



CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

NATHÁLIA VERÔNICA RAMOS GONÇALVES

**AVALIAÇÃO DA VENTILAÇÃO PRIMÁRIA EM TUBOS DE QUEDA E
INSTALAÇÕES SANITÁRIAS PREDIAIS EM TERMOS DA NBR 8160**

BELO HORIZONTE

2026

AVALIAÇÃO DA VENTILAÇÃO PRIMÁRIA EM TUBOS DE QUEDA E INSTALAÇÕES SANITÁRIAS PREDIAIS EM TERMOS DA NBR 8160

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Programa de Graduação em Engenharia Civil do
Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas
Gerais como requisito parcial para obtenção do
título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador(a): Prof.(a) Dra. Hersília de Andrade Santos

BELO HORIZONTE

2026

G635a Gonçalves, Nathália Verônica Ramos
Avaliação da ventilação primária em tubos de queda e instalações sanitárias prediais em termos da NBR 8160 / Nathália Verônica Ramos Gonçalves. – 2026. 46 f. : il., tabs.

Trabalho de conclusão de curso apresentado no curso de graduação do Programa de Graduação em Engenharia Civil.
Orientadora: Hersília de Andrade Santos.
Bibliografia: f. 44.

Trabalho de conclusão de curso (graduação) – Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Departamento de Engenharia Civil.

1. Instalações hidráulicas – Normas – Teses. 2. Esgoto – Purificação – Aspectos ambientais – Teses. 3. Edificações – Tubulações de esgoto – Teses. 4. Gases – Escoamento – Teses. I. Santos, Hersília de Andrade. II. Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais. Departamento de Engenharia Civil. III. Título.

CDD 696.182



FOLHA DE APROVAÇÃO DE TCC Nº 18/2026 - DEC (11.56.07)

Nº do Protocolo: 23062.034666/2026-80

Belo Horizonte-MG, 06 de julho de 2026.

NATHÁLIA VERÔNICA RAMOS GONÇALVES

**AValiação DA VENTILAÇÃO PRIMÁRIA EM TUBOS DE QUEDA E INSTALAÇÕES
SANITÁRIAS PREDIAIS EM TERMOS DA NBR 8160**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, do Campus Nova Gameleira, como parte do requisito para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovado em 17 de junho de 2026.

Banca Examinadora:

Profa. Dra. Hersilia de Andrade e Santos - Orientador
Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais

Profa. MSc. Isabela Labarrere Vieira Pereira
Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais

Prof. Ivan Flávio Ferreira
Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais

**BELO HORIZONTE
2026**

(Assinado digitalmente em 13/07/2026 11:19)
HERSILIA DE ANDRADE E SANTOS
PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO
PPGEC (11.52.06)
Matrícula: ###049#6

(Assinado digitalmente em 07/07/2026 18:50)
ISABELA LABARRERE VIEIRA PEREIRA
PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO
DEC (11.56.07)
Matrícula: ###475#6

(Assinado digitalmente em 06/07/2026 10:06)

IVAN FLÁVIO FERREIRA

DISCENTE

Matrícula: 2025#####3

(Assinado digitalmente em 08/07/2026 19:09)

Nathália Verônica Ramos Gonçalves

DISCENTE

Matrícula: 2016#####6

Visualize o documento original em <https://sig.cefetmg.br/public/documentos/index.jsp> informando seu número: **18**, ano: **2026**, tipo: **FOLHA DE APROVAÇÃO DE TCC**, data de emissão: **06/07/2026** e o código de verificação: **9d63b4c64d**



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS
Av. Amazonas, 7675 – Bairro Nova Gameleira – Belo Horizonte - MG
Departamento de Engenharia Civil - Prédio 12 - Telefone: (31) 3319-6810 – secretaria@civil.cefetmg.br

TERMO DE ACEITE FINAL - ORIENTADOR

Titulo do TCC:	AVALIAÇÃO DA VENTILAÇÃO PRIMÁRIA EM TUBOS DE QUEDA E INSTALAÇÕES SANITÁRIAS PREDIAIS EM TERMOS DA NBR 8160
Data defesa:	17/06/2026
Discente:	Nathália Verônica Ramos Gonçalves
Orientador:	Prof.(a) Dra. Hersília de Andrade Santos

Eu, Nathalia Verônica Ramos Gonçalves declaro que todas as sugestões de correção e melhoria indicadas pela banca de avaliação de meu Trabalho de Conclusão de Curso e acordadas com meu Prof. Orientador foram implementadas no texto e entregues ao mesmo, Prof(a). Dra. Hersília de Andrade Santos para validação final.

