



**BRUNO GAGLIANO SARTORI**

**COMPARAÇÃO DE METODOLOGIAS PROPOSTAS PELA  
ABNT NBR 8160:1999 PARA DIMENSIONAMENTO DE  
INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS PREDIAIS DE  
ESGOTAMENTO SANITÁRIO**

**LAVRAS – MG  
2022**

**BRUNO GAGLIANO SARTORI**

**COMPARAÇÃO DE METODOLOGIAS PROPOSTAS NA ABNT NBR 8160:1999  
PARA DIMENSIONAMENTO DE INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS PREDIAIS DE  
ESGOTAMENTO SANITÁRIO**

Trabalho de conclusão de curso  
apresentado à Universidade Federal  
de Lavras, como parte das exigências  
da graduação do curso de Engenharia  
Civil, para a obtenção do título de  
Bacharel.

Prof. Dr. Michael Silveira Thebaldi  
Orientador

**LAVRAS – MG  
2022**

**BRUNO GAGLIANO SARTORI**

**COMPARAÇÃO DE METODOLOGIAS PROPOSTAS NA ABNT NBR 8160:1999  
PARA DIMENSIONAMENTO DE INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS PREDIAIS DE  
ESGOTAMENTO SANITÁRIO**

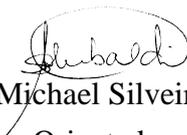
Trabalho de conclusão de curso  
apresentado à Universidade Federal  
de Lavras, como parte das exigências  
do Curso de Engenharia Civil, para a  
obtenção do título de Bacharel.

Aprovado em 14 de setembro de 2022.

Prof. Dr. Michael Silveira Thebaldi - DRH - UFLA

Marina Neves Merlo - DRH - UFLA

Mateus Alexandre da Silva - DRH - UFLA



Prof. Dr. Michael Silveira Thebaldi  
Orientador

**LAVRAS – MG  
2022**

## RESUMO

Diante da problemática de que a não padronização do dimensionamento dos sistemas prediais de esgotamento sanitário, ou a realização deste de maneira inapropriada, o que pode impactar tanto o correto funcionamento dos elementos hidráulicos da edificação e o custo da obra, assim como a qualidade técnica e o conforto acústico da rede predial. Torna-se necessário uma melhor compreensão dos responsáveis fiscais e profissionais que realizam e acompanham a execução dos projetos sanitários de edificações prediais quanto à correta realização do dimensionamento dos elementos hidráulicos dessas instalações. Assim, o presente trabalho tem como objeto de estudo a análise comparativa de duas metodologias de cálculo quanto ao dimensionamento de instalações prediais de esgotamento sanitário, o método das unidades Hunter de contribuição e o método hidráulico, ambos probabilísticos, apresentados pela Associação Brasileira de Normas Técnicas, por meio da NBR 8160:1999. Para o desenvolvimento do estudo foi definido o seguinte cenário de dimensionamento: uma edificação térrea unifamiliar possuindo como ambientes geradores de esgoto, um banheiro social, um lavabo, uma suíte, uma cozinha e uma área de serviço. O dimensionamento e instalação das tubulações e elementos hidráulicos presentes na edificação seguiu os critérios normativos e recomendações técnicas apresentados, sendo determinados os diâmetros nominais dos ramais de descarga e de esgoto, dos subcoletores e do coletor predial, dispendo também de considerações para a escolha de utilização dos métodos de acordo com a composição dos efluentes gerados em cada ambiente, as solicitações de uso dos aparelhos sanitários mais prováveis, assim como os fatores de economia, operabilidade e segurança da instalação predial de esgotamento sanitário. Como os mais principais resultados obtidos no dimensionamento da rede predial foram determinados os valores de DN 40 para os ramais de descarga, DN 100 para os ramais de esgoto e subcoletores e DN 150 para o coletor predial. Diante da análise comparativa dentre todos os valores determinados pelos métodos de dimensionamento, e pelas considerações de escoamento do método hidráulico, pôde-se concluir que nenhum dos métodos apresentou tendência de superdimensionar ou subdimensionar o sistema, e o que de fato pode influenciar para tal ocorrência são as considerações de escoamento e dos parâmetros de utilização empregadas no método hidráulico. Constata-se assim, que o método hidráulico pode ser mais assertivo e econômico no dimensionamento da rede predial de esgotamento sanitário, caso dimensionado corretamente e em casos específicos de utilização dos aparelhos sanitários, enquanto o método das UHC é mais ágil e prático, podendo ser tão assertivo quanto o método hidráulico em cenários comuns de utilização dos aparelhos sanitários.

**Palavras-chave:** Diâmetros nominais. Método hidráulico. Unidades Hunter de Contribuição. Análise comparativa.

## ABSTRACT

Faced with the problem of promoting adequate sewage systems in Brazil, it is necessary to have a better understanding of those responsible for tax and professionals who carry out and monitor the execution of sanitary projects of buildings sewage system regarding the correct realization of the dimensioning of the hydraulic elements of these facilities. Thus, the present work has as main object of study the comparative analysis of two calculation methodologies regarding the dimensioning of sanitary sewage building installations, the Hunter contribution units method and the hydraulic method, both probabilistic, presented by the Brazilian association of standards techniques, through NBR 8160:1999 (ABNT, 1999). For the development of the study, the following sizing scenario was defined: a single-family building with sewer generating environments, a social bathroom, a toilet, a suite, a kitchen and a service area. The sizing and installation of the pipes and hydraulic elements present in the building followed the normative criteria and technical recommendations presented, being determined the nominal diameters of the discharge and sewage branches, the sub-collectors and the building collector, also having considerations for the choice of use of the methods according to the composition of the effluents generated in each room, the requests for the use of the most likely sanitary appliances, as well as factors regarding the economy, operability and safety of the sanitary sewage installation in the building. The main or most frequent results determined the values of DN 40 for the discharge branches, DN 100 for the sewage branches and sub-collectors and DN 150 for the building collector. In view of the comparative analysis among all the values determined by the sizing methods, and by the flow considerations of the hydraulic method, it was concluded that none of the methods showed a tendency to oversize or undersize the system, and what in fact can influence this occurrence are the considerations of flow and utilization parameters employed in the hydraulic method. Thus, the hydraulic method can be more assertive and economical in the design of sanitary sewage installation, while the UHC method is more agile and practical, and can be as assertive as the hydraulic method in common use of sanitary appliances scenarios.

**Keywords:** Nominal diameters. Hydraulic method. Contributing Hunter Units. Comparative analysis.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Junta elástica Bi-Labial.....	17
Figura 2 - Representação do escoamento no tubo de queda.....	25
Figura 3 - Planta baixa da edificação unifamiliar térrea estudada.....	27
Figura 4 -Traçado das tubulações de esgotamento predial da edificação térrea.....	29

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Comparativo das espessuras das paredes dos tubos de PVC .....	18
Tabela 2 - Legenda dos aparelhos sanitários.....	28
Tabela 3 - Legenda das tubulações e elementos hidráulicos.....	30
Tabela 4 – Unidades Hunter de Contribuição dos aparelhos sanitários e diâmetros nominais mínimos dos ramais de descarga.....	31
Tabela 5 - Dimensionamento dos ramais de esgoto.....	32
Tabela 6 - Dimensionamento de subcoletores e coletor predial.....	33
Tabela 7 - Distância máxima na qual um desconector pode ter do tubo ventilador.....	34
Tabela 8 - Dimensionamento das tubulações dos ramais de ventilação.....	35
Tabela 9 - Dimensionamento de colunas e barriletes de ventilação.....	36
Tabela 10 - Resultados dos dimensionamentos dos ramais de ventilação pelo método das UHC.....	37
Tabela 11 - Resultados dos dimensionamentos das colunas de ventilação pelo método das UHC.....	37
Tabela 12 - Vazões unitárias dos aparelhos sanitários.....	38
Tabela 13 - Duração média de descarga dos aparelhos sanitários.....	39
Tabela 14 - Tabela 14 – Diâmetros obtidos no dimensionamento dos ramais de descarga utilizando o Método UHC e o Método Hidráulico.....	41
Tabela 15 - Tabela 14 – Diâmetros obtidos no dimensionamento dos ramais de esgoto utilizando o Método UHC e o Método Hidráulico.....	42
Tabela 16 - Tabela 14 – Diâmetros obtidos no dimensionamento dos subcoletores e do coletor predial utilizando o Método UHC e o Método Hidráulico.....	44

## LISTA DE SÍMBOLOS

UHC	Unidade Hunter de contribuição [L/s];
$Q_{eRD}$	Vazão do ramal de descarga [L/s];
$q_i$	Vazão de contribuição do aparelho do tipo “i” [L/s];
$Q_e$	Vazão de projeto [L/s];
N	Quantidade de diferentes tipos de aparelhos sanitários;
$m_i$	Quantidade de aparelhos sanitários do tipo “i” utilizados simultaneamente;
$q_i$	Vazão de contribuição dos aparelhos sanitários do tipo “i” [L/s];
$Q_{eRE}$	Vazão de projeto do ramal de esgoto [L/s];
$Q_{eSC}$	Vazão de projeto do subcoletor [L/s];
$Q_{eCP}$	Vazão de projeto do coletor predial [L/s];
$Q_{eTQ}$	Vazão de projeto do tubo de queda [L/s];
$d_e$	Diâmetro interno do trecho em análise [m];
$d_{e\ 1/2}$	Diâmetro interno do trecho com escoamento à meia seção do tubo [m];
$d_{e\ 3/4}$	Diâmetro interno do trecho com escoamento à três quartos da seção do tubo [m];
$n$	Coefficiente de Manning;
$I$	Declividade de instalação do trecho [%];
$D_{Tq}$	Diâmetro interno do tubo de queda [m];
$Q_{Tq}$	Vazão de projeto nos tubos de queda [L/s];
$t_o$	Taxa de ocupação de água no interior do tubo de queda;
$S_e$	Área da seção transversal da coroa circular do escoamento no tubo de queda [cm <sup>2</sup> ];
$S_{Tq}$	Área da seção transversal do tubo de queda [cm <sup>2</sup> ];

## LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CG	Caixa de Gordura
CH	Chuveiro
CI	Caixa de Inspeção
CP	Coletor Predial
CS	Caixa Sifonada
CV	Coluna de Ventilação
DN	Diâmetro Nominal
LD	Lavatório Duplo
LV	Lavatório Simples
MLL	Máquina de Lavar Louças
MLR	Máquina de Lavar Roupas
PVC	Policloreto de Vinila
RD	Ramal de Descarga
RE	Ramal de Esgoto
RS	Ralo Seco
RV	Ramal de Ventilação
SES	Sistema de Esgotamento Sanitário
SPHS	Sistemas Hidráulicos Prediais Sanitários
SB	Subcoletores
TQ	Tanque
UHC	Unidades Hunter de Contribuição
VS	Vaso Sanitário

## SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO .....	11
2.	OBJETIVOS .....	13
2.1.	<b>Objetivo geral .....</b>	<b>13</b>
2.2.	<b>Objetivos específicos .....</b>	<b>13</b>
3.	REFERENCIAL TEÓRICO.....	14
3.1.	<b>Sistemas hidráulicos de esgotamento sanitário: Estado da arte .....</b>	<b>14</b>
3.2.	<b>Dimensionamento de instalações hidráulicas prediais de esgotamento sanitário..</b>	<b>18</b>
3.2.1.	<b>Método das Unidades Hunter de Contribuição.....</b>	<b>19</b>
3.2.2.	<b>Método Hidráulico .....</b>	<b>21</b>
4.	MATERIAL E MÉTODOS .....	27
4.1.	<b>Edificação estudada .....</b>	<b>27</b>
4.2.	<b>Traçado das tubulações .....</b>	<b>28</b>
4.3.	<b>Dimensionamento das redes prediais de esgotamento sanitário.....</b>	<b>29</b>
4.3.1.	<b>Dimensionamento das tubulações: Método das UHC.....</b>	<b>29</b>
4.3.2.	<b>Dimensionamento das tubulações: Método hidráulico.....</b>	<b>37</b>
5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	41
5.1.	<b>Resultados do dimensionamento das tubulações dos ramais de descarga.....</b>	<b>41</b>
5.2.	<b>Resultados do dimensionamento das tubulações dos ramais de esgoto .....</b>	<b>42</b>
5.3.	<b>Resultados do dimensionamento dos subcoletores e do coletor predial.....</b>	<b>43</b>
5.4.	<b>Análise global .....</b>	<b>45</b>
6.	CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	46
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>48</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Desde o surgimento das civilizações, a falta de condições de saneamento básico sempre foi um problema para a humanidade, uma vez que o acúmulo de lixo gerado pela população, assim como a descarga dos dejetos oriundos da utilização de água em tarefas cotidianas, comerciais ou industriais, gera condições favoráveis para a disseminação de bactérias, pragas e doenças nocivas aos seres humanos, espécies animais e vegetais, entre outros. Esta preocupação apresenta-se notável de acordo com a etimologia da palavra “saneamento”, em que esta é oriunda do verbo latim “sanear”, que significa tornar habitável, ou apto para a cultura (DICIO, 2022).

Os sistemas hidráulicos de saneamento básico não visam apenas o transporte do esgotamento sanitário de uma determinada região, como também oferecer o abastecimento de água potável para uma determinada população, além de estabelecer as condições adequadas aos sistemas de drenagem das águas pluviais. Adicionalmente, quanto à gestão de resíduos sólidos, têm-se a coleta, o transporte e a destinação final de resíduos sólidos urbanos e rurais. Sendo assim, um sistema de esgotamento sanitário (SES) é considerado como um elemento constituinte de um sistema de saneamento básico (CODEVASF, 2015).

No Brasil, é estabelecido por meio da Lei Federal nº 11.445, criada em 2007, a necessidade e a obrigação do Estado em fornecer e propiciar ambientes adequados e infraestrutura básica para o abastecimento de água potável e o acesso a um sistema de saneamento básico respeitável para todos seus cidadãos. Ou seja, é considerado pela República Federativa Brasileira, o saneamento básico como um direito fundamental a seus cidadãos (BRASIL, 2007).

Desde então, foram estabelecidas as diretrizes e políticas nacionais para a estruturação do sistema de saneamento básico brasileiro, as quais visam a diminuição e controle de doenças bacterianas ou zoonoses, o aumento da qualidade e da expectativa de vida de sua população, assim como o combate à poluição e preservação do meio ambiente e de seu território nacional.

Tratando-se dos sistemas prediais de esgotamento sanitário, a responsabilidade de orientar e padronizar os projetos e a instalação desses sistemas fica a cargo da Associação Brasileiro de Normas Técnicas (ABNT). A ABNT estabelece recomendações técnicas e critérios normativos baseados em condições práticas de construção, econômicas e de segurança. Estas diretrizes são apresentadas por meio da NBR 8160 – Sistemas Prediais de Esgoto Sanitário – Projeto e Execução (ABNT, 1999).

Delimitando-se então a problemática que motiva a realização deste estudo, a não padronização do dimensionamento dos sistemas prediais de esgotamento sanitário ou a realização deste de maneira inapropriada podem impactar tanto o correto funcionamento dos elementos hidráulicos da edificação e o custo da obra, assim como a qualidade técnica e o conforto acústico da rede predial.

Neste sentido, o objetivo com este trabalho foi realizar uma análise comparativa entre duas as metodologias apresentadas na norma ABNT NBR 8160:1999 para o dimensionamento de instalações prediais de esgotamento sanitário, sendo elas: a das Unidades Hunter de Contribuição (UHC) e o Método Hidráulico, em uma edificação residencial térrea.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

Realizar uma análise comparativa entre duas as metodologias apresentadas na norma ABNT NBR 8160:1999 para o dimensionamento de instalações prediais de esgotamento sanitário, sendo elas: a das Unidades Hunter de Contribuição (UHC) e o Método Hidráulico, em uma edificação residencial térrea.

### **2.2 Objetivos específicos**

Dimensionar as instalações hidráulicas de esgotamento sanitário, por meio das duas metodologias preconizadas; e

Comparar tecnicamente os resultados obtidos por ambos os métodos.

### **3. REFERENCIAL TEÓRICO**

#### **3.1 - Sistemas hidráulicos de esgotamento sanitário: Estado da arte**

Os sistemas hidráulicos prediais e sanitários (SPHS) podem ser compreendidos como sendo o conjunto de redes, instalações ou componentes, constituídos em conjunto à edificação, com o intuito de distribuir água potável aos seus usuários, para que estes possam realizar tarefas comerciais ou particulares, coletar os resíduos gerados e transportá-los até um local apropriado para descarte ou tratamento, e ainda, realizar a captação, drenagem, e se desejado também o reaproveitamento das águas pluviais. Assim sendo, os subsistemas que podem constituir os SPHS, são os de água quente e água fria, o sistema de coleta e transporte de esgoto e águas pluviais, como também, se necessário, o sistema de combate a incêndio e/ou sistema de gás encanado (GNIPPER, 2010).

Esgotamentos sanitários podem ser caracterizados como sendo o produto gerado por uma rede de abastecimento de água que atendeu certa população, em processos domésticos ou industriais em usos de eventos do cotidiano ou na produção e prestação de bens e serviços. Assim, essas águas residuais, coletadas e transportadas por um sistema de esgotamento sanitário, são compostas pela mistura de materiais sólidos, líquidos e gasosos, provenientes da utilização nas edificações e residências abastecidas, resíduos químicos ou industriais, bem como águas subterrâneas, superficiais e precipitadas, as quais eventualmente venham a ser despejadas ou se encontrem com a rede de esgoto (MENDONÇA, 2017).

Para a concepção de um sistema predial de esgotamento sanitário, é importante que sejam analisados inicialmente fatores como a necessidade e quantidade de consumo de água dos usuários de determinada edificação, bem como as limitações referentes ao terreno, para o transporte das águas residuárias por meio da força gravitacional, para que assim, possa ser elaborada a escolha mais pertinente e adequada do trajeto da rede de sistemas hidráulicos. Para que um sistema não comprometa outro, estes devem ser compatibilizados, ou seja, devem ser construídos em conjunto e de maneira harmônica, além ainda, de não interferirem nos elementos estruturais da edificação, não devendo ser realizada a construção de canalizações no interior desses elementos. Considerando os principais sistemas prediais hidráulicos, para que seja realizado a instalação desses sistemas de maneira prática e eficiente, deve-se determinar a localização e distribuição dos sistemas de água quente e água fria, a fim de se garantir a não contaminação ou interferência dessas redes por meio dos sistemas de esgoto e ventilação (CARVALHO JÚNIOR; 2017).

Para que um sistema predial de esgotamento sanitário exerça sua função com boas condições de uso e de forma adequada à população, deve-se realizar a coleta dos esgotos gerados por seus usuários de maneira eficiente e organizada e os conduzir até o sistema de tratamento, privado ou coletivo, a qual deverá acontecer sendo sustentável ecologicamente e de forma higiênica à população (AZEVEDO NETTO; FERNANDEZ, 2015).

As recomendações técnicas para o projeto e execução das instalações prediais de esgotamento sanitário são estabelecidas na NBR 8160:1999, denominada “Sistemas prediais de esgoto sanitário - Projeto e execução”, na qual são determinadas condições mínimas em relação à higiene, segurança, saúde e conforto dos usuários, a fim de propiciar desde uma condição aceitável para o funcionamento dos sistemas hidráulicos sanitários, até a uma condição de excelência na instalação e execução do sistema (ABNT, 1999).

Destacam-se ainda, as principais considerações feitas na NBR 8160:1999 (ABNT, 1999) quanto aos aspectos predominantes para que um sistema predial de esgotamento sanitário seja considerado apto e tenha um eficiente funcionamento, oferecendo conforto e segurança a seus usuários:

- escoamento adequado dos dejetos em circulação, de forma a não permitir objetos estranhos obstruam o fluxo de líquido nas tubulações e para que esses dejetos não contaminem a rede de água da edificação;
- Conduzir os gases oriundos do sistema de esgotamento sanitário por meios de canais de ventilação adequados, em lugares apropriados da construção, para que não sejam descartados em áreas de circulação de seus usuários;
- Oferecer facilidades para que sejam realizadas as inspeções necessárias nos elementos do sistema, assim como para possíveis manutenções ou trocas de tais elementos;
- Propiciar uma adequada fixação e instalação dos equipamentos sanitários.

Desta forma, deve-se ter o cuidado não apenas com o material líquido a ser transportado pelo sistema, como também deve-se atentar aos gases provenientes dos ramais de descarga e esgoto das edificações. Devido a esse fator, é previsto em norma, por meio da NBR 8160:1999, que toda e qualquer rede de instalação de esgotamento sanitário, por menor que seja, deve ser provida de um sistema de ventilação. Objetiva-se com isso, como medida de proteção, que os gases provenientes das instalações de esgoto sejam conduzidos a locais apropriados à sua dispersão. Dessa maneira, diversos dispositivos hidráulicos podem ser instalados, a fim de solucionar adversidades na instalação do sistema de modo geral, ou ainda, para determinadas partes ou subsistemas das instalações prediais hidráulicas. Como um exemplo, pode-se citar os

desconectores, isto é, dispositivos que possuem fecho hídrico, os quais são capazes de criar uma lâmina de líquido em seu interior, com o intuito de proteger a tubulação contra a entrada de insetos, e quanto a contaminação do ambiente sanitário pelos gases provenientes das águas residuárias geradas (BOTELHO; RIBEIRO JÚNIOR, 2010).

Diante disso, como solução a essas necessidades apresentadas, a NBR 8160:1999 estabelece a obrigatoriedade da instalação de um desconector em todos os aparelhos sanitários instalados no sistema hidráulico. Salienta-se que o desconector pode atender a um aparelho apenas ou a um conjunto de aparelhos sanitários do sistema (ABNT, 1999).

Dessa maneira, um sistema predial de esgotamento sanitário pode ser projetado com a utilização de diversos elementos e dispositivos hidráulicos, para manter a instalação com boas condições de funcionamento. Entretanto, este sistema deve considerar a execução de duas tubulações dispostas de forma independente, funcionando de maneira paralela, sem que haja interferência de uma na outra. Estas tubulações são referentes ao conjunto de ventilação, constituído pelo ramal e a coluna de ventilação, e outra tubulação referente ao conjunto de descarga e esgoto, constituído pelos tubos de quedas para os demais pavimentos além do primeiro, e os ramais de descarga e esgoto. Ressalta-se ainda que pode haver outros aparelhos ou dispositivos sanitários agregados ao conjunto dos principais componentes de no sistema de esgoto sanitário, como é o caso de sifões; caixas sifonadas, de inspeção e de gordura; válvulas e coletores prediais (CARVALHO JÚNIOR, 2017).

