas em atmosferas explosivas. Rio de Janeiro, 1997. – Tipo de proteção “d” – Especificação;
- b) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8160: Sistemas prediais de esgoto sanitário – Projeto e execução. Rio de Janeiro, 1999.
- c) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9800: Critérios para lançamento de efluentes líquidos industriais no sistema coletor público de esgoto sanitário. Rio de Janeiro, 1987.
- d) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10151: Acústica - Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade - Procedimento. 2000.
- e) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10152: Níveis de ruído para conforto acústico, 1987.

- f) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR IEC 60079-0: Atmosferas explosivas – Parte 0: Equipamentos -Requisitos Gerais;
- g) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR IEC 60029: Graus de proteção para invólucros de equipamentos elétricos (código IP).

3 INSTALAÇÕES PREDIAIS DE ESGOTO SANITÁRIO

3.1 INTRODUÇÃO

O sistema predial deve funcionar garantindo a coleta de todas as águas cinzas da construção e seu transporte até a rede coletora. As águas advindas da parte pluvial seguem um caminho que deve ser totalmente separado do sistema de esgoto predial.

Atualmente o Brasil ainda possui poucas informações do sistema de esgoto predial à vácuo sendo utilizados alguns métodos de outros países, porém já é possível perceber a presença de empresas com especialidade no assunto para implantar tal sistema em uma edificação.

3.2 SISTEMA PREDIAL DE ESGOTO SANITÁRIO POR GRAVIDADE

3.2.1 NORMATIZAÇÃO

A norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas que se faz presente para o sistema predial de esgoto sanitário é a NBR 8160 lançada em 1999. Esta traz como objetivos “exigências e recomendações relativas ao projeto, execução, ensaio e manutenção dos sistemas prediais de esgoto sanitário, para atenderem às exigências mínimas quanto à higiene, segurança e conforto dos usuários, tendo em vista a qualidade destes sistemas.” (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1999).

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (1999), traz em seu conteúdo os métodos de dimensionamento de esgoto predial, apresentando tabelas e fórmulas para a realização de cálculos para dimensionamento da rede de esgoto predial. Traz também definições sobre os equipamentos e produtos a serem utilizados para as instalações prediais. Estabelece ainda padrões mínimos com referência a qualidade de serviços e a higiene uma vez que quando se trata de esgoto sanitário é necessário perceber que sem ele pode haver presença de doenças.

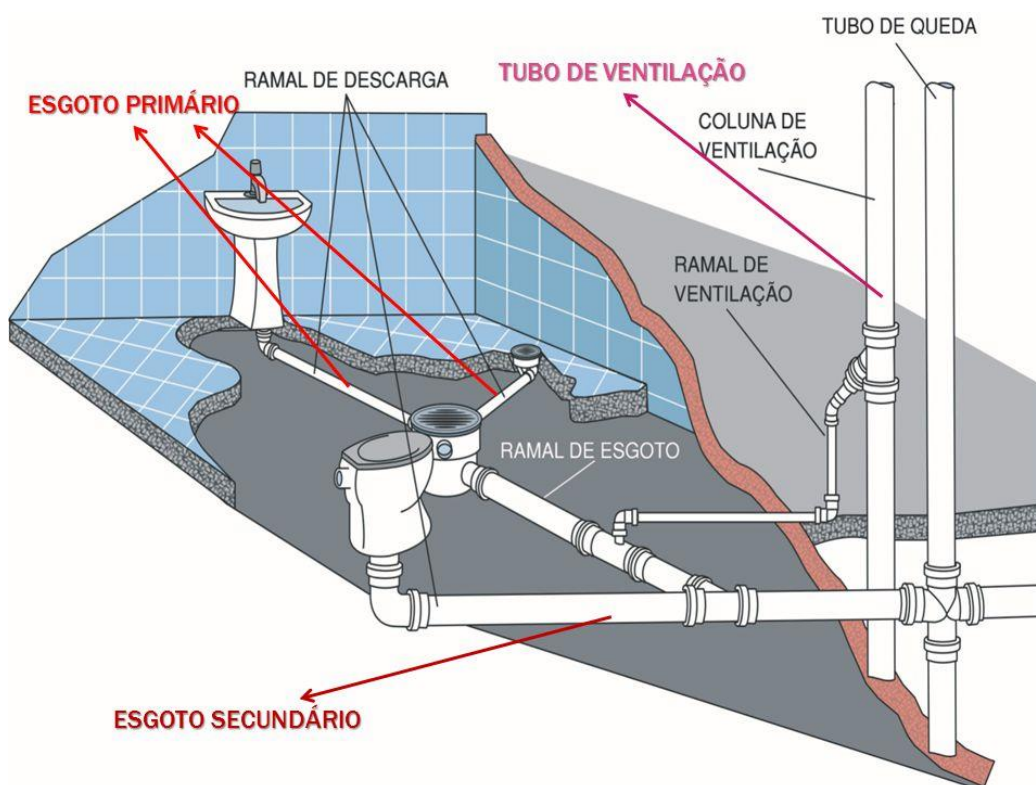
“O sistema predial de esgoto sanitário deve ser separador absoluto em relação ao sistema predial de águas pluviais, ou seja, não deve existir nenhuma ligação entre os dois sistemas.” (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1999).

3.2.2 PARTES PRINCIPAIS

3.2.2.1 RAMAIS DE DESCARGA

Os ramais de descarga apresentados na Figura 14 são, conforme a Associação Brasileira de Normas Técnicas (1999), a tubulação horizontal que recebe o efluente diretamente dos aparelhos sanitários e os encaminha ao tubo de queda.

Figura 14- Instalação de esgoto de um banheiro.



Fonte: Martel, 2014.

Devem apresentar uma declividade constante não podendo ultrapassar o limite máximo de 5% de inclinação. Esta inclinação permite que o esgoto percorra o caminho na horizontal sem parar e de modo a não atingir uma velocidade que possa trazer prejuízos a tubulação.

O dimensionamento da tubulação dos ramais de descarga é dado pela somatória de unidades Hunter de contribuição que cada aparelho presente no ambiente possui.

A Tabela 1 apresenta as Unidades de contribuição Hunter por aparelho, portanto no dimensionamento de um banheiro é utilizado o somatório dos mesmos para dimensionar cada trecho do ramal de descarga.

Tabela 1 - Unidade Hunter por aparelho

| Aparelho sanitário | | Número de unidades de Hunter de contribuição | Diâmetro nominal mínimo do ramal de descarga <i>DN</i> |
|----------------------------|---------------------|--|---|
| Bacia sanitária | | 6 | 100 ¹⁾ |
| Banheira de residência | | 2 | 40 |
| Bebedouro | | 0,5 | 40 |
| Bidê | | 1 | 40 |
| Chuveiro | De residência | 2 | 40 |
| | Coletivo | 4 | 40 |
| Lavatório | De residência | 1 | 40 |
| | De uso geral | 2 | 40 |
| Mictório | Válvula de descarga | 6 | 75 |
| | Caixa de descarga | 5 | 50 |
| | Descarga automática | 2 | 40 |
| | De calha | 2 ²⁾ | 50 |
| Pia de cozinha residencial | | 3 | 50 |
| Pia de cozinha industrial | Preparação | 3 | 50 |
| | Lavagem de panelas | 4 | 50 |
| Tanque de lavar roupas | | 3 | 40 |
| Máquina de lavar louças | | 2 | 50 ³⁾ |
| Máquina de lavar roupas | | 3 | 50 ³⁾ |

¹⁾ O diâmetro nominal *DN* mínimo para o ramal de descarga de bacia sanitária pode ser reduzido para *DN* 75, caso justificado pelo cálculo de dimensionamento efetuado pelo método hidráulico apresentado no anexo B e somente depois da revisão da NBR 6452:1985 (aparelhos sanitários de material cerâmico), pela qual os fabricantes devem confeccionar variantes das bacias sanitárias com saída própria para ponto de esgoto de *DN* 75, sem necessidade de peça especial de adaptação.

²⁾ Por metro de calha - considerar como ramal de esgoto (ver tabela 5).

³⁾ Devem ser consideradas as recomendações dos fabricantes.

Fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1999.

Com a totalização de unidades Hunter de contribuição pode ser feito o dimensionamento dos tubos de queda que são apresentados no item 3.2.2.2.

3.2.2.2 TUBOS DE QUEDA

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (1999), os tubos de queda são a tubulação que recebe os efluentes vindos dos ramais de descarga de cada banheiro que está ligado neste.

Os tubos de queda são dimensionados respeitando a tabela presente na norma NBR8160 da Associação Brasileira de Normas Técnicas, afim de definir o diâmetro da tubulação dos tubos de queda, conforme o número de unidades Hunter de contribuição que este vai receber conforme a Tabela 2.

Tabela 2 – Diâmetro do tubo de queda conforme somatório de Unidades Hunter

| Diâmetro nominal do tubo <i>DN</i> | Número máximo de unidades de Hunter de contribuição | |
|---------------------------------------|---|------------------------------------|
| | Prédio de até três pavimentos | Prédio com mais de três pavimentos |
| 40 | 4 | 8 |
| 50 | 10 | 24 |
| 75 | 30 | 70 |
| 100 | 240 | 500 |
| 150 | 960 | 1 900 |
| 200 | 2 200 | 3 600 |
| 250 | 3 800 | 5 600 |
| 300 | 6 000 | 8 400 |

Fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1999.

3.2.2.3 VENTILAÇÃO

Os tubos de ventilação de um sistema predial, são muito importantes para o funcionamento adequado do sistema de esgotamento do prédio. Estes permitem a entrada da pressão atmosférica na tubulação predial de modo a garantir o melhor funcionamento da rede com relação sua vazão, evitando o retorno de maus cheiros e diminuído a presença de ruídos.

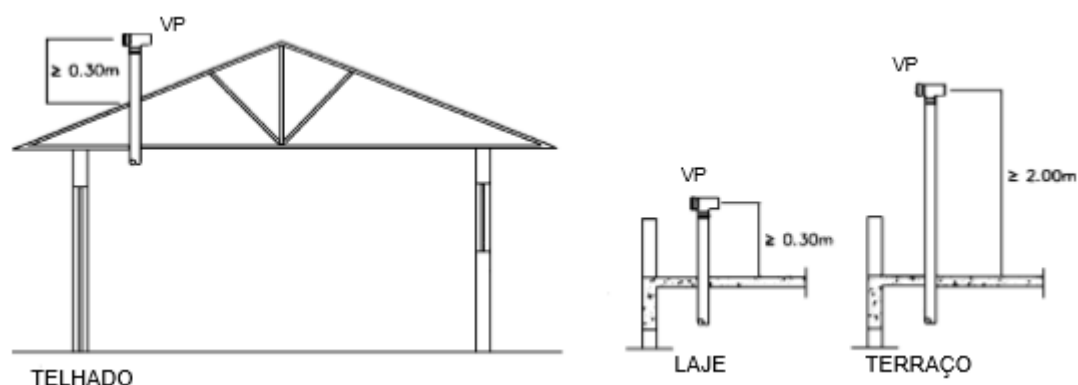
A coluna de ventilação recebe os ramais de ventilação vindos de suas ligações aos ramais de descargas presentes em cada banheiro e encaminha os gases até a cobertura do

prédio, a uma altura adequada e garantindo que águas provenientes de chuvas não tenham acesso a essa tubulação.