Documento assinado digitalmente
gov.br NATHALIA VERONICA RAMOS GONCALVES
Data: 05/07/2026 12:30:13-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Assinatura do Discente

Declaro ter recebido e conferido a versão final do texto e que as sugestões de correção e melhorias indicadas pela banca e acatadas por mim foram implementadas.

Documento assinado digitalmente
gov.br HERSILIA DE ANDRADE E SANTOS
Data: 04/07/2026 09:54:45-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

De acordo:

Assinatura do Orientador

RESUMO

A ventilação em sistemas prediais de esgoto sanitário exerce papel fundamental na manutenção do fecho hídrico dos desconectores e na prevenção do retorno de gases ao ambiente construído. Entretanto, em edificações de pequeno porte, a adoção da ventilação secundária ainda ocorre, muitas vezes, de forma conservadora, mesmo diante da possibilidade de utilização exclusiva da ventilação primária prevista pela ABNT NBR 8160:1999. Nesse contexto, esta pesquisa avaliou a suficiência da ventilação primária em tubos de queda de instalações sanitárias prediais de edificações com até cinco pavimentos, visando verificar a possibilidade de dispensa da ventilação secundária sem comprometimento do desempenho do sistema. A metodologia adotada caracterizou-se como quantitativa e analítica, fundamentada em revisão bibliográfica, análise normativa e estudo de caso. Foi desenvolvido um projeto hidrossanitário representativo, ao qual se aplicou o método de verificação do Anexo C da ABNT NBR 8160:1999 para análise das variáveis admissíveis e resultantes relacionadas à manutenção do fecho hídrico. Os resultados demonstraram que a depressão máxima resultante permaneceu inferior aos limites admissíveis estabelecidos pela norma, enquanto os efeitos de auto-sifonagem e sobrepressão foram considerados nulos nas condições adotadas. Além disso, a retirada da ventilação secundária proporcionou redução aproximada de 16% no quantitativo de conexões e acessórios e de 28% no comprimento total de tubulações. Conclui-se que, para a tipologia analisada, a ventilação primária mostrou-se suficiente para garantir o adequado funcionamento do sistema predial de esgoto sanitário, evidenciando potencial de racionalização construtiva e redução de materiais.

Palavras-chave: fecho hídrico, instalações prediais de esgoto, tubo de queda, ventilação primária, ventilação secundária.

ABSTRACT

Ventilation in building drainage systems plays a fundamental role in maintaining trap seals and preventing the return of sewer gases into indoor environments. However, in low-rise buildings, fully vented systems are often adopted conservatively, despite the possibility of using a single-stack system as permitted by ABNT NBR 8160:1999. In this context, this study evaluated the adequacy of stack venting in drainage stacks of buildings with up to five floors, aiming to verify the feasibility of eliminating relief venting without compromising system performance. The adopted methodology was quantitative and analytical, based on a literature review, normative analysis, and a case study. A representative sanitary plumbing design for Social Housing buildings was developed, and the verification method established in Annex C of ABNT NBR 8160:1999 was applied to analyze the admissible and resulting variables related to trap seal preservation. The results showed that the maximum resulting negative pressure remained below the admissible limits established by the standard, while self-siphonage and overpressure effects were considered null under the adopted conditions. In addition, eliminating relief venting resulted in an approximate reduction of 16% in fittings and accessories and 28% in the total pipe length. It was concluded that, for the analyzed building typology, stack venting was sufficient to ensure the proper functioning of the building drainage system, demonstrating potential for construction rationalization and material savings.