Como os principais materiais a serem utilizados na instalação das tubulações das redes de esgotamento sanitário, se destaca o policloreto de vinila, conhecido pela sigla PVC. Trata-se de um termoplástico capaz de ser utilizado de maneira flexível ou rígido, proporcionando benefícios como a redução da perda de carga e do peso das tubulações, não sendo tóxico nem inflamável, além de apresentar facilidade, simplicidade e rapidez para instalação e manutenção do sistema quando comparado à tubulações de aço ou ferro fundido. Vale ressaltar que esse material também apresenta suas desvantagens, sendo elas: um alto coeficiente de dilatação com o aumento da temperatura e uma baixa resistência mecânica (MACINTYRE, 2010).

A fabricação de tubos PVC atualmente é baseada no desenvolvimento de quatro linhas de tubulações: Série normal; Série reforçada; Série Leve, fabricadas com PVC rígido; e o PVC mineralizado, fabricado com aditivos mineralizados capazes de aumentar a densidade do material fabricado (WAVIN, 2022).

As linhas Série Normal e Série Reforçada foram desenvolvidas para atuarem em conjunto, conectando os elementos da Série Reforçada nos trechos em que houver maiores impactos atuantes nas tubulações. As referidas linhas contam ainda com um sistema de vedação

nas extremidades das tubulações composto por juntas elásticas ou soldáveis, enquanto a linha desenvolvida com o PVC mineralizado apresenta a vedação por meio da junta tipo Bi-labial, a qual proporciona um alto desempenho nos materiais em que é empregada, uma vez que oferece grande capacidade de absorção de impactos e vibrações nas tubulações por meio do seu sistema de dupla vedação (TIGRE, 2022).

A Figura 1 apresenta uma ilustração, em corte, da junta elástica Bi-Labial (TIGRE, 2022).

Figura 1 - Junta elástica Bi-Labial.



Fonte: Tigre (2022).

Quanto ao desenvolvimento das tubulações de PVC com carga mineral, outro aspecto importante a se destacar é o aumento da espessura das paredes internas das canalizações, que juntamente com o aumento de sua densidade, proporcionam um maior isolamento e conforto acústico na instalação predial (WAVIN, 2022), com a redução dos ruídos provenientes do escoamento e descarga dos efluentes gerados e conduzidos (TIGRE, 2022), além de aumentar a resistência mecânica, química e ao impacto dos tubos de PVC, comparando-se com as séries Normal e Reforçada (WAVIN, 2022).

Os tubos de PVC da Série Leve foram desenvolvidos para desempenhar as seguintes funções: auxiliar na dispersão dos gases provenientes do sistema de esgotamento predial sanitário; distribuir ar refrigerado para a edificação; realizar irrigação por gravidade na área da agricultura; e facilitar a limpeza de tanques e barragens, atuando como extravasores (WAVIN, 2022).

Usualmente, são comercializados tubos de diâmetro nominal (DN) 40, 50, 75, 100 e 150 mm (MACINTYRE, 2010) para as linhas: Série Normal, Série Reforçada e PVC mineralizado (WAVIN, 2022); com pontas do tipo lisa para comprimentos de um, dois e três metros ou do tipo com bolsa, para o comprimento de 6 metros (MACINTYRE, 2010). Os diâmetros comumente comercializados para a Série Leve são de tubos com DN de 250 e 300 mm, ambos no comprimento de 6 metros (WAVIN, 2022).

Vale ressaltar que as tubulações fabricadas pela Série Normal suportam temperaturas de apenas 45° C, enquanto a série reforçada e o PVC com carga mineral, suportam até 75° C em regime não contínuo (TIGRE, 2022).

Um comparativo entre as espessuras das tubulações e os diâmetros nominais comercializados da Série Normal, Série Reforçada, do PVC mineralizado e dos Tubos Leves, é apresentado na Tabela 1 (TIGRE; WAVIN; KRONA; PLASTIK, 2022).

Tabela 1 – Comparativo das espessuras das paredes dos tubos de PVC.

DN	Espessuras de parede (mm)			
	Série Normal	Série Reforçada	PVC Mineralizado	Tubos Leves
40	1,2	1,8	2,3	-
50	1,6	1,8	2,3	-
75	1,7	2,0	2,6	-
100	1,8	2,5	3,2	-
150	2,6	3,6	4,6	-
200	3,5	-	-	3,0
250	-	-	-	3,5

Fonte: Tigre; Wavin; Krona; Plastik (2022).

### 3.2 - Dimensionamento de instalações hidráulicas prediais de esgotamento sanitário

É previsto na norma, NBR 8160:1999 (ABNT, 1999), as considerações técnicas, recomendações e exigências quanto aos diâmetros das tubulações e suas condições de instalação, referentes ao dimensionamento de instalações hidráulicas prediais de esgotamento sanitário. O dimensionamento das tubulações do sistema predial de esgoto pode ser realizado de acordo com duas metodologias apresentadas no referido documento, sendo elas: o método das Unidades Hunter de Contribuição (UHC) e o método hidráulico (ABNT, 1999).

Ressalta-se que, independentemente do método adotado, os diâmetros nominais mínimos dos ramais de descarga, estabelecidos na NBR 8160:1999, devem ser respeitados (ABNT, 1999).

O dimensionamento das instalações hidráulicas prediais de esgotamento sanitário deve estabelecer diâmetros adequados e eficientes para um bom funcionamento do sistema, assim como oferecer a possibilidade da instalação de elementos hidráulicos auxiliares que possam beneficiar a rede ou alguma parte específica dela, determinar as declividades com que as tubulações trabalhem melhor, além de respeitar as recomendações e os critérios técnicos construtivos vigentes (FELONIUK, 2016).

### 3.2.1 - Método das Unidades Hunter de Contribuição - UHC

Define-se a UHC como sendo um número referente à contribuição dos efluentes gerados por cada aparelho sanitário em relação ao uso cotidiano destes. Os aparelhos sanitários geram diferentes vazões de escoamento de efluentes e aqueles mais utilizados possuem seus valores das UHC apresentadas na NBR 8160:1999 (ABNT, 1999). O desenvolvimento deste método consiste em associar o diâmetro das tubulações a serem implantadas na rede com os aparelhos sanitários a que estiverem dispostas, e contribuições de efluentes descarregados no sistema (CARVALHO JÚNIOR; 2017).

A UHC, também denominada como unidade de descarga, pode ser considerada como sendo um parâmetro probabilístico, no qual são relacionadas a vazão usual de utilização dos aparelhos sanitários, a frequência com que estes são acionados, assim como a estimativa de uso máximo simultâneo no horário de maior pico da instalação predial de esgotamento sanitário. De acordo com a análise desses aspectos, uma Unidade Hunter de Contribuição foi definida como sendo o valor de 0,15 L/s, valor equivalente à descarga de um lavatório padrão de uso residencial (AZEVEDO NETTO; FERNANDEZ, 2015).

Dessa forma, os números das UHC referentes a cada aparelho sanitário, assim como os diâmetros nominais mínimos dos ramais de descargas podem ser consultados em tabela presente na NBR 8160:1999 (ABNT, 1999).

Outro aspecto importante a ser considerado no dimensionamento das tubulações é a declividade com que estas devem ser instaladas. Além de vazões diferentes, cada aparelho sanitário descarrega no sistema águas residuárias com diferentes composições e densidades. Por exemplo, o efluente gerado pela bacia sanitária é composto por mais matéria orgânica e é mais denso que as águas residuárias de uma pia de cozinha. Diante disso, foram previstas, na NBR 8160:1999 (ABNT, 1999), as declividades mínimas: 2% para as tubulações com o diâmetro nominal menor ou igual a 75 mm, e 1% para diâmetros nominais maiores ou iguais a 100 milímetros (mm) (CARVALHO JÚNIOR; 2017).

Para os ramais de descarga, é previsto na NBR 8160:1999, que o dimensionamento das tubulações é determinado após a definição dos valores mínimos das UHC com que cada aparelho sanitário contribui na descarga do sistema. Assim, no caso de aparelhos sanitários que não estejam presentes na tabela das UHC proposta inicialmente na norma, o dimensionamento é realizado por meio de uma estimativa das unidades Hunter de Contribuição que estes aparelhos descarregam no sistema, determinando assim, os diâmetros nominais mínimos necessários para que a tubulação possa atender a instalação do conjunto de

aparelhos sanitários da edificação de forma adequada ao sistema (OLIVEIRA; PARRODE; SALERNO, 2018).

Ressalva-se que, para o correto dimensionamento dos ramais de descarga e esgoto, é necessário a realização de uma análise quanto a possibilidade de contato ou contaminação do sistema de água presente na região ou edificação, sendo fundamental que nenhum elemento dessa estrutura ofereça ameaça ao bom funcionamento do sistema, mantendo-se assim, os níveis de qualidade do sistema aceitáveis ao uso e consumo dos usuários. Dessa forma, o ramal de esgoto deve captar os resíduos gerados pelos aparelhos sanitários instalados e direcioná-los a um destino apropriado por meio dos ramais de descarga (CARVALHO JÚNIOR, 2014).

Assim, estão dispostos, em tabelas, na NBR 8160:1999, os diâmetros nominais mínimos dos ramais de esgoto e o número das UHC nas quais essas tubulações atendem o sistema adequadamente (ABNT, 1999).

Quanto ao dimensionamento de subcoletores e do coletor predial, para prédios residenciais, deve ser levado em consideração para estimativa de suas UHC, apenas as maiores descargas dos aparelhos sanitários mais impactantes de cada instalação sanitária da edificação (AZEVEDO NETTO; FERNANDEZ, 2015). Diante disso, são previstos em tabela presente na NBR 8160:1999, os diâmetros nominais mínimos dos subcoletores e do coletor predial, assim como o número máximo das UHC que esses diâmetros podem suportar com a descarga dos aparelhos sanitários sem que o sistema seja afetado, além das respectivas porcentagens de declividades mínimas permitidas para cada diâmetro nominal (ABNT, 1999).

Levou-se em conta ainda, que as tubulações dos subcoletores são atribuídas como sendo aquelas que se encontram instaladas horizontalmente, e se encarregam de coletar os resíduos e dejetos lançados pelos ramais de esgoto ou tubos de queda. O diâmetro nominal mínimo estabelecido para a instalação dessas canalizações é de 100 mm, realizada com pelo menos 1% de declividade entre as linhas de conexão.

Sendo o coletor predial compreendido como a parte do sistema predial de esgoto sanitário, na qual todas as águas residuárias geradas na edificação são conduzidas antes de serem encaminhadas a uma rede pública de esgoto ou à estação de tratamento designada.

Para o dimensionamento dos tubos de queda, nos casos em que serão realizados desvios, deve ser determinado de acordo com o tamanho do ângulo formado entre uma tubulação e outra. Quando este for igual ou menor que 45°, comparado com o eixo vertical da construção, poderá ser determinado de forma simples, por meio da soma das contribuições das UHC e posterior comparação com a tabela de dimensionamento dos tubos de queda, apresentada na NBR 8160:1999 (ABNT, 1999).