O sistema de ventilação pode ser feito de duas formas conforme diz a Associação Brasileira de Normas Técnicas (1999). A primeira forma seria com ventilação primária e secundária, e a segunda forma seria somente com a ventilação primária. Os tipos de ventilação primária ou coluna de ventilação e ventilação secundária ou ramal de ventilação são respectivamente, a ventilação que escoar dos tubos de queda e que seguem até a atmosfera, e ventilação que escoar de ramais, colunas ou barriletes. A Figura 14 marca entre suas indicações a presença destes dois itens.

A Figura 15 apresenta as alturas mínimas exigidas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (1999) a serem respeitadas quanto a saída da coluna de ventilação na cobertura. Estas devem ser compostas de peças e/ou sistemas que impeçam a entrada de água na mesma.

Figura 15- Saída na cobertura da coluna de ventilação.



Fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1999.

O dimensionamento dos tubos de ventilação é dado pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (1999), visando a quantidade de Unidades Hunter de contribuição citados no item 3.2.2.1. A norma dispõe de uma tabela (Tabela 3) com os diâmetros necessários segundo a contribuição de unidades Hunter do prédio.

Tabela 3 – Dimensionamento de colunas de ventilação.

Tabela 2 - Dimensionamento de colunas e barriletes de ventilação

| Diâmetro nominal do tubo de queda ou do ramal de esgoto <i>DN</i> | Número de unidades de Hunter de contribuição | Diâmetro nominal mínimo do tubo de ventilação | | | | | | | |
|--|--|---|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | | 40 | 50 | 75 | 100 | 150 | 200 | 250 | 300 |
| | | Comprimento permitido m | | | | | | | |
| 40 | 8 | 46 | - | - | - | - | - | - | - |
| 40 | 10 | 30 | - | - | - | - | - | - | - |
| 50 | 12 | 23 | 61 | - | - | - | - | - | - |
| 50 | 20 | 15 | 46 | - | - | - | - | - | - |
| 75 | 10 | 13 | 46 | 317 | - | - | - | - | - |
| 75 | 21 | 10 | 33 | 247 | - | - | - | - | - |
| 75 | 53 | 8 | 29 | 207 | - | - | - | - | - |
| 75 | 102 | 8 | 26 | 189 | - | - | - | - | - |
| 100 | 43 | - | 11 | 76 | 299 | - | - | - | - |
| 100 | 140 | - | 8 | 61 | 229 | - | - | - | - |
| 100 | 320 | - | 7 | 52 | 195 | - | - | - | - |
| 100 | 530 | - | 6 | 46 | 177 | - | - | - | - |
| 150 | 500 | - | - | 10 | 40 | 305 | - | - | - |
| 150 | 1 100 | - | - | 8 | 31 | 238 | - | - | - |
| 150 | 2 000 | - | - | 7 | 26 | 201 | - | - | - |
| 150 | 2 900 | - | - | 6 | 23 | 183 | - | - | - |
| 200 | 1 800 | - | - | - | 10 | 73 | 286 | - | - |
| 200 | 3 400 | - | - | - | 7 | 57 | 219 | - | - |
| 200 | 5 600 | - | - | - | 6 | 49 | 186 | - | - |
| 200 | 7 600 | - | - | - | 5 | 43 | 171 | - | - |
| 250 | 4 000 | - | - | - | - | 24 | 94 | 293 | - |
| 250 | 7 200 | - | - | - | - | 18 | 73 | 225 | - |
| 250 | 11 000 | - | - | - | - | 16 | 60 | 192 | - |
| 250 | 15 000 | - | - | - | - | 14 | 55 | 174 | - |
| 300 | 7 300 | - | - | - | - | 9 | 37 | 116 | 287 |
| 300 | 13 000 | - | - | - | - | 7 | 29 | 90 | 219 |
| 300 | 20 000 | - | - | - | - | 6 | 24 | 76 | 186 |
| 300 | 26 000 | - | - | - | - | 5 | 22 | 70 | 152 |

Fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1999.

3.2.2.4 SUBCOLETORES E COLETOR PREDIAL

Os subcoletores são uma parte do sistema de esgoto que tem por definição ser a tubulação que recebe os efluentes de um ou mais tubos de queda ou ramais de esgoto, segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (1999).

Conforme a Associação Brasileira de Normas Técnicas (1999), os coletores prediais são o trecho de tubulação que fica no final da última inserção de subcoletor, ramal de esgoto e/ou descarga, ou caixa de inspeção geral e o coletor público ou sistema particular.

Os dois tipos de coletores citados, pedem a preferência de serem retilíneos, porém nem sempre isso é possível, portanto a NBR 8160 pede que as tubulações sejam conectadas com peças que não ultrapassem o ângulo de 45° com a presença de elementos que permitam a inspeção.

Importante ressaltar que os subcoletores e coletores principais devem ter declividade mínima de 2% para tubulações de 75 milímetros de diâmetro, 1% para tubulações de 100 milímetros de diâmetro e máxima de 5% conforme especificado pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (1999). Esta declividade permite o escoamento dos efluente no sistema predial visando eficiência e não interrupção dos mesmos.

Para seu dimensionamento é necessário obter a declividade e diâmetro da tubulação a partir da somatória resultante vinda dos tubos de queda das unidades Hunter de contribuição. Com o valor desta e a tabela presente na norma NBR 8160 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (Tabela 4), é possível determinar as dimensões e inclinações dos subcoletores e coletor principal.

Tabela 4 – Inclinações segundo contribuição de unidades hunter

| Diâmetro nominal do tubo <i>DN</i> | Número máximo de unidades de Hunter de contribuição em função das declividades mínimas % | | | |
|---|--|-------|--------|--------|
| | 0,5 | 1 | 2 | 4 |
| 100 | - | 180 | 216 | 250 |
| 150 | - | 700 | 840 | 1 000 |
| 200 | 1 400 | 1 600 | 1 920 | 2 300 |
| 250 | 2 500 | 2 900 | 3 500 | 4 200 |
| 300 | 3 900 | 4 600 | 5 600 | 6 700 |
| 400 | 7 000 | 8 300 | 10 000 | 12 000 |

Fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1999.

3.3 ESPECIFICAÇÕES GERAIS

3.3.1 VAZÕES

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (1986a), a vazão mínima recomendada quando não se tem dados pesquisados e comprovados com validade estatística é de 1,5 l/s para efeitos de dimensionamentos.

3.3.2 DECLIVIDADES

A declividade da rede é dada para garantir o escoamento dos sedimentos, visando autolimpeza e economicidade do sistema.

a) DECLIVIDADE MÁXIMA

Conforme Associação Brasileira de Normas Técnicas (1986a), a declividade máxima que é admitida é aquela que não permite que a velocidade nos tubos não ultrapasse os 5 metros por segundo.

b) DECLIVIDADE MÍNIMA

Cada trecho da rede deve atender, segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (1986a), um mínimo de tensão trativa de 1 Pascal, visando evitar obstruções por sedimentação de sólidos. Pela norma a determinação da declividade mínima é recomendada usando o valor de Manning como 0,013 com a seguinte expressão:

$$I_{min} = 0,055 \times Qi^{-0,47}$$

Onde:

$$I_{min} = \text{Declividade mínima em m/m}$$

$$Qi = \text{Vazão inicial em } \frac{L}{s}$$

3.3.3 RECOBRIMENTO

Conforme a Associação Brasileira de Normas Técnicas (1986a) o recobrimento mínimo é 0,90 m para o assentamento no leito da via de tráfego, ou a 0,65 m para coletor assentado em passeios.

3.3.4 LÂMINA D'ÁGUA

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (1986a) traz a lâmina de água como sendo limitada a 75% de ocupação do diâmetro do tubo. É calculada com base em um regime uniforme e permanente.

3.3.5 TENSÃO TRATIVA

Os coletores de esgoto são transportadores de sedimentos inorgânicos e orgânicos, pois o esgoto sanitário é composto por 99,9% de água e 0,1% de sólidos, sendo que do total de sólidos, 70% é composto de matéria orgânica e 30% matéria inorgânica, que em parte é areia. Segundo dados bibliográficos, a quantidade de areia nos sistemas de esgoto é da ordem de 0,03 g/L (Tsutiya; Alem Sobrinho, 2000 apud Olijnyk et al., 2013)

A tensão trativa é a força que faz limpeza da tubulação, deve existir de modo que os sedimentos presentes na rede não se acumulem causando entupimento da mesma, prejudicando assim o sistema de esgoto.

3.4 SISTEMA PREDIAL DE ESGOTO A VÁCUO

3.4.1 NORMATIZAÇÃO

Norma reguladora de esgoto sanitário doméstico à vácuo no Brasil é a NBR 15710 lançada em 2009 pela Associação Brasileira de Normas Técnicas. Conforme seu escopo da norma, esta especifica os requisitos mínimos de desempenho e os critérios de limite de projeto dos sistemas de coleta e transporte de esgoto sanitário doméstico a vácuo, a partir do limite externo da economia doméstica a ser conectada à rede coletora.

3.4.2 PARTES PRINCIPAIS

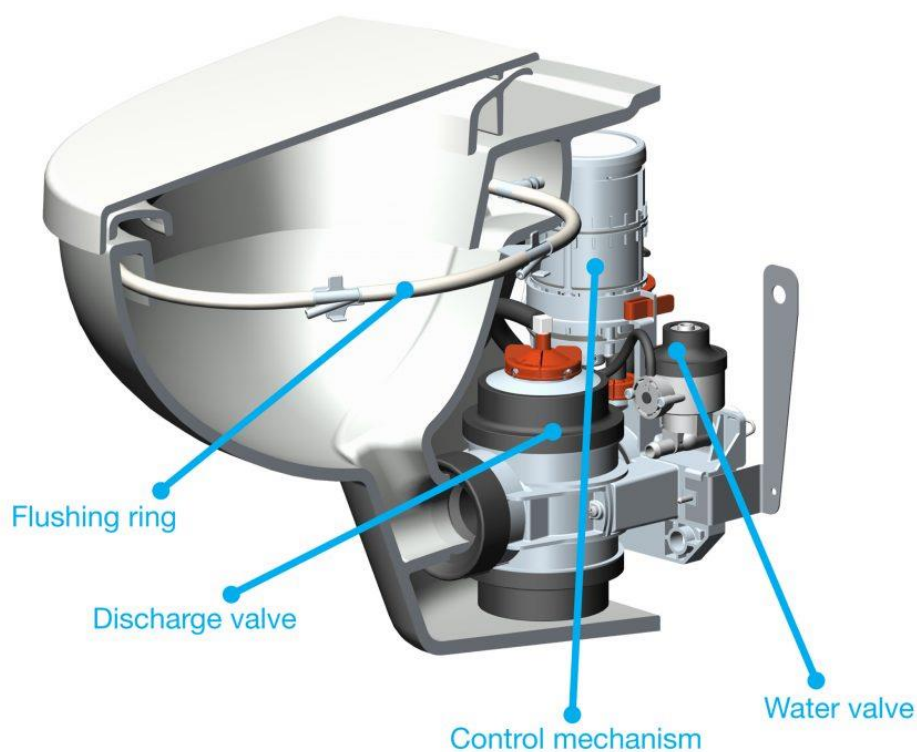
3.4.2.1 RAMAIS DE DESCARGA

A aplicação do sistema de esgoto a vácuo em redes prediais é a mesma que a da rede de esgoto a vácuo externo visto no item 2.3. Se baseiam no princípio básico de diferença de pressão da montante e jusante, fazendo com que ocorra o transporte do esgoto gerado nas instalações sanitárias através da câmara de recolha presente em cada instalação sanitária,

Nas redes de esgoto a vácuo exteriores usa-se caixa de válvula, assunto presente no item 2.3.1.4 no tópico “a”, que na rede predial será substituída pela válvula de vácuo. Tanto a caixa válvula como a válvula de vácuo tem a mesma função, fazer a ligação entre o esgoto gravitacional e a vácuo.