Keywords:branch vent; building drainage systems; drainage stack; stack venting; trap seal.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Componentes do sistema de esgoto sanitário	12
Figura 2 - Bloqueio de água abaixo do ramal de descarga.....	14
Figura 3 - Zona de sobrepressão.....	14
Figura 4 - Sifão e seu fecho hídrico.....	15
Figura 5 - Caixa sifonada e seu fecho hídrico (B).....	16
Figura 6 - Auto-sifonagem de um lavatório	16
Figura 7 - Fechos hídricos sujeitos a sucção e sobrepressão.....	17
Figura 8 - Tipologias de ventilação	18
Figura 9 - Planta pavimento tipo	24
Figura 10 - Mapa de unidades e esquema vertical	25
Figura 11 - Traçado sanitário para o tipo com ventilação primária	26
Figura 12 - Traçado sanitário para o tipo com ventilação secundária.....	26
Figura 13 - Modelagem do projeto em perspectiva sem ventilação secundária.....	37
Figura 14 - Modelagem do projeto em perspectiva com ventilação secundária	37
Figura 15 – Quantidade total de conexões e acessórios	40
Figura 16 – Quantidade de conexões e acessórios por solução.....	40
Figura 17 - Lista de materiais para traçado sem ventilação secundária	44
Figura 18 - Lista de materiais para traçado com ventilação secundária.....	45

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Relação de aparelhos sanitários.....	27
Tabela 2 - Parâmetros de cálculo para vazão do tubo de queda.....	27
Tabela 3 - Vazão no tubo de queda	28
Tabela 4 – Unidades Hunter de Contribuição por aparelho	28
Tabela 5 - Parâmetros normativos.....	29
Tabela 6 - Parâmetros da localidade.....	30
Tabela 7 – Perda de altura do fecho hídrico admissível.....	31
Tabela 8 - Depressão admissível por desconector.....	32
Tabela 9 - Sobrepressão admissível no desconector	33
Tabela 10 - Vazão de ar no tubo de queda	34
Tabela 11 - Cálculo do coeficiente de máxima perda de pressão K_{tq}	35
Tabela 12 - Depressão resultante do efeito de sifonagem induzida	35
Tabela 13 – Depressão resultante do efeito de tiragem térmica e ação do vento.....	35
Tabela 14 – Quadro resumo do cálculo realizado	39

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CAD	Desenho assistido por computador
HIS	Habitação de interesse social
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
NBR	Norma Brasileira
UHC	Unidade Hunter de Contribuição
TCC	Trabalho de Conclusão de Curso

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
1.1 PERGUNTA DE PESQUISA	9
1.2 OBJETIVOS	10
1.2.1 Objetivo geral.....	10
1.2.2 Objetivo específico	10
1.3 JUSTIFICATIVA	10
1.4 RESTRIÇÕES E LIMITAÇÕES DA PESQUISA.....	11
2 REVISÃO TEÓRICA	12
2.1 SISTEMAS PREDIAIS DE ESGOTO SANITÁRIO	12
2.1.1 Tubos de queda	13
2.1.2 Desconectores e fecho hídrico.....	15
2.1.3 Ventilação primária e secundária	18
2.2 CONTEXTO NORMATIVO	19
2.2.1 NBR 8160: Anexo C – Verificação da suficiência de ventilação primária	19
2.3 PATOLOGIAS EM SISTEMAS DE VENTILAÇÃO.....	20
2.4 HABITAÇÕES DE INTERESSE SOCIAL E SISTEMAS HIDROSSANITÁRIOS	21
3 METODOLOGIA.....	22
3.1 MÉTODO DE ABORDAGEM.....	22
3.2 MÉTODO DE PROCEDIMENTOS	22
4 ESTUDO DE CASO	24
4.1 RESTRIÇÃO DA TIPOLOGIA.....	24
4.2 PROJETO HIDROSSANITÁRIO.....	25
5 APLICAÇÃO DO MÉTODO DE CÁLCULO	29
5.1 PARÂMETROS GERAIS.....	29
5.2 VARIÁVEIS ADMISSÍVEIS E RESULTANTES.....	30
5.2.1 Variáveis admissíveis.....	30
5.2.2 Variáveis resultantes	33
6 LISTA DE MATERIAIS	37
7 RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
8 CONCLUSÃO.....	42
REFERÊNCIAS	43
APÊNDICE A – LISTA DE MATERIAIS.....	44