Já para os casos em que o desvio a ser realizado for superior a 45°, é previsto na NBR 8160:1999 que o dimensionamento dos tubos de queda deverá ser realizado com base em três análises:

- Análise da parcela do tubo de queda que está acima da tubulação inicial, levando-se em consideração apenas as UHC dos aparelhos que se encontram acima deste eixo;
- Análise da parcela horizontal da tubulação desviada, por meio da soma das UHC seguindo-se da determinação do diâmetro nominal mínimo da tubulação;
- Além da análise da parcela abaixo do eixo vertical da tubulação inicial, com ressalva a exceção de que nesta deve ser considerada para a soma das UHC todos os aparelhos que descarregaram águas residuárias nos tubos de queda (MACINTYRE, 2010).

Por fim, o método também pode ser utilizado para o dimensionamento das tubulações referentes aos ramais de ventilação de uma instalação predial de esgotamento sanitário, sendo apresentado na NBR 8160:99, os diâmetros nominais mínimos dessas canalizações, os quais devem ter os limites máximos de atendimento das UHC contribuintes respeitados, para que o bom funcionamento do sistema não seja afetado (ABNT,1999).

Dessa maneira, levou-se em consideração, a exigência normativa apresentada na NBR 8160:1999 (ABNT, 1999), que qualquer sistema de esgotamento sanitário deve ser provido necessariamente de ao menos um sistema básico de ventilação, sendo possível ainda que seja construído um sistema de ventilação secundário para comportar melhor o sistema.

O primeiro sistema pode ser construído apenas com o prolongamento dos tubos de queda, até um nível superior ao da cobertura, para que os gases provenientes das descargas realizadas nesses tubos sejam dispersos na atmosfera. Por outro lado, o sistema secundário de ventilação, deve ser elaborado de forma mais específica, determinando-se elementos hidráulicos específicos de acordo com as necessidades encontradas para a construção do sistema, como por exemplo, ramais, colunas e barriletes de ventilação (BAPTISTA; COELHO, 2010). A extremidade aberta ao ar atmosférico do sistema de ventilação deve ter uma altura mínima de pelo menos 30 centímetros (cm) além do nível do pavimento (ABNT, 1999).

Para as demais edificações, tem-se como os principais critérios e recomendações as seguintes considerações: os diâmetros das tubulações dos ramais de ventilação devem ser homogêneos em suas instalações (CARVALHO JÚNIOR; 2017), além de todo e qualquer desconector presente na instalação predial de esgotamento sanitário, dever ser devidamente arejado, sendo estabelecida a distância máxima na qual o desconector deve estar distante de um tubo ventilador, para que seja garantida, assim, a ventilação adequada (BAPTISTA; COELHO, 2010).

### 3.2.2 Método Hidráulico

O procedimento para o dimensionamento de um sistema predial de esgotamento sanitário, utilizando-se o método hidráulico, é descrito e apresentado, por meio de um roteiro de cálculo presente no ANEXO B da NBR 8160:1999 (ABNT, 1999). Sua elaboração é baseada no conjunto de três obras: Graça (1985), Gonçalves (1986) e Montenegro (1985) e consiste na análise de distribuição binomial de probabilidades em relação uso simultâneo dos aparelhos sanitários, tempo médio entre uma descarga e outra, além de sua duração (OLIVEIRA; PARRODE; SALERNO, 2018).

Inicialmente, esse método leva em consideração que o fluxo de escoamento na condução das águas residuárias pelas tubulações atua em regime permanente (ABNT, 1999), ou seja, as características limitantes do espaço e as propriedades do fluido não se alteram ao longo do tempo (PORTO, 2006).

De acordo com essa consideração inicial, o método tem por objetivo dimensionar os subsistemas e principais componentes hidráulicos da instalação predial de esgotamento sanitário, sendo estes: o ramal de descarga e esgoto, subcoletores, coletores prediais e tubos de queda (ABNT, 1999).

Sendo assim, para a determinação da vazão de escoamento nos tubos de queda, é necessário a consideração referente a vazão unitária de cada tipo de aparelho sanitário, assim como a quantidade de aparelhos sanitários utilizados simultaneamente (FELONIUK, 2016). Para essas considerações, é prevista em norma, na NBR 8160:1999 (ABNT, 1999), as vazões unitárias dos aparelhos sanitários, em litros por segundo, apresentadas em tabela.

Uma vez que se torna necessário a consideração de todas as descargas efetuadas no sistema de forma específica, adota-se os valores característicos da soma das diferentes vazões de descargas geradas pelos aparelhos sanitários (NEVES; CAMPOS, 2018).

Para a determinação dos diâmetros nominais mínimos pelo método hidráulico, é necessário, que se determine a vazão de projeto ( $Q_e$ ) sob qual o sistema, ou parte dele, deverá atuar. Garantindo-se assim, que o escoamento fluirá por meio de todas as tubulações de maneira adequada. Sendo assim, o processo para o cálculo da vazão de projeto é igual em todos os trechos analisados, com exceção apenas para os ramais de descarga, os quais possuem as mesmas vazões de projeto dos aparelhos sanitários a eles associados, conforme é apresentado na Equação 1 (ABNT, 1999).

$$Q_{eRD} = q_i \quad (1)$$

Em que, ( $Q_{eRD}$ ) é a vazão no ramal de descarga e ( $q_i$ ) a vazão de contribuição do aparelho do tipo “i”, ambas em litros por segundo (ABNT,1999).

Já para os ramais de esgoto, os subcoletores, o coletor predial e os tubos de queda, a vazão de projeto ( $Q_e$ ) desses trechos é determinada por meio da Equação 2.

$$Q_e = \sum_{i=1}^N (m_i \times q_i) \quad (2)$$

Em que:

$Q_e$  = a vazão de projeto no trecho analisado, em L/s;

N = quantidade de aparelhos sanitários de diferentes tipos a serem utilizados no trecho em análise;

$m_i$  = quantidade de aparelhos sanitários utilizados simultaneamente, classificados como tipo “i”, considerando possíveis fatores de falha, em tabela apresentada na NBR 8160:1999 (adimensional).

A determinação do parâmetro  $m_i$  deve ser realizada, levando em consideração a análise das tabelas referenciadas na NBR 8160:1999 como B.1, B.2 e B.3 em comparação com o número “n”, referente a quantidade de aparelhos sanitários de cada tipo a serem instalados no sistema. Essas tabelas foram elaboradas levando em consideração fatores como, a frequência de uso, tempo médio de descarga e geometria construtiva de cada aparelho sanitário, além de apresentarem margens de percentuais de falhas para que seja analisado como o sistema poderá se comportar de maneira mais eficiente. Dessa forma, pode-se analisar especificamente a descarga para cada tipo de aparelho sanitário e determinar o valor relativo à vazão  $q_i$ , isto é, a vazão específica de cada tipo de aparelho sanitário (ABNT, 1999).

Além disso, a vazão de projeto ( $Q_e$ ) trata-se de um parâmetro genérico, então, para o correto dimensionamento dessas tubulações, deve levar-se em consideração, a vazão de escoamento correta para o trecho que se deseja calcular, sendo necessário a substituição do parâmetro ( $Q_e$ ) pelo parâmetro da vazão do escoamento correspondente ao trecho analisado (ABNT, 1999). Dessa forma, denominou-se as vazões de projeto dos ramais de esgoto como  $Q_{eRE}$ , dos subcoletores como  $Q_{eSC}$ , do coletor predial como  $Q_{eCP}$  e dos tubos de queda como  $Q_{eTQ}$ .

Ainda de acordo com a NBR 8160:1999, a vazão do coletor predial ( $Q_{e_{CP}}$ ) deve ser calculada por meio da somatória da contribuição que todos os aparelhos sanitários realizam no sistema, uma vez que o coletor predial recebe os efluentes escoados gerados por toda a edificação (ABNT, 1999).

Diante desses fatores, os diâmetros nominais mínimos dos ramais de descarga e esgoto, dos subcoletores e do coletor predial, de acordo com o método hidráulico, pode ser determinado por meio da utilização de duas equações, nas quais é levado em consideração o preenchimento do escoamento no interior da tubulação. Sendo assim, a Equação 3 é referente ao escoamento à meia seção do tubo, enquanto a Equação 4 para  $\frac{3}{4}$  da seção do tubo (ABNT, 1999):

$$d_{e\ 1/2} = \frac{n^{\frac{3}{8}} \times Q_e^{\frac{3}{8}} \times I^{\left(\frac{-3}{16}\right)}}{6,644} \quad (3)$$

$$d_{e\ 3/4} = \frac{n^{\frac{3}{8}} \times Q_e^{\frac{3}{8}} \times I^{\left(\frac{-3}{16}\right)}}{8,32} \quad (4)$$

Em que:

$d_e$  = Diâmetro interno, em metros, do trecho em análise;

$n$  = Coeficiente de Manning (adimensional);

$Q_e$  = Vazão de escoamento do trecho em análise, em L/s;

$I$  = Declividade, em porcentagem, da instalação do trecho.

Ressalta-se que, o coeficiente de Manning é um parâmetro expressado de acordo com o tipo do material implantado nas tubulações, isto é, varia de acordo com a rugosidade do material e como ele influencia o fluxo de escoamento (OLIVEIRA; PARRODE; SALERNO, 2018).

O diâmetro dos tubos de queda ( $D_{T_q}$ ), pelo método hidráulico, pode ser determinado por meio da Equação 5, prevista na NBR 8160:1999 (ABNT, 1999):

$$D_{T_q} = \frac{0,116 \times n^{\frac{3}{8}} \times Q_{T_q}^{\frac{3}{8}}}{t_o^{\frac{5}{8}}} \quad (5)$$

Na qual:

$D_{T_q}$  = Diâmetro interno dos tubos de queda, em metros;

$n$  = Coeficiente de Manning;

$Q_{T_q}$  = Vazão de projeto nos tubos de queda, em L/s;

$t_o$  = Parâmetro adimensional, que representa a taxa de ocupação de água no interior dos tubos de queda.

Sendo a taxa de ocupação de água no interior dos tubos de queda, ou seja, o valor do parâmetro ( $t_o$ ), podendo ser determinado por meio da Equação 6 (ABNT,1999):

$$t_o = \frac{S_e}{S_{T_q}} \quad (6)$$

Em que:

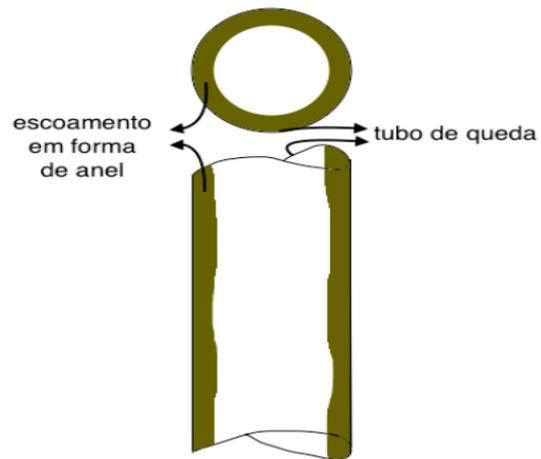
$S_e$  = área da seção transversal da coroa circular do escoamento do fluído no interior do tubo de queda;

$S_{T_q}$  = área da seção transversal do tubo de queda.