A válvula de vácuo está presente junto a bacia sanitária, como mostra a Figura 16, e tem como objetivo fazer a interface entre o sistema gravitacional, montante, e o sistema a vácuo, jusante, que transporta o esgoto proveniente da residência. Faz com que haja uma separação do vácuo da tubulação pressurizada e a pressão atmosférica encontrada no montante.

Figura 16 – Bacia sanitária com válvula de vácuo acoplada

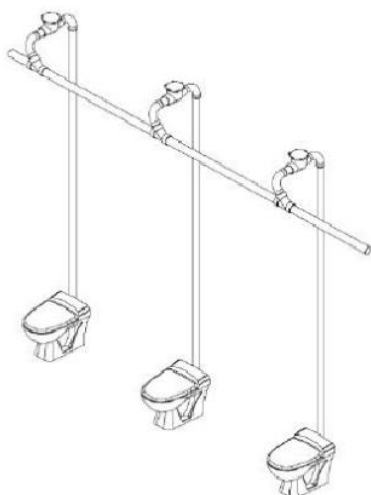


Fonte: Evac, 2017.

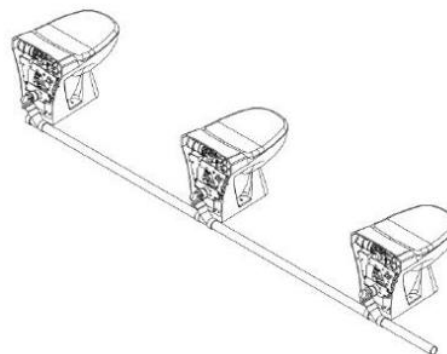
Esta válvula encontra-se junto a bacia sanitária e possui um sistema pneumático, não necessitando de energia elétrica, que faz com que a válvula seja acionada. Com a válvula fechada o sistema de vácuo se isola, ou seja, mantém a pressão obtida da estação de vácuo. Quando a válvula é aberta, faz com que haja uma diferença de pressão no sistema e essa desigualdade de pressão promove o transporte do esgoto acumulado na câmara de recolha.

O vaso sanitário pode ser unido ao recolhimento do banheiro de duas formas: com ligação elevada e ligação horizontal, conforme a Figura 17. As duas formas de ligação a rede podem ser utilizadas. Leva-se muito em consideração o visual estético e arquitetônico da obra, pois com a ligação elevada poderá passar pela parede e se esconder em um forro, porém a mais utilizada é a ligação horizontal onde contém menor uso de peças reduzindo a perda de pressão na tubulação.

Figura 17 - Tipos de recolhimento de vaso sanitário a vácuo.



Tubulação de recolhimento elevado.

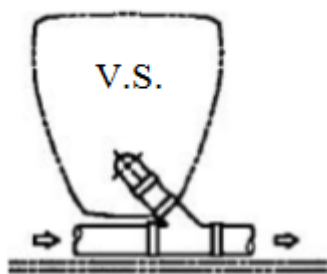


Tubulação de recolhimento horizontal.

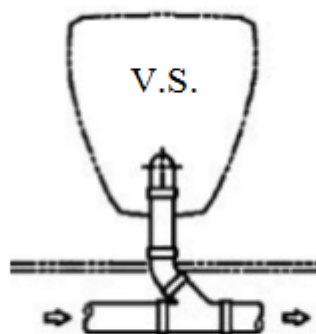
Fonte: Cedovim, 2013.

A utilização do recolhimento horizontal pode ser disposta de dois modelos que tem a laje como referência, podendo ser apoiada sobre a mesma ou ancorada, como mostra a Figura 18. A utilização de uma ou de outra não tem conceito técnico, somente o que melhor se enquadrar com o arquitetônico da obra.

Figura 18 - Tipos de ligação horizontal do sistema a vácuo.



Tubulação apoiada na laje.



Tubulação embutida na laje

Fonte: Cedovim, 2013.

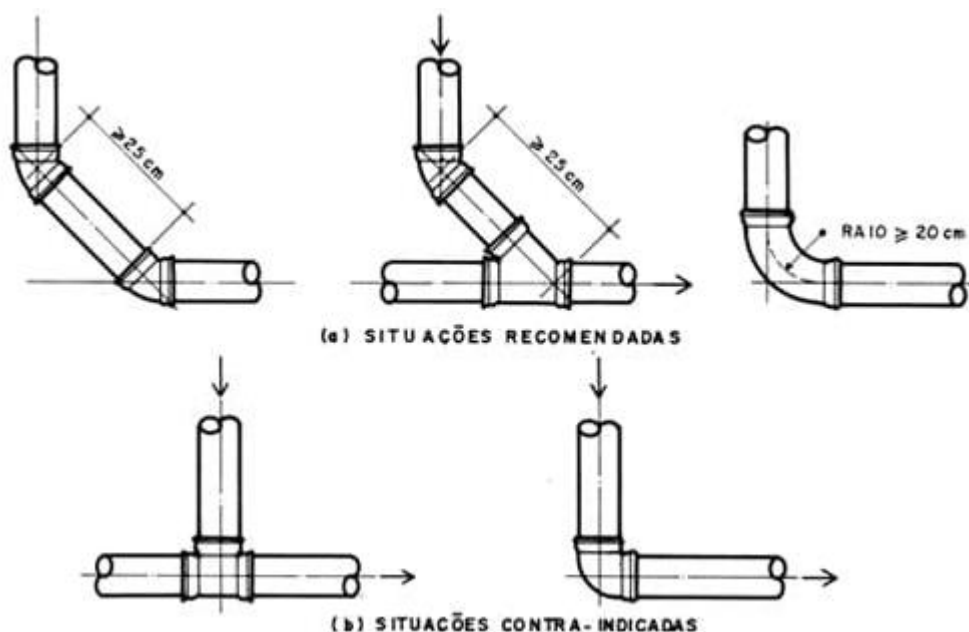
Os ramais de descarga do sistema de esgotamento à vácuo devem obedecer às especificações quanto as suas conexões. Por ser um sistema fechado, a pressão interna

existente nas tubulações é alta podendo trazer riscos a tubulação caso sejam utilizadas conexões de curvas e joelhos com ângulos superiores a 45° ou tês de ligação. A conexão com o tubo de queda deverá utilizar junção simples de 45° ou cotovelo de 45° obedecendo o afastamento de no mínimo 25 centímetros entre peças, conforme mostrado na Figura 19.

As mudanças de direção da tubulação devem ser feitas utilizando curvas com grande raio e de 45° como foi dito anteriormente, as curvas de 90°, ou joelhos de 90°, ou tês de ligação, por mudarem de direção muito bruscamente, provocam, com o passar do tempo de uso, fissuras na rede devido à pressão e velocidade em que o esgoto percorre a rede de vácuo.

As tubulações devem ser constituídas de material PVC (Policloreto de Vinila) marrom (mesmo usado na tubulação de água fria), com diâmetros externos de 50 a 100 milímetros e inclinação mínima nas tubulações horizontais de 0,2% no sentido para o qual o efluente percorre.

Figura 19 - Junções recomendadas para sistema a vácuo



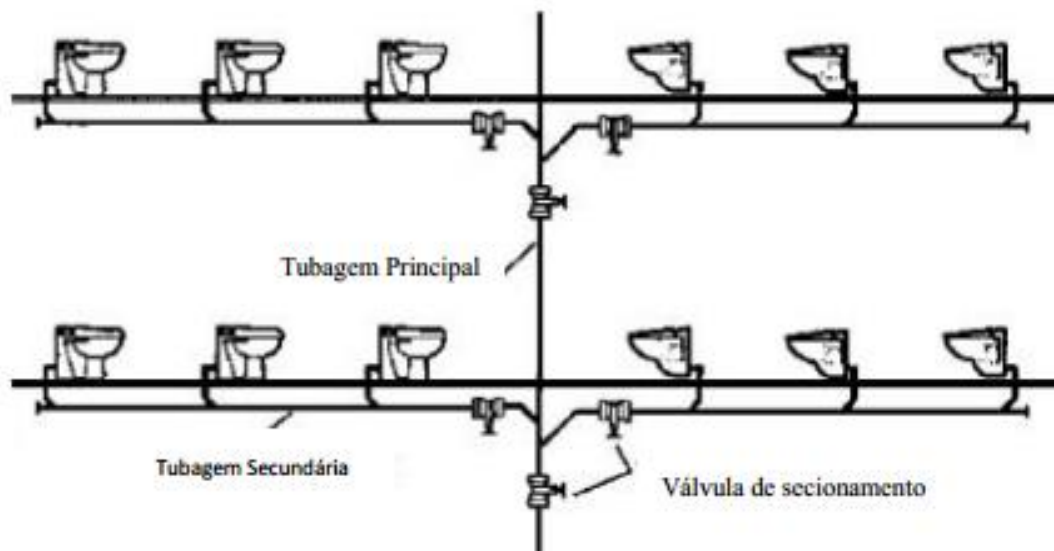
Fonte: EACWEB, 2017.

3.4.2.2 TUBOS DE QUEDA

Para a interligação dos aparelhos de coleta e transporte de esgoto sanitário à vácuo até a estação de vácuo deve-se executar um sistema de tubulações, que é dividido em

primária e secundária, conforme mostrado na Figura 20, de tal forma que apresente o menor número possível de conexões afim de otimizar a condutância (ITL – INNOVATIVE TEACHING LABORATORY, 1996 apud Resende Filho 2009)

Figura 20 - Tubulação de esgoto sanitário a vácuo.

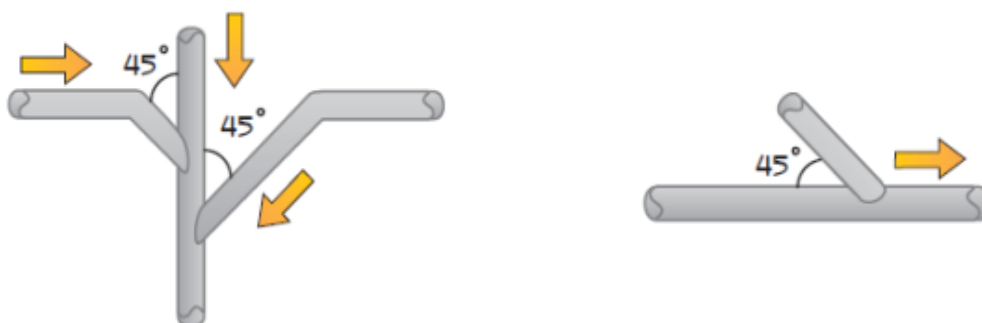


Fonte: Cedovim, 2013.

A tubulação primária é o tubo de queda propriamente dito e apresentado na Figura 20 como “tubagem principal”. A tubulação secundária se refere aos ramais de descarga que são tratados no item 3.4.2.1 e são referidos na Figura 20 como “Tubagem secundária”.

As junções deverão respeitar tanto a tubulação vertical, denominada principal, quanto a tubulação horizontal, chamada de secundária, a forma de ligação deverá ser como a apresentada na Figura 21.