1 INTRODUÇÃO

As instalações sanitárias prediais desempenham papel fundamental no desempenho funcional, sanitário e ambiental das edificações, sendo responsáveis pela coleta e condução adequada dos efluentes gerados nos ambientes internos. Entre os elementos que compõem esses sistemas, a ventilação assume função essencial para o equilíbrio das pressões internas das tubulações, contribuindo diretamente para a manutenção do fecho hídrico dos desconectores e para a prevenção do retorno de gases provenientes da rede de esgoto ao ambiente construído.

No contexto brasileiro, o dimensionamento e a concepção dos sistemas prediais de esgoto sanitário são regulamentados pela ABNT NBR 8160:1999, norma que estabelece critérios técnicos para o projeto, execução e desempenho desses sistemas. Dentre os dispositivos normativos apresentados, destaca-se o Anexo C, que propõe um método específico de cálculo para a verificação da suficiência da ventilação primária em tubos de queda, considerando a proteção do fecho hídrico dos desconectores. Apesar da existência desse método normativo, observa-se que, na prática, a adoção de sistemas de ventilação secundária ainda é frequentemente utilizada de forma conservadora, mesmo em edificações de pequeno porte.

Essa prática recorrente impacta diretamente projetos de habitação de interesse social (HIS), nos quais a racionalização construtiva, a redução de custos e a otimização dos espaços técnicos constituem fatores determinantes. A utilização de sistemas adicionais de ventilação, quando tecnicamente dispensáveis, pode resultar em aumento de custos com materiais, mão de obra e interferências arquitetônicas, contrariando princípios de eficiência e economicidade desejáveis nesse tipo de empreendimento.

Diante desse cenário, torna-se relevante investigar se a ventilação primária, quando corretamente dimensionada conforme os critérios estabelecidos pela norma, é suficiente para garantir o desempenho adequado do sistema predial de esgoto em edifícios residenciais de até cinco pavimentos.

1.1 PERGUNTA DE PESQUISA

A ventilação primária em tubos de queda de instalações sanitárias prediais em prédios de até 5 pavimentos é suficiente para manutenção do fecho hídrico dos desconectores?

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Verificar, com base nos critérios de cálculo estabelecidos pela norma ABNT NBR 8160:1999, a adequação técnica do sistema de ventilação primária em tubos de queda para assegurar a manutenção do fecho hídrico dos desconectores em edifícios com até 5 pavimentos, visando dispensar o uso da ventilação secundária.

1.2.2 Objetivo específico

- a) Revisar a literatura técnica sobre os fenômenos pneumáticos (sifonagem por aspiração e sobrepressão) em sistemas prediais de esgoto sanitário e a função dos sistemas de ventilação (primário e secundário) na manutenção do fecho hídrico;
- b) Analisar e detalhar a metodologia de cálculo e os critérios de verificação propostos pelo Anexo C da ABNT NBR 8160:1999;
- c) Realizar um estudo de caso de um edifício de até 5 pavimentos, definindo a vazão de esgoto e a geometria das instalações (diâmetro do tubo de queda, altura etc.);
- d) Aplicar a metodologia do Anexo C ao projeto-modelo, simulando o desempenho pneumático do sistema contando apenas com a ventilação primária;
- e) Comparar os resultados das flutuações de pressão (depressão e sobrepressão) obtidos nos cálculos com os limites admissíveis pela norma para a proteção do fecho hídrico;
- f) Discutir as implicações técnicas e econômicas na redução de custos com materiais, resultantes da dispensa da ventilação secundária.

1.3 JUSTIFICATIVA

Este trabalho contribui para a comunidade técnica ao fornecer uma análise crítica e aplicada do Anexo C da ABNT NBR 8160:1999, dispositivo normativo que, apesar de possibilitar avaliações mais precisas do desempenho dos sistemas de ventilação sanitária, muitas vezes é subutilizado na prática profissional.