Essa relação, considera que o escoamento no interior dos tubos de queda ocorre de forma espiral ao redor do tubo, podendo ser considerado como uma coroa circular, em que, o meio da tubulação se encontra com a ocorrência de ar (OLIVEIRA; PARRODE; SALERNO, 2018).

Este tipo de consideração de escoamento é denominado como escoamento anular. Para esta consideração, o valor referente a ( $t_o$ ) deve ser menor que  $\frac{1}{3}$  (ABNT, 1999). A representação do escoamento no interior do tubo de queda pode ser visualizada na Figura 2.

Figura 2 – Representação do escoamento no tubo de queda.



Fonte: FELONIUK, 2016.

Quanto a vazão de escoamento no interior dos tubos de queda ( $Q_{eTq}$ ), considera-se que esta é igual a vazão de projeto nos subcoletores ( $Q_{esc}$ ), uma vez que, os subcoletores recebem os efluentes descarregados pelos tubos de queda, como apresentado na Equação 7 (ABNT, 1999):

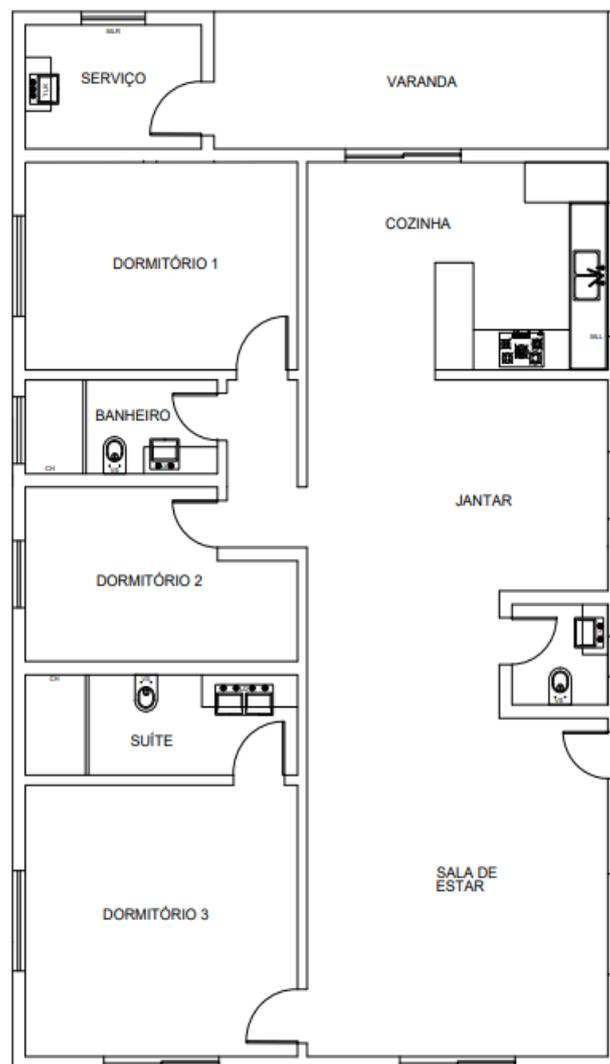
$$Q_{Tq} = Q_{esc} \tag{7}$$

## 4. MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 Edificação estudada

O objeto deste estudo foi uma edificação térrea unifamiliar, de planta baixa apresentada na Figura 3. A edificação estudada é constituída por um banheiro social, uma suíte, um lavabo, além de uma cozinha e uma área de serviço, sendo estes os cômodos onde há a geração de águas residuárias. Destaca-se ainda que a edificação estudada conta apenas com um pavimento, localizada nível térreo de um terreno plano.

Figura 3 – Planta baixa da edificação unifamiliar estudada.



PLANTA BAIXA - PAV. TÉRREO

Fonte: Do autor.

Os aparelhos sanitários presentes na planta baixa estudada e suas respectivas siglas podem ser visualizados por meio do Tabela 2.

Tabela 2 – Legenda dos aparelhos sanitários.

CH	Chuveiro
LV	Lavatório simples
LD	Lavatório duplo
MLL	Máquina de lavar louças
MLR	Máquina de lavar roupas
TQ	Tanque
VS	Vaso sanitário
RS	Ralo seco

Fonte: Do autor.

Para a composição dos elementos hidráulicos que constituem as edificações, foram considerados elementos usuais, além de particularidades para cada um dos ambientes. Assim, para o lavabo considerou-se apenas o vaso sanitário e um lavatório simples contribuindo para o sistema hidráulico, sendo adicionado o chuveiro para o banheiro social e ainda, para a suíte, o chuveiro e o lavatório duplo. Para a cozinha, foi adotado uma pia de duas cubas com o incremento de uma máquina de lavar louças, e, para a área de serviço, adotou-se um tanque e uma máquina de lavar roupas.

O estudo contou com o auxílio de *software* de desenho assistido por computador para a elaboração da planta baixa das edificações, assim como para a realização do desenho do traçado das tubulações de esgotamento sanitário do sistema hidráulico predial.

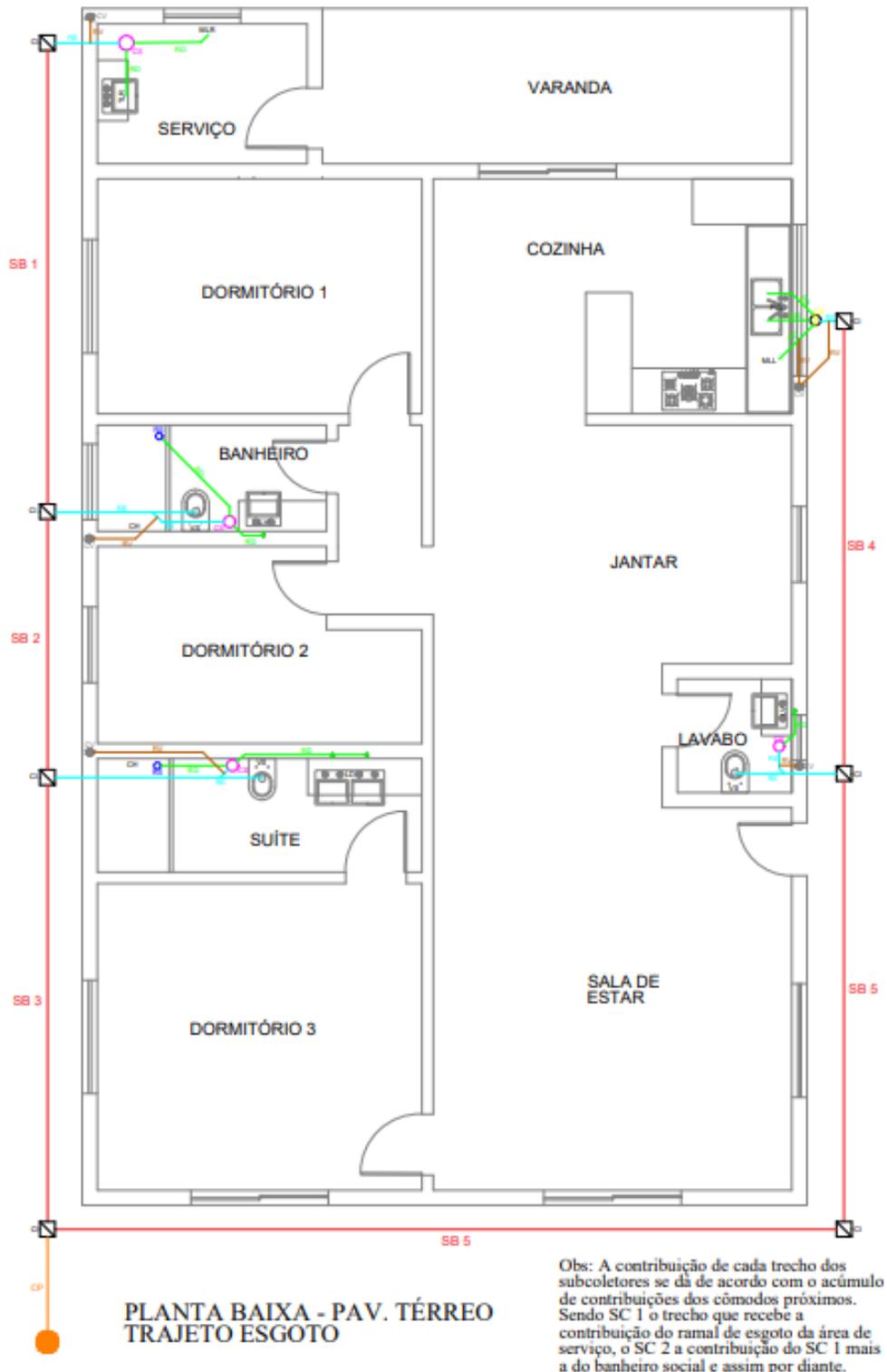
#### **4.2 Traçado das tubulações**

Após a determinação da planta baixa a ser utilizada no estudo e dos elementos hidráulicos que compuseram o sistema, pôde-se realizar a concepção do traçado das tubulações de esgotamento sanitário.

Ressalta-se que esta etapa do estudo foi desenvolvida de acordo com as recomendações normativas apresentadas na NBR 8160:1999 (ABNT, 1999), quanto à escolha mais adequada das tubulações do sistema. Seguiu-se também o roteiro construtivo de traçado das tubulações, apresentado por Carvalho Júnior (2017), além das considerações de instalação apresentadas no item 3 deste estudo.

Sendo assim, diante desses fatores, a Figura 4 apresenta a concepção do traçado das tubulações dos ramais de descarga e esgoto, subcoletores e do coletor predial, assim como as colunas de ventilação.

Figura 4 – Traçado das tubulações de esgotamento predial da edificação estudada.



Fonte: Do autor.

Os elementos hidráulicos contidos no traçado das tubulações do sistema predial, assim como a cor referente a cada trecho e o símbolo de representação empregado na planta baixa podem ser visualizados na Tabela 3.

Tabela 3 – Legenda das tubulações e elementos hidráulicos

CG	Caixa de gordura	
CI	Caixa de inspeção	
CS	Caixa sifonada	
CP	Coletor predial	
CV	Coluna de ventilação	
RD	Ramal de descarga	
RE	Ramal de esgoto	
RS	Ralo seco	
RV	Ramal de ventilação	
SB	Subcoletores	

Fonte: Do autor.

### 4.3 Dimensionamento das redes prediais de esgotamento sanitário

Esta etapa do estudo foi desenvolvida analisando-se os aparelhos sanitários contribuintes em cada um dos trechos das tubulações constituintes do sistema hidráulico. O estabelecimento dos diâmetros das tubulações foi realizado por meio da determinação de suas tipologias, como ramais de descarga e esgoto; tubos de queda; subcoletores; coletor predial; e o subsistema de ventilação, por meio da análise com o traçado estabelecido em projeto, juntamente com as tabelas apresentadas na NBR 8160:1999 (ABNT, 1999).

#### 4.3.1 Dimensionamento das tubulações: método das UHC

Inicialmente, a elaboração do dimensionamento das tubulações presentes no sistema predial de esgotamento sanitário pelo método UHC consistiu na determinação dos diâmetros nominais dos ramais de descarga dos aparelhos sanitários a serem instalados nos ambientes. Essa determinação consiste na verificação dos diâmetros nominais recomendados para cada aparelho sanitário por meio da Tabela 4.