Figura 21 - Juntas e curvas



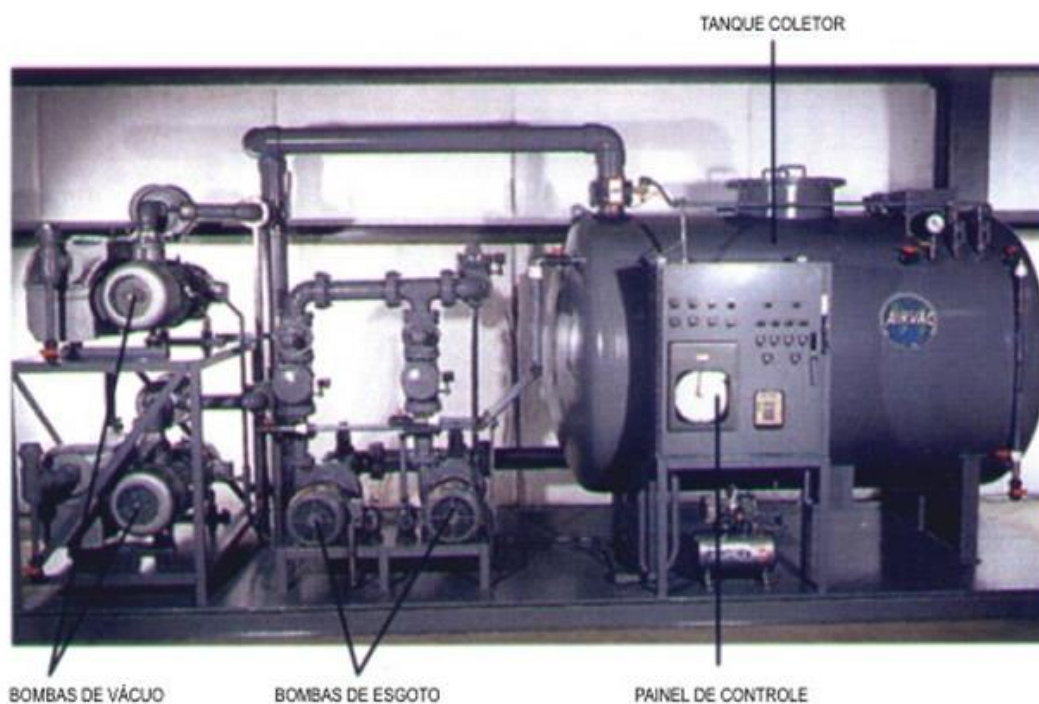
Fonte: Cedovim, 2013.

Quando duas tubulações secundárias do mesmo nível se ligarem no ramal principal, essa união deve ocorrer com um afastamento vertical (conforme Figura 21), para que as duas saídas não fiquem uma à frente da outra, pois caso isso aconteça o material residual pode se depositar na tubulação inclinada.

3.4.2.3 ESTAÇÃO DE VÁCUO

O funcionamento de central de vácuo é idêntico a uma estação elevatória nas redes gravitacionais. As bombas transportam o esgoto do tanque coletor através de uma tubulação até um coletor e/ou interceptor e/ou uma estação de tratamento. A estação de vácuo contém normalmente 2 a 5 bombas para produzir vácuo, quer na rede de esgoto, quer no tanque coletor. (Cedovim, 2013).

Figura 8 - Foto de estação de vácuo



Fonte: Norbra, 2017.

A estação de vácuo, Figura 8, fica localizada geralmente no centro do sistema de esgoto, coletando as águas residuais para posteriormente destina-lo ou para rede coletora ou estação de tratamento. A estação de vácuo deve estar dentro de uma casa de máquinas, onde se encontra os principais itens da estação, sendo eles: bombas de vácuo, bombas de esgoto, tanque coletor e painel de controle. A função das bombas de vácuo é estabelecer a pressão adequada no sistema de tubulação para poder transportar a água residual proveniente das residências.

A bombas de esgoto são necessárias para transportar o esgoto armazenado no tanque coletor para a rede de esgoto ou estação de tratamento. O impulsionamento e parada dessas bombas são controlados a partir de níveis pré-fixados no tanque coletor, que são reconhecidos por sensores no tanque.

O tanque de esgoto é onde ocorre a entrada e saída do esgoto, dependendo do nível que se encontra o mesmo, este se localiza no meio das duas bombas, a de vácuo e a de esgoto e deverá ser estanque e com capacidade de suportar os níveis de vácuo habituais do sistema.

Utilizando um Controlador Lógico Programável – CLP, o painel de controle possui um sistema automático de monitoramento e gerenciamento das bombas, do nível

de vácuo no sistema e do nível de esgoto no interior dos tanques. Por conseguinte, controla os ciclos de esvaziamento destes com descarga automática do efluente para a estação de tratamento ou diretamente na rede pública, quando permitido. A central de vácuo é o único ponto que requer a utilização de energia elétrica, em todo o sistema. (Manual E-vac, 2008).

3.4.2.4 SUBCOLETORES E COLETOR PREDIAL

Conforme a Associação Brasileira de Normas Técnicas (1999), os subcoletores são uma parte do sistema de esgoto que tem por definição ser a tubulação que recebe o material residual de um ou mais tubos de queda ou ramais de esgoto, ou seja, é a mudança de direção que acontece no final do tubo de queda.

No sistema de esgoto à vácuo esses subcoletores também aparecem no final dos tubos de queda, eles se encontram pressurizados e tem o objetivo de levar o material residual até a estação de vácuo aonde ficará armazenado nos tanques de coleta.

Já os coletores prediais são trechos de tubulação que ficam no final da última interseção de subcoletor, ou seja, é a tubulação que irá levar o material até a rede coletora de esgoto.

O coletor predial em um sistema à vácuo, é a única parte do sistema que não se encontra pressurizada, pois o esgoto é lançado nessa tubulação pela bomba de esgoto presente na estação de vácuo e a partir dessa bomba o material é transportado pela força gravitacional e é levado até o seu desague que se encontra na rede coletora de esgoto.

4 COMPARATIVO ENTRE INSTALAÇÕES PREDIAIS DE ESGOTO SANITÁRIO PARA EDIFICAÇÃO COMERCIAL

4.1 METODOLOGIA

A partir de um projeto modelo de uma edificação com banheiros tipo será feito um estudo comparativo entre os sistemas de esgotamento à vácuo e por gravidade, este visará verificar peças de uso, as tubulações que podem ser utilizadas e seu funcionamento.

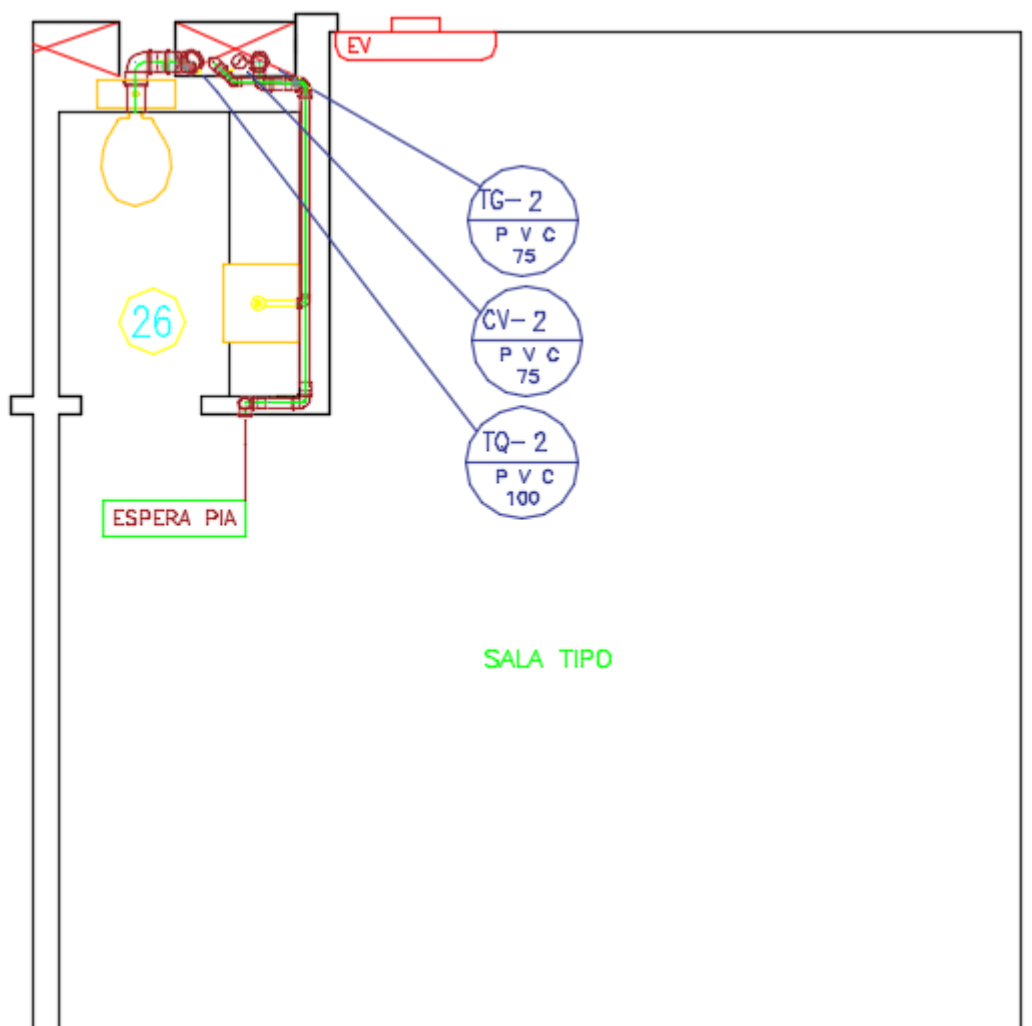
4.2 PROPOSTA DO ESTUDO REALIZADO

Comparar os tipos de esgotamento à vácuo e por gravidade da edificação modelo escolhida, quanto ao seu funcionamento, suas exigências, utilizando-se de uma bacia sanitária de um banheiro tipo presente na mesma.

4.3 ESCOPO GERAL DA EDIFICAÇÃO ESTUDADA

Será utilizado para realização do estudo um projeto modelo de uma edificação comercial que conta com 13 pavimentos tipo localizada na grande Florianópolis. A mesma possui banheiros, utilizando o mesmo modelo de organização de aparelhos e dimensões, como mostra a Figura 23.

Figura 22 - Banheiro do projeto modelo.



Fonte: Projeto modelo, 2017.

Conforme mostrado na Figura 23, o banheiro possui área de 2 metros quadrados em uma sala comercial de 29,40 metros quadrados, que se repete 11 vezes no mesmo pavimento. Na mesma figura o sistema sanitário abrange vaso sanitário, lavatório e espera para pia, onde não será escopo do trabalho os últimos dois componentes citados.

4.4 ESGOTO SANITÁRIO DOS BANHEIROS

4.4.1 ESGOTO POR GRAVIDADE

Em banheiros o esgoto por gravidade abrange todos os aparelhos presentes no ambiente de modo a levar as águas vindas do lavatório através de ramais de esgoto para caixa sifonada. A partir desta as águas se ligam à tubulação proveniente do vaso sanitário

dando origem ao ramal de descarga que ligar-se-á no tubo de queda que descerá até os subcoletores. Antes da chegada ao tubo de queda, existe a ligação do ramal de ventilação ligando à coluna de ventilação que segue até a cobertura. A Figura 23 representa o sistema.

4.4.2 ESGOTO À VÁCUO

No sistema de esgoto à vácuo presente nesse projeto modelo irá ser somente conectada a bacia sanitária compatível para o sistema, com a válvula de vácuo embutida nela como mostrada na Figura 16. Um diferencial desse sistema é que o tubo de transporte do esgoto é conectado na bacia pela parede como mostra a Figura 24.

Figura 23 - Vaso sanitário do sistema à vácuo.



Fonte: Jets, 2017.