Na rotina de escritórios de projetos e construtoras, a possibilidade de adoção exclusiva da ventilação primária frequentemente não é considerada, sendo comum a especificação da ventilação secundária de forma conservadora. Em muitos casos, essa escolha é motivada pela busca de maior segurança no projeto, mesmo quando a aplicação dos critérios normativos poderia indicar a sua dispensa.

Nesse contexto, a principal contribuição deste estudo é fornecer subsídios técnicos para projetistas de instalações hidrossanitárias, demonstrando a aplicabilidade do método proposto pela norma e avaliando a viabilidade da dispensa da ventilação secundária para a tipologia analisada. Dessa forma, busca-se incentivar decisões de projeto fundamentadas em critérios técnicos e normativos, promovendo a racionalização dos sistemas prediais de esgoto sem comprometer a segurança, a higiene e o desempenho funcional das instalações.

1.4 RESTRIÇÕES E LIMITAÇÕES DA PESQUISA

O estudo está delimitado à análise da ventilação primária em tubos de queda de instalações sanitárias prediais, conforme os critérios estabelecidos no Anexo C da ABNT NBR 8160:1999, não contemplando sistemas de ventilação secundária, ventilação mecânica ou outras soluções alternativas não previstas na norma brasileira vigente.

Outra limitação refere-se ao tipo de edificação analisada, restrito a edificações com até cinco pavimentos. Dessa forma, os resultados obtidos não podem ser generalizados para edificações de maior altura, usos distintos (comercial, industrial ou hospitalar) ou sistemas prediais com características hidráulicas significativamente diferentes das consideradas neste trabalho.

Adicionalmente, a pesquisa baseia-se em um estudo de caso representativo, elaborado a partir de um projeto hidrossanitário típico, o que implica que as conclusões se aplicam às condições específicas analisadas. Variações de projeto, como alterações no arranjo dos aparelhos sanitários, mudanças nos diâmetros das tubulações ou padrões de uso distintos, podem influenciar o comportamento do sistema e não são objeto de avaliação neste estudo.

Ressalta-se, ainda, que a verificação da suficiência da ventilação primária foi realizada por meio de análise normativa e cálculo teórico, não sendo contemplados ensaios experimentais em campo ou medições reais de pressão e variação do fecho hídrico. Assim, os resultados refletem o atendimento aos critérios normativos e não substituem análises experimentais ou monitoramentos em edificações em uso.