Tabela 4 - Unidades Hunter de contribuição dos aparelhos sanitários e diâmetro nominal mínimo dos ramais de descarga.

Aparelho Sanitário		Número de UHC	Diâmetro nominal do ramal de descarga
Bacia Sanitária		6	100 <sup>1)</sup>
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 <sup>2)</sup>	50
Pia de cozinha residencial		3	50
Pia de cozinha industrial	Preparação	3	50
	Lavagem de painéis	4	50
Tanque de lavar roupas		3	40
Máquina de lavar louças		2	50 <sup>3)</sup>
Máquina de lavar roupas		3	50 <sup>3)</sup>

1) O diâmetro nominal DN mínimo para o ramal de descarga da 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.

3) Devem ser consideradas as recomendações dos fabricantes.

Fonte: NBR 8160 (ABNT, 1999).

Após a determinação dos diâmetros dos ramais de descarga, o dimensionamento prosseguiu com a especificação dos tubos dos ramais de esgoto. A análise desses ramais deve ser realizada trecho a trecho, compreendendo-se a vazão na qual os ramais de descarga alimentaram os ramais de esgoto. Dessa maneira, a determinação de cada trecho dos ramais de esgoto se baseou da análise da Tabela 5.

Tabela 5 - Tabela auxiliar para o dimensionamento dos ramais de esgoto.

Diâmetro nominal do ramal de descarga (DN)	Número de unidades Hunter de contribuição
40	3
50	6
75	20
100	160

Fonte: NBR 8160 (ABNT, 1999).

O dimensionamento dos diâmetros nominais dos subcoletores e do coletor predial se sucedeu com a determinação das contribuições que seriam conduzidas por meio de cada subcoletor, e para o coletor predial por meio do cálculo do número máximo de UHC com que o sistema pode ser submetido para um determinado diâmetro nominal.

Entretanto, tem-se para o dimensionamento do coletor predial da edificação estudada (térrea), pelo método das UHC, que este deve ser realizado considerando-se apenas o aparelho de maior descarga dos banheiros (ABNT, 1999). Assim, em todos os banheiros, foi considerado somente a contribuição de descarga da bacia sanitária, como estabelecido normativamente.

Apenas para o dimensionamento de edificações com pavimentos tipo ou estabelecimentos comerciais, deverá ser considerado o somatório de todas as UHC dos aparelhos sanitários presentes, multiplicado pelo número de pavimentos existentes. Com essas considerações, a determinação do diâmetro nominal das tubulações dos coletores prediais associado ao número máximo das com que essas tubulações conseguem atender o fluxo de escoamento de maneira satisfatória, e ainda, a declividade na qual esses elementos devem ser instalados, foi realizada por meio da consulta aos valores apresentados pela Tabela 6 (NEVES; CAMPOS, 2018).

Tabela 6 - Tabela auxiliar para o dimensionamento de subcoletores e coletor predial

Diâmetro nominal do tubo (DN)	Número máximo de unidades Hunter de contribuição - Valores em função das declividades mínimas permitidas (%)			
	0,5	1	2	4
100	-	180	216	250
150	-	700	840	1000
200	1400	1600	1920	2300
250	2500	2900	3500	4200
300	3900	4600	5600	6700
400	7000	8300	10000	12000

Fonte: NBR 8160 (ABNT, 1999).

O dimensionamento do subsistema de ventilação foi realizado baseado apenas no método das UHC, uma vez que o desenvolvimento deste estudo teve o intuito de comparar o dimensionamento entre as metodologias apenas para as tubulações que conduzem os efluentes líquidos das instalações prediais de esgotamento sanitário.

As distâncias máximas na qual um desconector poderá estar distante de um tubo ventilador são relacionadas de acordo com o diâmetro das tubulações dos ramais de esgoto, e podem ser visualizadas na Tabela 7 (ABNT, 1999).

Tabela 7 - Distância máxima na qual um desconector pode ter do tubo ventilador

Diâmetro nominal do ramal de esgoto	Distância máxima (m)
40	1,00
50	1,20
75	1,80
100	2,40

Fonte: NBR 8160 (ABNT, 1999).

Ressalta-se que para edificações térreas, há a necessidade de instalação de, pelo menos, um tubo ventilador devidamente conectado com os elementos hidráulicos e prolongado até a cobertura. Sua conexão deve ser realizada diretamente a uma caixa de inspeção, podendo ainda

ser instalada em conjunto com os subcoletores, com o coletor predial ou ainda com os ramais de descarga das bacias sanitárias (ABNT, 1999).

Após essas considerações, para o dimensionamento das tubulações dos ramais de ventilação das instalações prediais de esgotamento sanitário pelo método das UHC, considerou-se que o diâmetro nominal mínimo dessas canalizações deve respeitar os limites máximos de UHC estabelecidos pela Tabela 8 (ABNT, 1999).

Tabela 8 - Tabela auxiliar para o dimensionamento das tubulações dos ramais de ventilação

Grupo de aparelhos sem bacias sanitárias		Grupo de aparelhos com bacias sanitárias	
Nº de unidades Hunter de contribuição	Diâmetro nominal do ramal de ventilação	Nº de unidades Hunter de contribuição	Diâmetro nominal do ramal de ventilação
Até 12	40	Até 17	50
13 a 18	50	18 a 60	75
19 a 36	75	-	-

Fonte: NBR 8160 (ABNT, 1999).

Como recomendações normativas quanto ao dimensionamento das colunas de ventilação, tem-se que estas devem ser instaladas com um aclave mínimo estabelecido de 1%, assim como todas as tubulações de ventilação, para que não seja possível o retorno dos dejetos relacionados aos ramais de esgoto e descarga por gravidade. Além disso, as tubulações devem apresentar uniformidade quanto seus diâmetros ao longo de todo seu comprimento (ABNT, 1999).

Dessa forma, diante de todas as considerações e recomendações normativas apresentadas, assim como, os resultados obtidos dos dimensionamentos dos ramais de esgoto da edificação térrea, pôde ser realizado o dimensionamento da coluna de ventilação, determinado de acordo com a consulta à Tabela 9 (ABNT, 1999).

Tabela 9 – Tabela auxiliar para o dimensionamento de colunas e barriletes de ventilação.

Diâmetro nominal do tubo de queda ou do ramal de esgoto (DN)	Número de unidades de Hunter de contribuição	Diâmetro nominal 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	1100	-	-	8	31	238	-	-	-
150	2000	-	-	7	26	201	-	-	-
150	2900	-	-	6	23	183	-	-	-
200	1800	-	-	-	10	73	286	-	-
200	3400	-	-	-	7	57	219	-	-
200	5600	-	-	-	6	49	186	-	-
200	7600	-	-	-	5	43	171	-	-
250	4000	-	-	-	-	24	94	293	-
250	7200	-	-	-	-	18	73	225	-
250	11000	-	-	-	-	16	60	192	-
250	15000	-	-	-	-	14	55	174	-
300	7300	-	-	-	-	9	37	116	287
300	13000	-	-	-	-	7	29	90	219
300	20000	-	-	-	-	6	24	76	186
300	26000	-	-	-	-	5	22	70	152

Fonte: NBR 8160 (ABNT, 1999).

Ressalva-se que o processo de determinação dos diâmetros nominais das colunas e barriletes de ventilação é semelhante aos processos de dimensionamentos anteriormente apresentados, sendo necessário a verificação da soma das UHC que irão solicitar as colunas de ventilação. Ainda, é apresentado na Tabela 9, o comprimento máximo permitido para as colunas de ventilação, de acordo com os diâmetros nominais dos ramais de esgoto e das UHC dos aparelhos sanitários presentes nos ambientes onde está instalada.

Como o objeto comparativo deste estudo é o dimensionamento dos trechos de tubulações que conduzem, prioritariamente, as águas residuárias e não os gases que também se

encontram no sistema de esgotamento sanitário predial, o dimensionamento do subsistema de ventilação foi realizado apenas pelo método das UHC, e são apresentados na Tabela 10.

Tabela 10 – Resultados do dimensionamento dos ramais de ventilação pelo método UHC

<b>Cômodo</b>	<b>Aparelho Hidráulico</b>	<b>Trecho</b>	$\sum$ <b>UHC</b>	<b>DN UHC (mm)</b>
Lavabo	CS	RV CS	7	50
Banheiro social	CS	RV CS	9	50
Suíte	CS	RV CS	10	50
Cozinha	MLL	RV MLL	2	40
	CG	RV CG	3	40
Área de serviço	CS	RV CS	6	40

Fonte: Do Autor.

Já o dimensionamento das colunas de ventilação pelo método das UHC pode ser visualizado por meio da Tabela 11.

Tabela 11 – Resultados do dimensionamento das colunas de ventilação pelo método das UHC

<b>Cômodo</b>	<b>Elemento de conexão</b>	<b>Trecho</b>	<b>Comprimento permitido (m)</b>	<b>DN UHC (mm)</b>
Lavabo	CS	RV CS	11	50
Banheiro social	CS	RV CS	11	50
Suíte	CS	RV CS	11	50
Cozinha	CG	RV CG	46	40
	CS	RV CS	46	40

Fonte: Do Autor.

#### 4.3.2 Dimensionamento das tubulações: Método hidráulico

Esta etapa do estudo foi desenvolvida após a análise do traçado das tubulações de esgotamento sanitário, sendo necessário a análise, trecho a trecho, das canalizações da rede. Foram considerados juntamente a este estudo, as especificações técnicas presentes no item 3.2.2 deste estudo, como também, os critérios normativos e tabelas estabelecidas pela NBR 8160:1999 em seu Anexo B. Assim, foram determinados os diâmetros dos ramais de descarga e esgoto, subcoletores e do coletor predial, pelo método hidráulico (ABNT, 1999).

Inicialmente, a metodologia pôde ser desenvolvida com a determinação da vazão presente nos ramais de descarga, uma vez que, a vazão de escoamento que percorre o interior dos ramais de descarga é a mesma que percorre o aparelho sanitário a eles conectados, como apresentado pela Equação 4. Este procedimento foi elaborado por meio da verificação da vazão, em litros por segundo, das vazões unitárias dos aparelhos sanitários projetados, estabelecidas de acordo com a Tabela 12 (ABNT,1999).

Tabela 12 - Vazões unitárias dos aparelhos sanitários

<b>Aparelhos Sanitários</b>	<b>Vazões Unitárias (L/s)</b>
Bacia Sanitária - Caixa de descarga	0,96
Banheira	0,90
Bidê	0,40
Chuveiro/ducha	0,20
Lavatório	0,15
Máquina de lavar roupas/pratos	0,30
Mictório com sifão - Válvula de descarga	0,50
Mictório sem sifão - Registro, caixa e válvula de descarga	0,15
Torneiras - Pia/Tanque	0,25

Fonte: NBR 8160 (ABNT, 1999).

Sendo feita essa análise, foi possível realizar a determinação dos diâmetros nominais dessas tubulações, tanto referente ao escoamento à meia seção, como para o escoamento a  $\frac{3}{4}$  da seção do tubo, assim como apresentado pelas Equações 3 e 4, deste estudo. Após esse procedimento, obteve-se o resultado, em metros, dos diâmetros, sendo possível o arredondamento para o diâmetro comercial superior mais próximo, considerando os seguintes diâmetros nominais fabricados com seus valores em milímetros: DN 40, DN 50, DN 75, DN 100, DN 150, DN 200, DN 250 e DN 300.