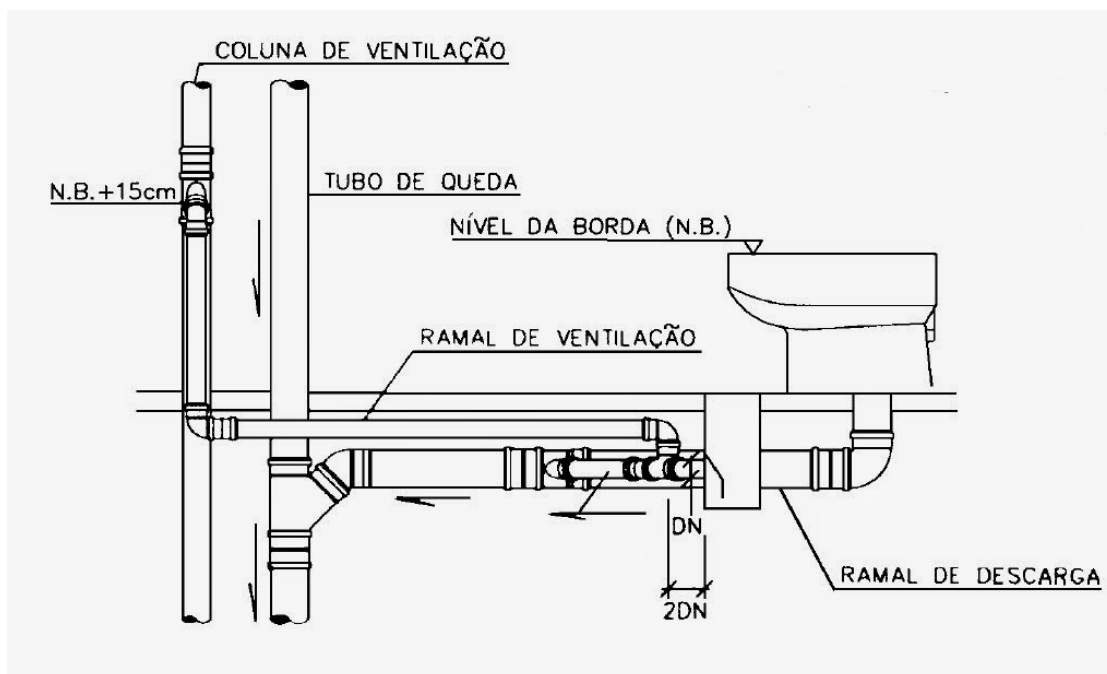
4.5 RECOLHIMENTO DOS ESGOTOS PARA OS TUBOS DE QUEDA

4.5.1 ESGOTO POR GRAVIDADE

O recolhimento dos esgotos por gravidade de um banheiro em direção ao tubo de queda ocorre de maneira simples. As águas provenientes de lavatório encaminham-se

para uma caixa sifonada através de tubulações, usualmente, de PVC. Águas provenientes de vasos sanitário se ligam diretamente a tubos de queda, recebendo no percurso da tubulação a água advinda da caixa sifonada.

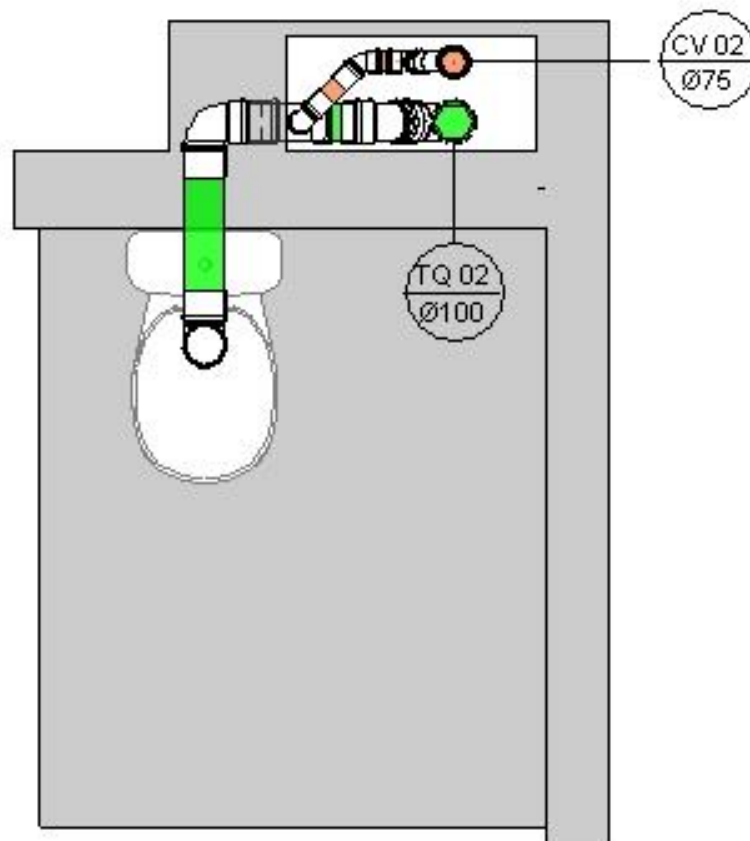
Figura 24 - Detalhes do recolhimento do esgoto



Fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1999.

A Figura 25 demonstra as ligações do sistema de esgoto por gravidade de um banheiro detalhado fornecido pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (1999). É importante ressaltar a presença do ramal de ventilação, que foi citado no item 3.2.2.3, sendo ligado do ramal de descarga à coluna de ventilação que seguir-se-á até a cobertura onde ocorre a expulsão dos gases coletados a cada banheiro conectado.

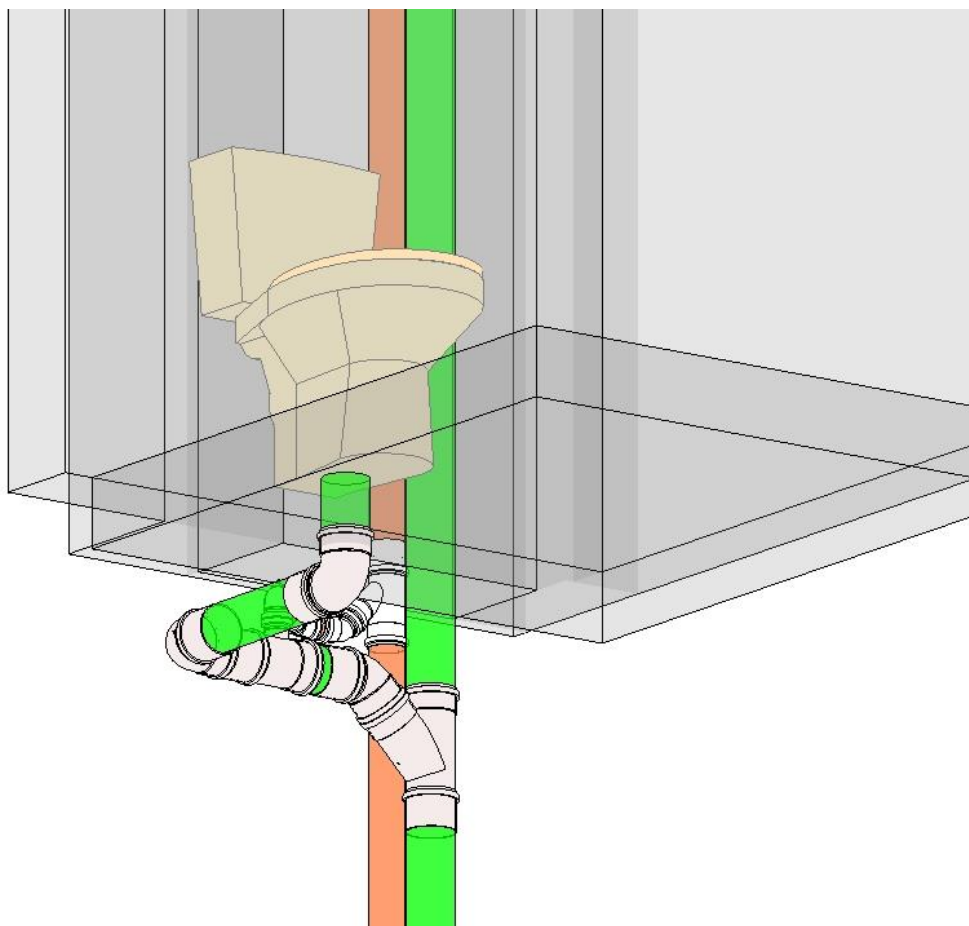
Figura 25 - Recolhimento do esgoto por gravidade



Fonte: Projeto Modelo, 2017.

A Figura 26 apresenta a planta baixa do banheiro mostrando a ligação do vaso sanitário ao ramal de descarga em cor verde que é ligado ao tubo de queda, também em cor verde e identificado como “TQ 02”. Em uma ligação adjacente é visto o ramal de ventilação ligando à coluna de ventilação representada em cor salmão e com identificação “CV 02”.

Figura 26 - Vista tridimensional do sistema de esgotamento gravitacional.



Fonte: Projeto modelo, 2017.

A saída de descarga da bacia sanitária convencional, ou seja, por gravidade, é vista como sendo pela parte inferior da mesma como mostrado na visão tridimensional do banheiro apresentada na Figura 27.

O ramal de ventilação apresenta-se ligado no ramal de descarga antes da ligação com o tubo de queda permitindo que o escoamento dos resíduos gerados por essa bacia seja de forma mais facilitada evitando o retorno de maus odores, pois a ventilação do sistema permite a entrada da pressão atmosférica que age em favor destes como foi explicado no item 3.2.2.3.

4.5.2 ESGOTO A VÁCUO

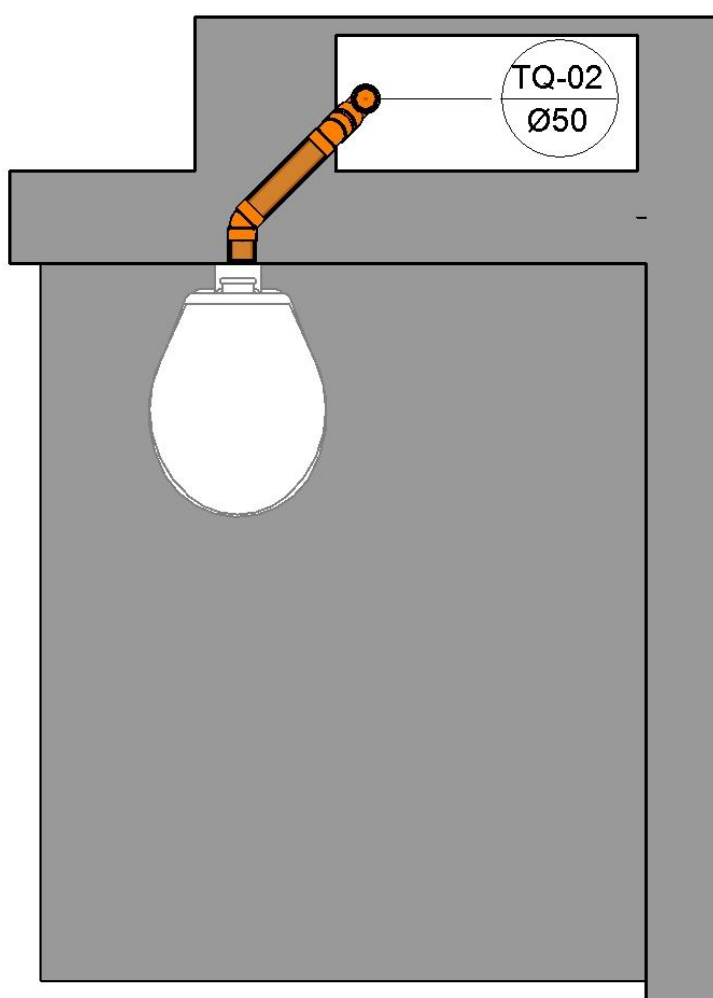
O recolhimento do material residual do sistema de esgotamento à vácuo apresentado para o projeto modelo é visto na Figura 28, mostra em planta baixa a tubulação de cor alaranjada saindo diretamente do vaso sanitário para a parede onde é

direcionado para o tubo de queda. A metodologia usada para realização do traçado deste sistema, foi apresentada no item 3.4.2.1.