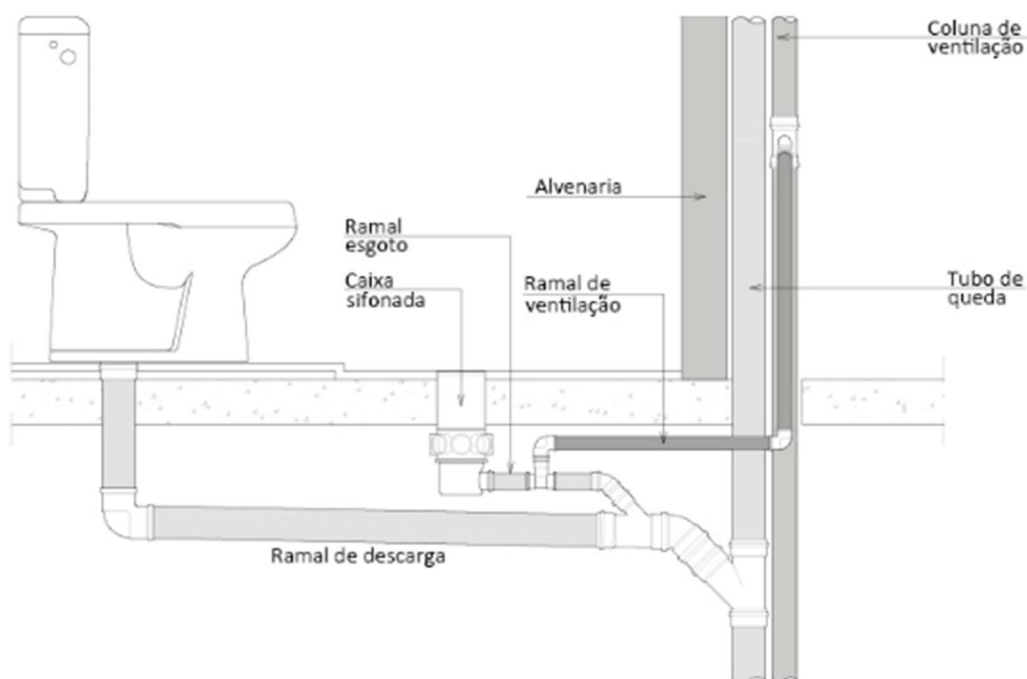
2 REVISÃO TEÓRICA

Neste capítulo, são abordados os princípios relacionados aos sistemas prediais de esgoto sanitário, com ênfase no comportamento hidráulico dos tubos de queda, nos mecanismos de ventilação dos sistemas e na manutenção do fecho hídrico dos desconectores. Também é abordada a norma que orienta o dimensionamento e a ventilação dos sistemas prediais de esgoto sanitário, a ABNT NBR 8160:1999 – Sistemas prediais de esgoto sanitário – Projeto e execução e o método de cálculo estabelecido em seu Anexo C, de modo a contextualizar a relevância do tema e sustentar as análises realizadas ao longo do trabalho.

2.1 SISTEMAS PREDIAIS DE ESGOTO SANITÁRIO

Segundo a ABNT (1999, p. 2), as funções básicas deste sistema são "coletar e conduzir os despejos provenientes do uso adequado dos aparelhos sanitários a um destino apropriado". De forma mais detalhada, Carvalho Júnior (2023) explica que os sistemas prediais de esgoto podem ser classificados em individuais ou coletivos, sendo compostos por diversos elementos como ramais de descarga e ventilação, desconectores (sifões), caixas sifonadas, ramais de esgoto, tubos de queda e subcoletores exemplificados na Figura 1.

Figura 1 - Componentes do sistema de esgoto sanitário



Fonte: CARVALHO JÚNIOR (2024, p. 190)

A falha nestes sistemas pode acarretar sérios riscos à saúde, uma vez que "além do mau cheiro, existe a preocupação com a proliferação de microrganismos, como fungos e bactérias" (CARVALHO JÚNIOR, 2024, p. 45). Carretero-Ayuso, Moreno-Cansado e García-Sanz-Calcedo (2020) corroboram essa visão, afirmando que vazamentos em instalações de esgoto resultam frequentemente em odores, umidade e contaminação fúngica e bacteriana.

Além do aspecto sanitário, o conforto do usuário é diretamente impactado pelo desempenho do sistema, especialmente no que tange ao controle de odores e ruídos. Um dos principais mecanismos para garantir este conforto é o uso de desconectores (sifões) dotados de fecho hídrico, cuja integridade é essencial para o adequado funcionamento do sistema.

Em suma, um sistema predial de esgoto sanitário eficiente deve simultaneamente afastar os dejetos de forma rápida, impedir o retorno de gases nocivos e proteger a saúde dos ocupantes e o meio ambiente.

2.1.1 Tubos de queda

O estudo dos tubos de queda é central para a compreensão da dinâmica dos sistemas prediais de esgoto, uma vez que estes componentes são responsáveis pela condução vertical dos efluentes e interagem diretamente com as pressões pneumáticas do sistema.

Segundo a ABNT (1999, p. 3), o tubo de queda é definido como a "tubulação vertical que recebe efluentes de subcoletores, ramais de esgoto e ramais de descarga". Sua função primordial é coletar os despejos dos pavimentos superiores e conduzi-los, por gravidade, até os coletores prediais ou subcoletores na parte inferior do sistema.