Após o dimensionamento dos ramais de descarga, prosseguiu-se para o dimensionamento das tubulações dos ramais de esgoto, subcoletores e coletor predial, sendo necessário realizar algumas considerações para o desenvolvimento desses dimensionamentos.

Essas considerações são referentes a declividade de instalação e ao coeficiente de Manning das tubulações.

O coeficiente de Manning (n) é determinado de acordo com o tipo de material da tubulação, e o valor desse parâmetro encontrado na normatização para os materiais de PVC, material abordado neste estudo, foi de 0,010. Ressalta-se que para as tubulações de ferro fundido, podem ser adotados os valores de 0,012 para tubulações novas e 0,013 para as usadas (ABNT, 1999).

A declividade de instalação considerou os limites recomendados normativamente de 2% para diâmetros nominais menores ou iguais a 75 mm e 1% para diâmetros nominais maiores ou iguais a 100 mm, como apresentado no item 3.2.1 deste estudo.

Após as considerações iniciais citadas, iniciou-se o dimensionamento dos ramais de esgoto, dos subcoletores e do coletor predial. Esta etapa foi desenvolvida inicialmente com a determinação das vazões de projeto dos trechos analisados, por meio da Equação 2. Para o desenvolvimento desta equação foi necessário a determinação de outros parâmetros associados a esta expressão, como o tempo de descarga médio, em segundos, dos aparelhos sanitários; o tempo médio entre descargas consecutivas, em minutos; = o número de aparelhos sanitários em uso simultâneo; e o fator de falha da rede considerado para o uso em conjunto desses aparelhos.

Para o tempo de descarga médio dos aparelhos sanitários, foram considerados os valores de uso comum, baseados nos valores apresentados pela Tabela 13.

Tabela 13 – Duração média de descarga dos aparelhos sanitários

Aparelho Sanitário	Duração média de descarga (s)
Bacia Sanitária	10
Lavatório	30
Chuveiro	500
Pia	300
Máquina de lavar louças	500
Tanque	300
Máquina de lavar roupas	300

Fonte: FELONIUK, 2016.

O tempo médio entre descargas consecutivas tem como limites extremos estabelecidos normativamente os valores de 5 e 60 minutos, os quais representam os cenários limítrofes de utilização da rede predial de esgotamento sanitário. Sendo assim, a fim de considerar-se um valor que melhor represente o funcionamento comum da instalação, e juntamente com análises

a trabalhos anteriormente realizados (FELONIUK, 2016), considerou-se o valor de 30 minutos, sendo este o valor indicado para representar o valor mediano dos valores limites apresentados pela norma, sendo possível assim, a análise do cenário mais comum de funcionamento do sistema (OLIVEIRA; PARRODE; SALERNO, 2018).

Para o fator de falha associado ao uso simultâneo dos aparelhos sanitários, este parâmetro tem como suas limitações os valores de 1%, 2,5% ou 5% apresentados nas tabelas de referência normativa. Para o desenvolvimento deste estudo, considerou-se o valor de 5%.

A consideração quanto ao número de aparelhos em utilização simultânea ( $m_i$ ) foi realizada após todas as outras considerações citadas anteriormente, uma vez que, para a determinação deste parâmetro, foi necessário que se levasse em conta todos os parâmetros anteriores citados, permitindo a consulta às tabelas contendo os valores expressos normativamente.

Com a determinação de todos os parâmetros necessários foi possível a realização dos cálculos da Equação 2 para determinação das vazões de cada trecho do sistema, e das equações 3 e 4, que determinaram os diâmetros nominais das tubulações dos ramais de esgoto, dos subcoletores e do coletor predial da rede predial de esgotamento sanitário para o escoamento à  $\frac{1}{2}$  e a  $\frac{3}{4}$  da seção do tubo. Realizando-se por fim, os arredondamentos necessários dos resultados obtidos para os diâmetros nominais comerciais diretamente superiores.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Dimensionamento das tubulações dos ramais de descarga

Os valores dos diâmetros nominais (DN) mínimos dos ramais de descarga obtidos pelo dimensionamento por meio do método das UHC e o método hidráulico, podem ser visualizados na Tabela 14.

Tabela 14 – Diâmetros obtidos no dimensionamento dos ramais de descarga utilizando o Método UHC e o Método Hidráulico.

Cômodo	Aparelhos Sanitários	Trecho	DN UHC (mm)	Método Hidráulico	
				$DN_{\frac{1}{2}}$ (mm)	$DN_{\frac{3}{4}}$ (mm)
Lavabo	LV	RD LV	40	40	40
Banheiro social	LV, CH	RD LV	40	40	40
		RD CH	40	40	40
Suíte	LD, CH	RD LD	40	40	40
		RD CH	40	40	40
Cozinha	PIA, MLL	RD PIA	50	40	40
		RD MLL	50	40	40
Área de serviço	TQ, MLR	RD TQ	40	40	40
		RD MLR	50	40	40

Fonte: Do Autor. Legenda: O método hidráulico considera o escoamento dos efluentes à meia seção e a  $\frac{3}{4}$  da seção do tubo, assim,  $DN_{\frac{1}{2}}$  e  $DN_{\frac{3}{4}}$  representam os diâmetros nominais calculados para essas taxas de ocupação no tubo pelo escoamento. Os diâmetros nominais obtidos pelo método das UHC são representados na coluna nomeada como DN UHC.

Observa-se que os diâmetros nominais determinados para os ramais de descarga, pelos dois métodos foram semelhantes, sendo estabelecido o DN 40 para todos os ramais de descarga dos banheiros, assim como para a do tanque, por ambos os métodos. Já para o ramal de descarga da pia da cozinha, da máquina de lavar louças e da máquina de lavar roupas, foram calculados diâmetros nominais de 40 mm para os dois casos de escoamento do método hidráulico e de 50 mm pelo método das UHC.

Dessa maneira, considerando que a discrepância dos resultados entre as metodologias se deram no ambiente da cozinha, a qual possui o despejo de efluentes gordurosos em seus ramais de descarga, e no ramal de descarga da máquina de lavar roupas, o qual possui a descarga de efluentes com qualidade inferior devido ao provável uso de produtos químicos para lavagem de roupas, como sabões e detergentes, e com grande quantidade de sujeira e gordura

corporal provenientes de roupas usadas, sendo mais interessante o uso da tubulação com DN50, no caso, definido pelo método das UHC.

Nota-se ainda, que os diâmetros encontrados foram os dois menores disponíveis comercialmente, sendo isso uma decorrência do fato de que as tubulações dos ramais de descarga são individualizadas entre os tipos de aparelhos sanitários até sua conexão com a caixa sifonada ou a caixa de gordura, não tendo contribuições adicionais de aparelhos sanitários de tipos diferentes associadas a esses ramais.

## 5.2 Dimensionamento das tubulações dos ramais de esgoto

Os valores dos diâmetros nominais (DN) mínimos dos ramais de esgoto determinados pelo método das UHC e hidráulico podem ser conferidos na Tabela 15.

Tabela 15 – Diâmetros obtidos no dimensionamento dos ramais de esgoto utilizando o Método UHC e o Método Hidráulico.

Cômodo	Aparelho Sanitário	Trecho	DN UHC (mm)	$DN_{\frac{1}{2}}$ (mm)	$DN_{\frac{3}{4}}$ (mm)
Lavabo	CS	RE CS	40	40	40
	VS	RE VS	100	75 (100)*	50 (100)*
Banheiro social	CS	RE CS	40	50	40
	VS	RE VS	100	75 (100)*	50 (100)*
Suíte	CS	RE CS	50	50	40
	VS	RE VS	100	75 (100)*	50 (100)*
Cozinha	CG	RE CG	50	75	50
Área de serviço	CS	RE CS	50	50	40

Fonte: Do Autor. Legenda: A sigla RE refere-se ao ramal de esgoto. Os resultados marcados com “\*” foram os valores adotados por este dimensionamento de acordo com as recomendações normativas para os diâmetros mínimos estabelecidos os ramais de esgoto das bacias sanitárias.

Observa-se que dentre os valores obtidos pelo dimensionamento dos ramais de esgoto, apenas as tubulações da caixa sifonada do lavabo apresentaram valor igual em todos os métodos e considerações de escoamento, sendo obtido o valor de 40 mm para este.

Para os ramais de esgoto das bacias sanitárias dos banheiros, levou-se em conta a determinação normativa quanto ao diâmetro nominal mínimo desses ramais. Dessa maneira, apesar da discrepância dos resultados calculados pelo método hidráulico, foi apresentado o valor de DN 100 para os ramais de esgoto das bacias sanitárias, porém, é válida a comparação entre valores de dimensionamento.

O ramal de esgoto da cozinha, proveniente da caixa de gordura, teve seu diâmetro nominal determinado pelo método das UHC e pelo método hidráulico com o escoamento à  $\frac{3}{4}$  da seção do tubo como DN 50, enquanto a consideração de escoamento à meia seção, pelo método hidráulico, determinou DN 75 para essa tubulação. Novamente, há de se destacar que o efluente descarregado nesse ramal apresenta composição altamente gordurosa, juntamente com resíduos químicos e orgânicos devido ao uso de detergentes e de restos de comida. Porém, têm-se que o DN do ramal de descarga da pia deveria ter, seguramente, pelo método das UHC, 50 mm, não havendo sentido no aumento de seu diâmetro após a caixa de gordura, que retém grande parte dos resíduos sólidos que a esta afluem, assim, vê-se o dimensionamento pelo método das UHC e pelo método hidráulico para escoamento em  $\frac{3}{4}$  de seção, como mais interessantes tecnicamente e, neste caso, economicamente.

Já para a área de serviço, infere-se que o método hidráulico à  $\frac{3}{4}$  de seção de escoamento levou a um subdimensionamento da tubulação, 40 mm. Pela natureza dos esgotos gerados neste ambiente hidráulico, efluentes à caixa sifonada, o DN 50 mm deveria ser o mínimo considerado quando do uso de um tanque e uma máquina de lavar roupas.

### 5.3 Dimensionamento dos subcoletores e do coletor predial

Os valores obtidos pelo dimensionamento dos subcoletores e do coletor predial no dimensionamento das tubulações por ambos os métodos, e para as considerações de escoamento à  $\frac{1}{2}$  e a  $\frac{3}{4}$  da seção do tubo pelo método hidráulico, são expressos na Tabela 16.

Tabela 16 – Diâmetros obtidos no dimensionamento dos subcoletores e do coletor predial utilizando o Método UHC e o Método Hidráulico.

Trecho	Contribuição	DN UHC (mm)	$DN_{\frac{1}{2}}$ (mm)	$DN_{\frac{3}{4}}$ (mm)
SB 1	Lavabo	100	100	100
SB 2	SB1 + Social	100	100	100
SB 3	SB 2 + Suíte	100	100	100
SB 4	Cozinha	100	100	100
SB 5	SB 4 + Serviço	100	100	100
CP	SB 3 + SB 5	100	150	100

Fonte: Do Autor. Legenda: As siglas SB e CP são referentes ao subcoletor em análise e ao coletor predial, respectivamente.

Ressalta-se que para a análise dos banheiros no dimensionamento dos subcoletores, pelo método das UHC, foram considerados apenas os aparelhos de maior contribuição, como recomendado normativamente (ABNT, 1999).