Visando a aplicação do sistema de esgotamento à vácuo para projeto modelo foi optado pelo modelo de tubulação para recolhimento do tipo horizontal, sendo este diretamente ligado na parede sem estar apoiado na laje.

O esgoto gerado pela bacia sanitária à vácuo apresentada na Figura 28 segue caminho em direção ao tubo de queda, identificado na mesma como “TQ-02”.

Figura 27 - Recolhimento do escoamento à vácuo



Fonte: Projeto modelo, 2017.

Na vista tridimensional indicada como Figura 29 é possível entender como as junções são empregadas no ramal de descarga à vácuo. Utilizando todas as junções em 45° para que não ocorra golpe na tubulação, prevenindo a mesma de sofrer danos. As junções respeitam o afastamento mínimo de 25 centímetros uma da outra e a ligação com

a tubulação de queda acontece também com a junção de 45° voltada para baixo, tais procedimentos foram empregados para diminuir a perda de vácuo dentro das tubulações.

Figura 28 - Vista tridimensional do sistema de esgotamento a vácuo.



Fonte: Projeto modelo, 2017.

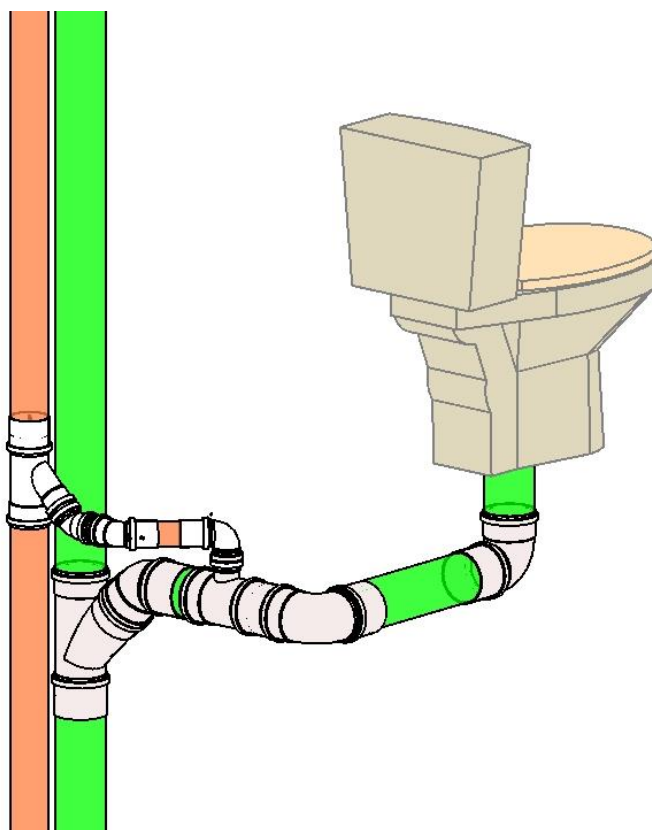
4.6 TUBOS DE QUEDA

4.6.1 ESGOTO POR GRAVIDADE

O tubo de queda começa após o recolhimento do material residual proveniente dos vasos sanitários, o mesmo possui uma junção para cada banheiro ligado nele afim de realizar a coleta de todos os mesmos presentes na mesma prumada.

A Figura 30 apresenta a vista tridimensional demonstrando a ligação do ramal de descarga no tubo de queda, ambos representados na cor verde. Esta vista dada na Figura 30 representa a ligação de apenas um banheiro tipo, porém a ligação dos demais banheiros em seus respectivos tubos de queda é dada de forma igual a representada.

Figura 29 - Vista tridimensional do recolhimento do banheiro para o tubo de queda.

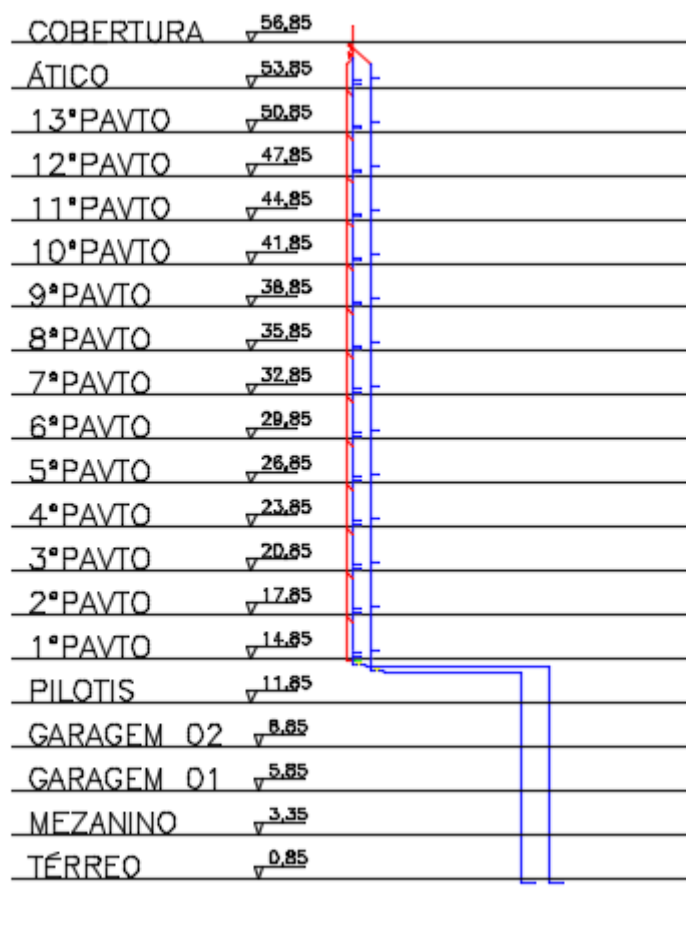


Fonte: Projeto modelo, 2017.

O tubo de queda da edificação em estudo é apresentado na Figura 30, como sendo o tubo em verde no sentido vertical, que realiza o recolhimento dos banheiros dos pavimentos da edificação.

Ao todo a edificação cujo se obteve o projeto modelo tem 12 tubos de queda com diâmetro de 100 mm em PVC (Policloreto de Vinila), que se ligam a subcoletores ao final de seu percurso. Na Figura 31 observa-se o esquema vertical de um tubo de queda indicando os níveis de cada pavimento.

Figura 30 - Tubos de queda e ventilação



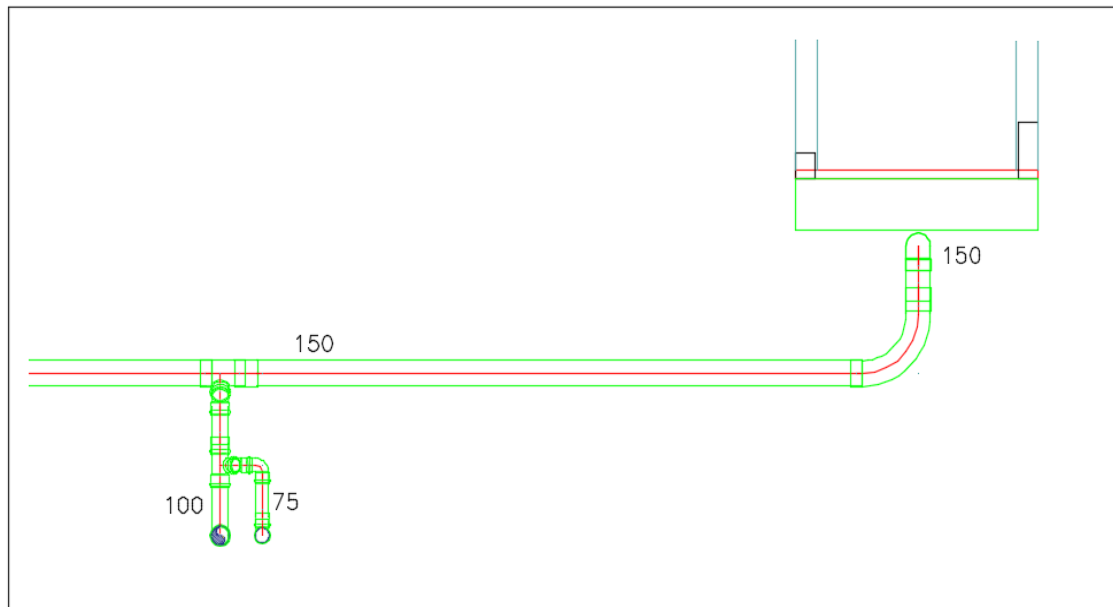
ESQUEMA VERTICAL DE ESGOTO (TORRE A) – SEM ESCALA

Fonte: Projeto modelo, 2017.

No pilotis da edificação em estudo os subcoletores existentes para cada tubo de queda presente recebem os resíduos advindos dos 12 tubos de quedas presentes ligando-os a uma caixa de inspeção.

É observado na Figura 32 a ligação do subcoletor presente no teto do Pilotis da edificação modelo, esta também traz as indicações de diâmetros de ventilação, tubo de queda e subcoletor utilizados no projeto dessa.

Figura 31 - Recolhimento no teto do pilotis.

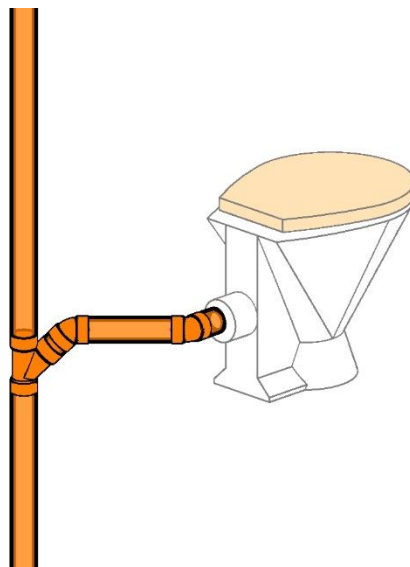


Fonte: Projeto modelo, 2017.

4.6.2 ESGOTO A VÁCUO

No sistema de esgotamento à vácuo do projeto modelo o tubo de queda é bem representado pela Figura 33, onde apresenta a saída do vaso sanitário pela parede com as junções de 45° onde é ligado no tubo de queda do sistema.