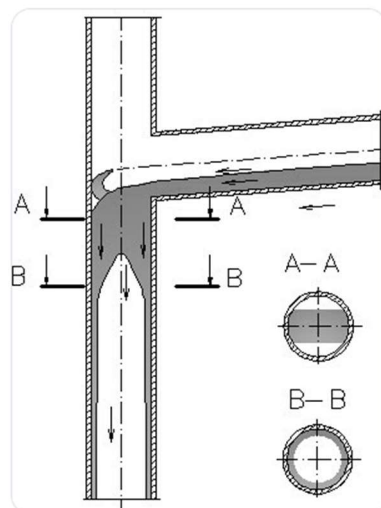
O escoamento no interior dos tubos de queda não ocorre como um fluxo de seção cheia, mas sim como uma mistura de água e ar. De acordo com a ABNT (1999), o dimensionamento deve buscar manter um escoamento anular, onde o líquido escoar aderido às paredes do tubo, deixando um núcleo central de ar para aliviar pressões. A norma estabelece que a taxa de ocupação de água (t_0) durante o escoamento deve ser inferior a 1/3 da seção transversal para garantir essa condição.

Pomogaeva et al. (2018) explicam que, ao se mover no tubo vertical, o líquido de esgoto ejeta e arrasta um certo volume de ar. Esse processo forma um ambiente água-ar onde o volume de ar arrastado aumenta inicialmente até atingir um valor máximo, dependendo do volume de água. A interação entre o ar e o fluido em movimento gera variações de pressão críticas para o sistema:

- a) Pressões Negativas (Depressão): Ocorrem frequentemente logo abaixo do ponto de descarga do ramal no tubo de queda conforme Figura 2. Pomogaeva et al. (2018)

observam que pode ocorrer um "bloqueio de água" (efeito pistão) que cobre toda a seção do tubo;

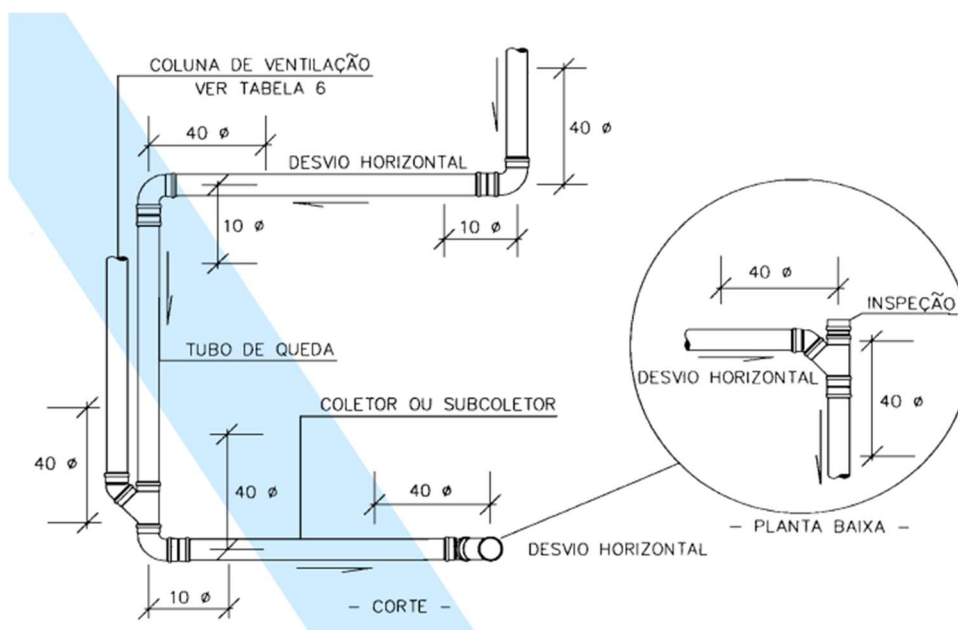
Figura 2 - Bloqueio de água abaixo do ramal de descarga



Fonte: POMOGAEVA et al. (2018, p. 2).

- b) Pressões Positivas (Sobrepessão): Ocorrem principalmente nas mudanças de direção (desvios) e na base da coluna, conforme Figura 3. A ABNT (1999) define "zonas de sobrepressão" onde é vedada a ligação de ramais de esgoto ou ventilação não protegidos. Estas zonas incluem, por exemplo, o trecho de 40 diâmetros a montante do desvio horizontal e 10 diâmetros a jusante. O desvio do fluxo vertical para o horizontal cria uma resistência local que impede o fluxo de ar, aumentando a pressão.