A contribuição referente ao subcoletor do trecho em análise deve ser realizada somando-se as contribuições advindas dos trechos anteriores, ou seja, a contribuição considerada no subcoletor 3 foi a somatória das contribuições dos aparelhos sanitários da suíte, do subcoletor 2 (banheiro social) e do subcoletor 1 (lavabo). Enquanto o subcoletor 5 considera a contribuição dos aparelhos sanitários da área de serviço e do subcoletor 4 (cozinha).

Dessa maneira, foram determinados todos os diâmetros nominais dos subcoletores com igualdade de resultados em todos os trechos e por ambos os métodos. Assim, foram determinadas tubulações de DN 100 para todos os subcoletores, não havendo, portanto, diferenciação entre métodos.

Porém, para a tubulação do coletor predial da edificação foram determinados valores distintos pelo dimensionamento do método das UHC e do método hidráulico, com consideração de escoamento à meia seção do tubo. Por se tratar da tubulação que recebe a contribuição de todos os aparelhos sanitários presentes e, uma vez que, o método das UHC só considera as contribuições de maior valor para os banheiros, têm-se que o valor de DN de 150 mm pode ser, tecnicamente, mais interessante, do ponto de vista da manutenção e vida útil do sistema. Além disso, por ser um trecho curto, não se têm uma desvantagem significativa do ponto de vista econômico.

#### **5.4 Análise global**

Para a determinação da metodologia de dimensionamento mais adequada, dentre o cenário de análise apresentado, em termos de custo da obra *versus* qualidade de funcionamento da instalação, devem ser analisados tanto aspectos quanto a composição dos efluentes gerados pelos aparelhos sanitários conectados em cada trecho do sistema, bem como os parâmetros iniciais considerados pelo método hidráulico, como o nível do escoamento no interior do tubo no qual o efluente é conduzido nas tubulações e o intervalo médio entre descargas consecutivas dos aparelhos sanitários. Com isso, é possível uma detalhada compreensão de como o escoamento poderá ocorrer ou solicitar as tubulações em cada trecho da rede predial, e que, por consequência, garante a escolha da metodologia mais compatível e satisfatória ao sistema analisado.

O que pôde ser constatado foi que as considerações de escoamento no interior das tubulações, assim como, a definição dos parâmetros iniciais para o método hidráulico são o que de fato geram discrepâncias entre os resultados e na ocorrência DN superiores ou inferiores de acordo com a consideração realizada. Isso é evidenciado comparando-se os diâmetros nominais obtidos pela consideração de escoamento à  $\frac{1}{2}$  seção do tubo pelo método hidráulico, com a do escoamento à  $\frac{3}{4}$  da seção do tubo, para o mesmo método. Logicamente, a primeira consideração leva a diâmetros nominais iguais ou superiores em relação a segunda, em todos os trechos.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os métodos analisados se mostraram distintos na forma como devem ser desenvolvidos, sendo o método das UHC elaborado de forma mais simples e intuitiva, enquanto o método hidráulico possui um desenvolvimento mais complexo, em relação ao primeiro. Isso se deve ao fato de que o método das UHC considera apenas os aparelhos sanitários presentes no projeto, as declividades de instalação recomendadas para cada tipo de tubulação e o número de pavimentos da edificação, enquanto o método hidráulico considera fatores de utilização que podem ser definidos arbitrariamente pelo projetista, o que dá mais liberdade a este, porém, requer experiência prévia nesta área, conferindo a ele mais responsabilidade no dimensionamento do projeto à medida em que forem aumentadas as especificidades do projeto.

Para os ramais de descarga e diante das considerações quanto à composição dos efluentes gerados pelos aparelhos sanitários a esses conectados, os diâmetros nominais dimensionados pelo método das UHC podem ser mais adequados para o cenário de dimensionamento apresentado, em termos de funcionabilidade e segurança do sistema, precavendo essas tubulações para possíveis obstruções causadas pela condução desses tipos de efluentes nesses ramais de descarga.

Para os ramais de esgoto, destaca-se os diâmetros nominais inferiores a 100 mm pelo método hidráulico, valor mínimo exigido normativamente para os ramais de esgoto das bacias sanitárias. Constatou-se então que as recomendações normativas levam em conta não apenas o fluxo escoado, mas também a segurança e o bom funcionamento do sistema, assim como foram baseadas as conclusões para a determinação de qual método se mostrou mais eficiente para os ramais de esgoto.

Já para os subcoletores, não foram apresentadas discrepâncias entre os resultados obtidos por ambos os métodos, sendo determinado por estes, tubulações de DN 100, o que para efeito comparativo nos evidencia apenas que os métodos foram precisos para determinação destas tubulações, confirmando a adequabilidade dos diâmetros obtidos.

Porém, para a tubulação do coletor predial obteve-se o valor de DN 100 de acordo com o dimensionamento realizado pelo método das UHC e pelo método hidráulico com a consideração de escoamento à  $\frac{3}{4}$  da seção do tubo. Já para o dimensionamento realizado pelo método hidráulico considerando o escoamento à meia seção do tubo, obteve-se o valor de DN 150. Tal discrepância é devida ao fato de que dentre os cenários de utilização considerados pelo método hidráulico, em sua situação de escoamento mais crítica à meia seção, a tubulação poderá necessitar de um diâmetro maior para operar o sistema adequadamente, sendo mais

adequado em termos de funcionabilidade e prevenção à eventuais falhas da instalação predial, portanto, a determinação do valor de DN 150 para esta tubulação, assim como evidenciado pelo método hidráulico considerando o escoamento à meia seção do tubo.

É possível afirmar, que o método hidráulico proporciona uma análise de dimensionamento para diferentes cenários de uso da instalação, sendo possível uma compreensão mais realista e adequada para o dimensionamento de cada instalação de maneira específica. Dessa maneira, viabiliza-se a análise desde os casos mais críticos de utilização até os mais favoráveis.

Em contrapartida, o método das UHC proporciona uma compreensão mais genérica quanto à utilização mais comum daquele sistema, oferecendo benefícios quanto a facilidade e agilidade na realização do dimensionamento do sistema. Podendo este, não ser tão assertivo e adequado ao sistema quanto o método hidráulico em casos não comuns da utilização dos aparelhos sanitários e se desenvolvido corretamente pelo projetista.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8160. **Sistemas Prediais de Esgoto Sanitário**. Rio de Janeiro, 1999.

AZEVEDO NETTO, J. M.; FERNANDEZ, M. F. **Manual de hidráulica**. 9ª Edição, Editora Blücher. São Paulo, 2018.

BOTELHO, Manoel Henrique Campos; RIBEIRO JÚNIOR, Geraldo de Andrade. **Instalações hidráulicas prediais: usando tubos de PVC e PPR**. 3ª Edição, Editora Blücher. São Paulo, 2010.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Disponível em <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/constituicaocompilado.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicaocompilado.htm)> Acesso em 20/08/2022.

CARVALHO JÚNIOR, Roberto de. **Patologias em Sistemas prediais hidráulico – sanitários**. 2ª Edição, Editora Blücher. São Paulo, 2013.

CARVALHO JÚNIOR, Roberto de - **Instalações prediais hidráulico-sanitárias: Princípios básicos para elaboração de projetos**. 2ª edição, Editora Blücher. São Paulo, 2014.

CARVALHO JÚNIOR, Roberto de. **Instalações hidráulicas e o projeto de arquitetura**. 11ª Edição, Editora Blücher. São Paulo, 2017.

CODEVASF. **Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Paraíba**. Disponível em <<https://www.codevasf.gov.br/aceso-a-informacao/institucional/biblioteca-geral-rocha/publicacoes/manuais/manual-de-comunicacao-e-organizacao-social-esgotamento-sanitario.pdf>> Acesso em 20/08/2022.

DICIO. **Dicionário Online de Português**. Disponível em <<https://www.dicio.com.br/sanear/>> Acesso em 20/08/2022.

FELONIUK, D. S.; BRAVO, J.M. **Sistemas prediais de esgoto sanitário: Estudo comparativo de dimensionamento pelos métodos hidráulico e das unidas de Hunter de contribuição**. Porto Alegre, 2016.

GNIPPER, Sérgio Frederico. **Diretrizes para formulação de método hierarquizado para investigação de patologias em sistemas prediais hidráulicos e sanitário**. Campinas, 2010.

HOUGHTALEN, R. J.; HWANG, NED H. C.; OSMAN AKAN, A. **Engenharia Hidráulica**. 4ª Edição, Editora Pearson. São Paulo, 2013.

KRONA. **Catálogo técnico, linha esgoto**. Disponível em <<https://www.krona.com.br/wp-content/uploads/2018/12/Catalogo-T%C3%A9cnico-Esgoto.pdf>> Acesso em: 10 de agosto, 2022.

MACINTYRE, Archibald Joseph. **Instalações Hidráulicas prediais e Industriais**. 4ª Edição, Editora LTC. Rio de Janeiro, 2010.

MENDONÇA, Sérgio Rolim; MENDONÇA, Luciana Coelho. **Sistemas sustentáveis de esgotos**. 2ª edição, Editora Blücher. São Paulo, 2017.

PNSB. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico**. Disponível em <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/multidominio/meio-ambiente/9073-pesquisa-nacional-de-saneamento-basico.html?=&t=destaques>> Acesso em: 21/08/2022.

OLIVEIRA; PARRODE; SALERNO. **Estudo comparativo entre metodologias de dimensionamento de sistemas prediais de esgoto sanitário**. Goiânia, 2018.

PLASTIK. **Catálogo técnico predial**. Disponível em <<https://www.corrplastik.com.br/wp-content/themes/corrplastik/pdf/catalogo-tecnico-predial.pdf>> Acesso em: 10 de agosto, 2022.

PORTO, R. M. **Hidráulica básica**. 4ª Edição, EESC-USP. São Carlos, 2016.

TIGRE. **Ficha técnica, linha esgoto Tigre Redux**. Disponível em <[https://tigrecombr-prod.s3.amazonaws.com/default/files/produtos/ficha-tecnica/ficha-tecnica-linha-Tigre-Redux\\_23.pdf](https://tigrecombr-prod.s3.amazonaws.com/default/files/produtos/ficha-tecnica/ficha-tecnica-linha-Tigre-Redux_23.pdf)> Acesso em: 7 de agosto, 2022.

TIGRE. **Orientações técnicas sobre instalações de Esgoto**. Disponível em <<https://tigresite.s3.amazonaws.com/2021/12/ct-esgoto.pdf>> Acesso em: 8 de agosto, 2022.

TSUTIYA; SOBRINHO. **Coleta e transporte de esgoto sanitário**. 2ª Edição, ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. Rio de Janeiro, 2011.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS. Biblioteca Universitária. **Manual de normalização e estrutura de trabalhos acadêmicos: TCCs, monografias, dissertações e teses**. 2ª ed. rev. Lavras, 2016. Disponível em <<http://repositorio.ufla.br/jspui/handle/1/11017>> Acesso em: 15 de maio, 2022.

WAVIN, Amanco. **Ficha técnica das linhas de tubulações do sistema sanitário**. Disponível em <<https://www.wavin.com/pt-br/cat%C3%A1logo/predial/sistema-sanitario>> Acesso em: 19 de agosto, 2022.