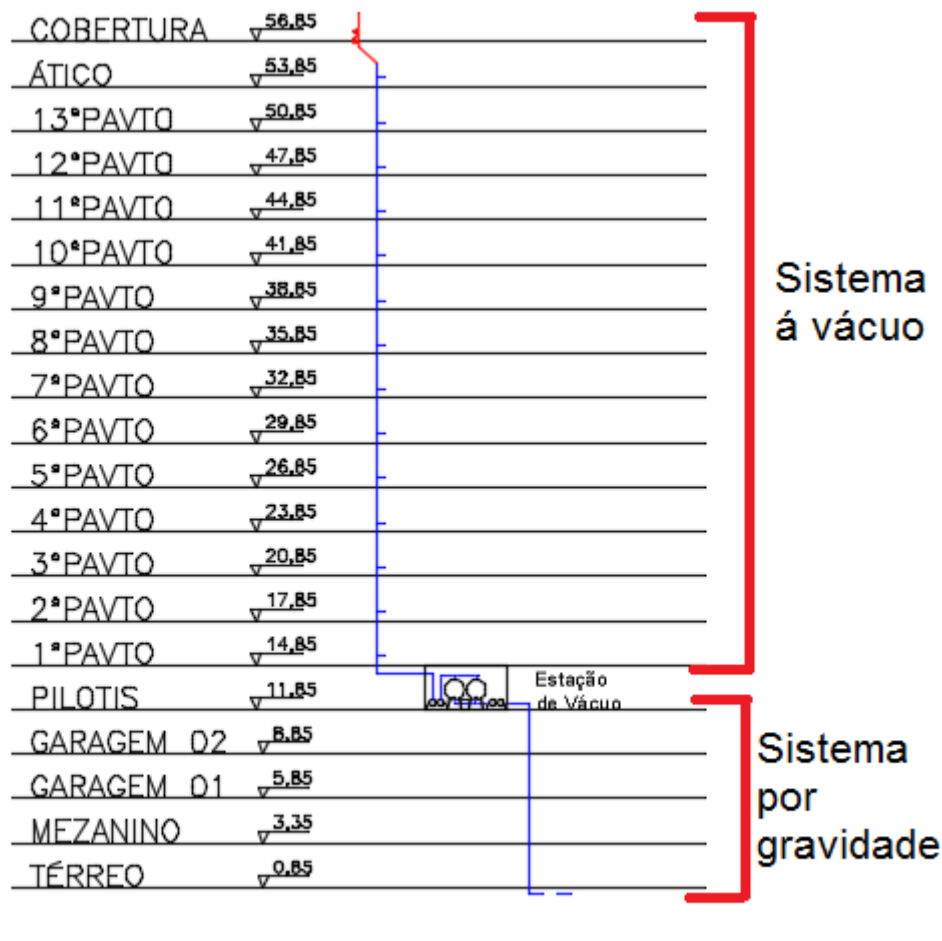
Figura 32 - Vista tridimensional do recolhimento do banheiro para o tubo de queda do sistema à vácuo.



Fonte: Projeto modelo, 2017.

A tubulação de queda, situada na vertical do projeto modelo (conforme Figura 34), apresenta 14 níveis sendo 13 pavimentos mais ático que dos quais terá uma unidade de vaso sanitário por andar. Toda tubulação é feita do material PVC de diâmetro 50 milímetros, pois não apresenta mais de 80 vasos sanitários no tubo de queda.

Figura 33 - Esquema vertical do esgotamento à vácuo



ESQUEMA VERTICAL DE ESGOTO (TORRE A) – SEM ESCALA

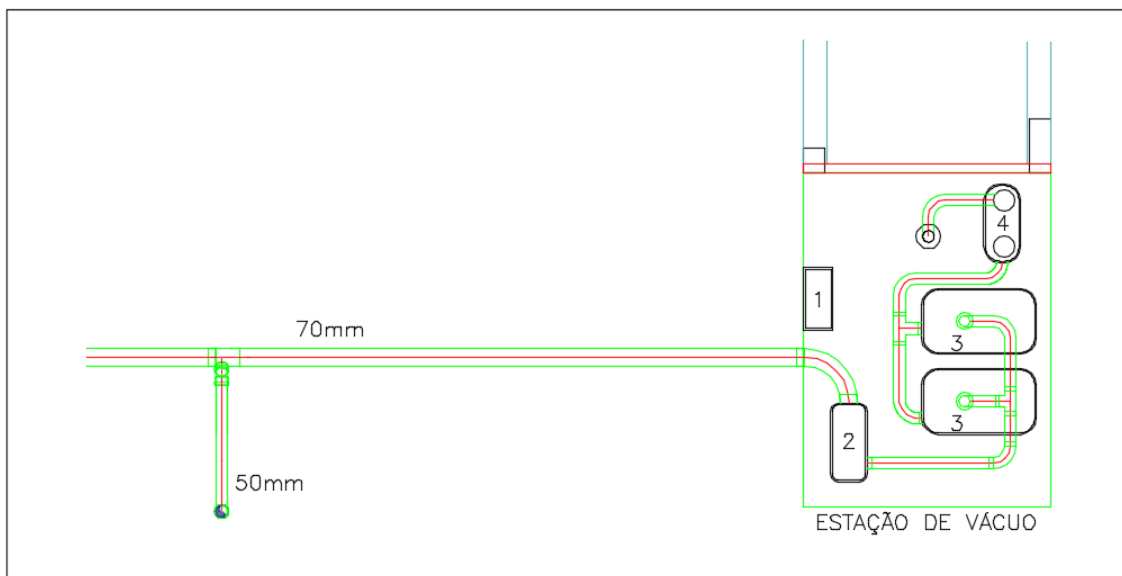
Fonte: Projeto modelo, 2017.

No projeto modelo optou-se por implantar a estação de vácuo no pilotis, onde divide o sistema em à vácuo e gravitacional. O principal sistema ainda é por vácuo pois é ele que faz o transporte do material residual de cada andar da edificação trazendo até o pilotis onde se encontra a estação de vácuo.

Já a parte classificada por gravidade se torna secundária pois só transportará o material do tanque de coleta, presente na estação de vácuo, levando então até a rede de coleta existente fora da edificação. Essa mudança de sistemas acontece na bomba de

esgoto, que faz com que o material possa ser retirado dos tanques de coleta, a partir de um comando de sensores de dentro do tanque que opera quando o material residual começa a passar de 30% de sua capacidade total.

Figura 34 - Estação de vácuo no pilotis do projeto modelo



Fonte: Projeto modelo, 2017.

A Figura 35 demonstra o pavimento do pilotis onde se encontra a estação de vácuo, esta que controla todo o sistema vácuo da edificação. Analisando a figura percebe-se que houve uma mudança de dimensão do diâmetro, isso acontece, pois, o tubo de queda estudado no item 4.7.2 se encontram ligados a ele somente 14 unidades de vaso sanitário, com isso deixando com 50 milímetros, já a tubulação que recebe todos os tubos de queda da edificação irá receber ao todo de 168 contribuições de vaso sanitário, portanto aumentando o diâmetro para 70 milímetros.

Na mesma Figura 35 a estação de vácuo apresenta alguns números nos aparelhos, sendo eles: 1 – Painel de Controle, onde se programam as condições em que os equipamentos irão funcionar. 2 – Bomba de Vácuo, o equipamento responsável pela subpressão presente no sistema. 3 – Tanque de coleta é onde o material residual fica depositado até a marca de 30% do seu volume total onde será transferido. 4 – Bomba de esgoto, como seu nome já diz bombeia o esgoto depositado no tanque de coleta até a rede de coleta de esgoto.

4.7 RECOLHIMENTO DO ESGOTO PARA A RUA

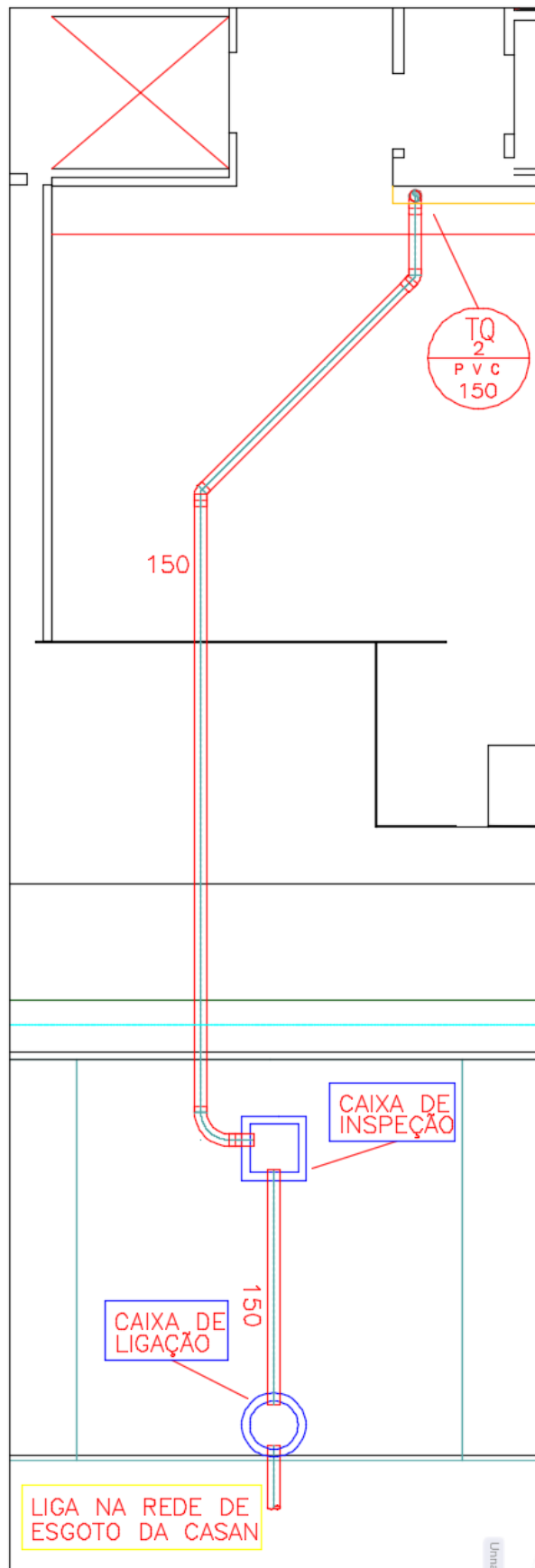
4.7.1 ESGOTO POR GRAVIDADE

O recolhimento do esgoto proveniente da edificação é ligado no esgoto da concessionária local que está presente na rua. A ligação é dada em 3 pontos diferentes e em 2 ruas que circundam o empreendimento.

Os subcoletores presentes no final de cada tubo de queda existente na edificação levam as águas cinzas até as caixas de inspeção que estão interligadas. A partir destas seguem através de coletores principais até as 3 caixas de ligação que fazem a conexão com o esgoto da concessionária local.

Na Figura 36 é possível perceber de forma simples o funcionamento de uma das caixas de ligação demonstrando assim o funcionamento da entrega das águas cinzas para a coleta na rua.

Figura 35 - Recolhimento até a rede de esgoto, sistema por gravidade.



Fonte: Projeto modelo, 2017

4.7.2 ESGOTO À VÁCUO

Após a bomba de esgoto retirar o material residual dos tanques de coleta, essa bomba localizada na estação de vácuo transportará o fluido para um tubo de queda localizado no pilotis, demonstrado na Figura 34. Dali em diante como já foi citado no item 4.7.2 o sistema torna-se gravitacional tendo um único tubo de queda saindo da estação de vácuo e indo até o piso térreo.

No térreo acontece a mudança de direção para a horizontal onde antes de ser lançada na rede de coleta de esgoto, possui uma caixa de inspeção e ligação.

Como a partir do pilotis o sistema se torna gravitacional, o desenho do sistema ficará idêntico ao sistema gravitacional, conforme Figura 36, do item 4.7.1.

5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

5.1 CONCLUSÕES

Foi realizado o estudo comparativo entre os sistemas de esgotamento a vácuo e por gravidade com base em informações técnicas dadas por catálogos, normas, e internet sendo aplicado o conhecimento adquirido ao projeto modelo de uma edificação escolhida.

Foi possível notar no trabalho realizado, os métodos de instalação de cada sistema, o funcionamento deles e as peças que se podem utilizar para construção de cada um deles.

Investigou-se o sistema de esgotamento por gravidade e a vácuo desde a sua instalação na edificação, explanando suas principais peças e sistemas, até a rede de esgoto da concessionária.

Com base em informações obtidas de catálogos de fabricantes e normas pertinentes, fez-se uma proposta de dimensionamento do sistema de esgotamento a vácuo e percebeu-se que para a edificação seria possível realizar a instalação do sistema, visto locais disponíveis para as devidas instalações.

5.1.1 ESGOTO POR GRAVIDADE

O sistema de esgotamento por gravidade é um sistema muito antigo, porém ainda muito funcional e com uma acessibilidade alta. Percebeu-se durante os estudos que as normas que regulamentam o dimensionamento e execução de projetos do sistema por gravidade são antigas.

No estudo de caso em questão foi possível perceber o funcionamento do esgoto por gravidade, demonstrando as partes do sistema e as justificando conforme sua função, para então comparar seu funcionamento ao do esgotamento a vácuo.

O esgotamento por gravidade apresenta, quando em comparação com esgoto à vácuo, seções de tubulações maiores, de modo a facilitar o transporte dos resíduos, uma vez que o sistema por gravidade age com pressão atmosférica.

Em relação ao sistema de esgotamento a vácuo, a manutenção do esgotamento por gravidade é mais facilitada, por não haver maquinários específicos no sistema, além disso o sistema não faz uso da eletricidade para seu funcionamento, o que torna em certa parte mais econômico, porém com relação a custo de água o sistema a vácuo se torna mais

vantajoso, visto o seu reduzido consumo de água em comparação ao sistema por gravidade.

5.1.2 ESGOTO À VÁCUO

Como visto no estudo feito nesse material, algumas peculiaridades são características do sistema de esgotamento à vácuo, e a maioria se encontra na própria tubulação, que não necessitará mais de grandes diâmetros para transporte do material residual proveniente das residências. As junções dessas tubulações também têm uma importante função e devem ser respeitadas as determinações. Outra característica do esgotamento à vácuo é a necessidade de uma estação de vácuo que tem como maior função deixar o sistema enclausurado.

As vantagens que esse sistema de esgotamento traz são a alta economia de água no seu sistema, no seu modo construtivo se destaca o uso de tubulações de menores diâmetros e diversos tipos de “layout” que podem ser encaixados em diferentes tipos de arquiteturas. Já a desvantagem desse sistema é o que o coloca a prova, pois ele necessita de energia elétrica para a formação do vácuo no sistema, levando em conta isso necessitaria de um gerador de energia caso o fornecimento seja interrompido, o que leva a próxima desvantagem que é o alto custo inicial, principalmente da estação de vácuo e gerador, e se tratando de um sistema enclausurado a manutenção se tornará mais difícil consequentemente tendo um custo maior no reparo.

No projeto modelo em questão o sistema de vácuo se encaixou muito bem no projeto arquitetônico, não necessitando de mudanças no mesmo para passagem de tubulações, e a única pontualidade que foi estabelecida é a implantação de sua estação de vácuo que acontece no pilotis, onde foi reservado um local específico para sua locação. Outra mudança, que aconteceu no banheiro do projeto modelo foi a troca do vaso sanitário padrão por um específico para o sistema à vácuo.

Em comparação ao sistema de esgoto por gravidade o a vácuo não se torna muito vantajoso devido ao seu alto custo inicial e o grande período levado para a recuperação dos gastos investidos. Mas por outro lado o sistema de vácuo é grande auxílio na economia de água, que reflete positivamente ao meio ambiente.

5.2 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- a) Análise de custos de equipamentos e mão de obra do sistema de esgotamento á vácuo.
- b) Projeto completo de uma instalação de esgoto predial a vácuo.
- c) Projeto completo de uma rede de esgoto a vácuo.

REFERÊNCIAS

AECWEB, Redação. **Projeto hidráulico, ou a busca da excelência**. 2017. Disponível em: <https://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/projeto-hidraulico-ou-a-busca-da-excelencia_1826_10_0>. Acesso em: 22 out. 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8160**: Sistemas prediais de esgoto sanitário: Projeto e execução. Rio de Janeiro, 1999.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12209**: Projeto de estações de tratamento de esgoto sanitário. Rio de Janeiro, 1992a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12208**: Projeto de estações elevatórias de esgoto sanitário. Rio de Janeiro, 1992b.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9649**: Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário. Rio de Janeiro, 1986a.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15710**: Sistemas de redes de coleta de esgoto sanitário doméstico a vácuo. Rio de Janeiro, 2009.

BARROS, Rodrigo. **A história do saneamento básico na Idade Antiga**. 2014. Disponível em: <<http://www.aegea.com.br/portfolios/a-historia-do-saneamento-basico-na-idade-antiga/>>. Acesso em: 11 jun. 2017.

BARROS, Rodrigo. **A história do saneamento básico no Brasil**. 2014. Disponível em: <<http://www.rodinside.com.br/a-historia-do-saneamento-basico-no-brasil/>>. Acesso em: 12 maio 2017.

CAMPOS, Guilherme Fantozzi. **Estudo comparativo entre dois sistemas de coleta de esgoto: A vácuo e por gravidade**. 2007. 105 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

CEDOVIM, Rui Alexandre Alves Selores. **Sistemas prediais não tradicionais de drenagem de águas residuais domésticas: sistema de drenagem por vácuo**. 2013. 87 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2013.

COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Entenda o que é esgoto e o caminho que ele percorre até as estações de tratamento da Sabesp**. 2016. Disponível em: <<http://site.sabesp.com.br/site/imprensa/noticias-detalhe.aspx?secaoId=65&id=7081>>. Acesso em: 18 out. 2017.

DEPARTAMENTO INTERSINDICAL DE ESTATÍSTICA E ESTUDOS SOCIOECONÔMICOS. **Visão geral dos serviços de água e esgotamento sanitário no Brasil**. São Paulo: DIEESE, 2016. Disponível em: <<https://www.dieese.org.br/estudosepesquisas/2016/estPesq82Saneamento.pdf>>. Acesso em: 20 maio 2017.

EVAC. EVAC Optima 5. 2017. Disponível em: <<https://evac.com/solutions/vacuumcollection/evacoptima5/>>. Acesso em: 17 out. 2017.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICAS (Brasil). **PNSB 2008**: Abastecimento de água chega a 99,4% dos municípios, coleta de lixo a 100%, e rede de esgoto a 55,2%. 2010. Disponível em: <<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/13878-asi-pnsb-2008-abastecimento-de-agua-chega-a-994-dos-municipios-coleta-de-lixo-a-100-e-rede-de-esgoto-a-552.html>>. Acesso em: 23 out. 2017.

FERNANDES, Suélen. **COMPARATIVO AMBIENTAL, ECONÔMICO E TÉCNICO DOS SISTEMAS DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO A VÁCUO E GRAVITACIONAL**. 2013. 73 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade do Sul de Santa Catarina, Palhoça, 73.

FREIRE, Josefa Rafaela Pessoa. **Análise do sistema separador absoluto no âmbito da drenagem pluvial da cidade de campina grande**: estudo de caso do canal das Piabas. 2014. 91 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2014.

GAVA, Gauber J.C. et. al. **Educação ambiental em recursos hídricos**. Disponível em: <http://www.maenatureza.org.br/projetoeducando/folders/poster28_ete2/>. Acesso em: 3 jun. 2017.

JOHN, V. M. **O desafio da sustentabilidade na construção civil**, 2012. Editora PINI. Junior, Osvaldo Barbosa de Oliveira. Utilização de sistema de coleta de esgoto sanitário a vácuo, com bacias de ultra volume reduzido, em um edifício comercial na cidade de São Paulo. In: CONFERÊNCIA LATINO-AMERICANA DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL, 1.; ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 10., 2004, São Paulo. **Anais...** São Paulo, 2004.

LAMBERTS, R. **Construindo Sustentabilidade**. Revista Tèchne, Edição 170 - Maio de 2011 - p. 20 a 28

MALTA, Tatiana Siqueira. **Aplicação de lodos de estações de tratamento de esgotos na agricultura**: estudo do caso do município de Rio das Ostras - RJ. [Mestrado] Fundação Oswaldo Cruz, Escola Nacional de Saúde Pública; 2001. 68 p.

MARTEL, Caique. **Instalações prediais de esgoto**. 2014. Disponível em: <<http://slideplayer.com.br/slide/1634001/>>. Acesso em: 22 out. 2017.

MAY,S. Estudo da Viabilidade do Aproveitamento de Água de Chuva para Consumo não Potável em Edificações. Dissertação (Mestrado em Engenharia). São Paulo: USP – Universidade de São Paulo, 2004.

NÁUTICA, Paraty. **Coleta de esgoto a vácuo para Paraty**. Disponível em: <<http://www.paratynautica.com/nautica/barcos-yachts/engenheiro-propoe-coleta-de-esgotamento-a-vacuopara-paraty/>>. Acesso em: 21 maio 2017.

NOBRE, Gersina. **Sistema de Esgoto Materiais das Tubulações**. Disponível em <http://www.ebah.com.br/content/ABAAAghYAF/sistemas-esgoto-materiais-das-tubulacoes>> visitado 09 de jun. 2017.

NORBRA. **Esgoto a Vácuo versus Esgoto à Gravidade**. 2017. Disponível em: <http://www.norbra.com.br/downloads/comparativo_esgoto_a_vacuopara-esgoto_a_gravidade_norbra_brasil.pdf>. Acesso em: 15 maio 2017.

NORBRA. **Projetos**. Disponível em: <http://www.norbra.com.br/bkp_old/projetos.html>. Acesso em: 20 maio 2017.

NORBRA. **Sistemas**. Disponível em: <<http://www.norbra.com.br/sistema.php>>. Acesso em: 20 maio 2017.

NORBRA. **A Empresa**. Disponível em: <http://www.norbra.com.br/quem_somos.php>. Acesso em: 21 maio 2017.

OLIJNYK, DÉbora Parcias; RAULINO, Karoline da Silva. **COMPARAÇÃO DE CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO DE REDES COLETORAS DE ESGOTO DIMENSIONADAS SEGUNDO DIFERENTES CRITÉRIOS DE TENSÃO TRATIVA RECOMENDADOS PELAS NBR 9649/1986 E NBR 14486/2000**. 2000. 140 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade do Sul de Santa Catarina, Palhoça, 2013.

OLIVEIRA, Aline da Silva. **Tratamento de esgoto pelo sistema de lodos ativados no município de Ribeirão Preto, SP: Avaliação da remoção de metais pesados**. 2006. 162 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Enfermagem, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2006.

ONU- ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **População mundial deve atingir 9,6 bilhões em 2050, diz novo relatório da ONU**. 2013. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/populacao-mundial-deve-atingir-96-bilhoes-em-2050-diz-novo-relatorio-da-onu/>>. Acesso em: 20 out. 2017.

RESENDE FILHO, Anabi. **Esgotamento sanitário á vácuo: Descrição e avaliação econômica**. 2009. 145 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2009.

TIGRE. **Catalogo Técnico de infraestrutura de esgoto**. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAfVJsAL/catalogo-infraestrutura-esgoto>>. Acesso em: 30 abr. 2017.

Valot engenharia e construção. **GALERIA DE FOTOS**. Disponível em
<<http://www.valot.com.br/Projetos/ProjetoDetalhe.php?IdProjeto=10#prettyPhoto>>
visitado em 09/06/2017

WH3 notícias <<http://wh3.com.br/noticia/135931/administracao-de-maravilha-entregatres-ordens-de-servico-para-obras-de-infraestrutura.html>> visitado em 03/06/2017