Figura 3 - Zona de sobrepressão



Fonte: ABNT (1999, p. 6).

2.1.2 Desconectores e fecho hídrico

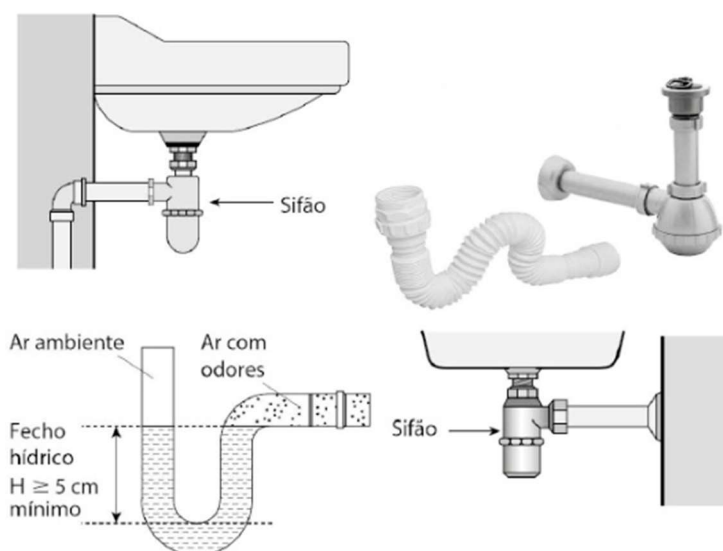
Para garantir a estanqueidade dos ambientes internos contra os gases provenientes da rede de esgoto, o sistema predial utiliza elementos de proteção denominados desconectores. Segundo a ABNT (1999), o desconector é definido como um "dispositivo provido de fecho hídrico, destinado a vedar a passagem de gases no sentido oposto ao deslocamento do esgoto". Estes dispositivos são essenciais para a interface entre o ambiente sanitário e a rede de coleta.

O elemento funcional do desconector é o fecho hídrico. A ABNT (1999, p. 2) define-o como a "camada líquida, de nível constante, que em um desconector veda a passagem dos gases". Tecnicamente, a altura do fecho hídrico é a profundidade dessa camada líquida, medida entre o nível de saída e o ponto mais baixo da parede que separa os compartimentos de entrada e saída. Para garantir a segurança do sistema, a legislação brasileira exige que todo desconector possua um fecho hídrico com altura mínima de 50 mm (5cm). Essa altura é calculada para suportar variações normais de pressão sem romper a barreira líquida.

Carvalho Júnior (2024) esclarece que existem dois tipos mais utilizados de desconectores nas instalações prediais: o sifão e a caixa sifonada:

- a) Sifão: É destinado a receber efluentes de um único aparelho sanitário como pias e lavatórios, conforme Figura 4;

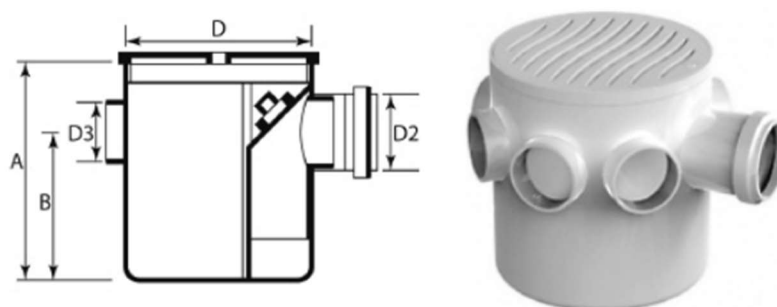
Figura 4 - Sifão e seu fecho hídrico



Fonte: CARVALHO JÚNIOR (2024, p. 185)

- b) Caixa Sifonada: Dispositivo cilíndrico que pode receber efluentes de diversos aparelhos (lavatórios, banheiras, chuveiros) e águas de lavagem de pisos, devendo ser provida de grelha e tampa hermética para inspeção, conforme Figura 5.

Figura 5 - Caixa sifonada e seu fecho hídrico (B)

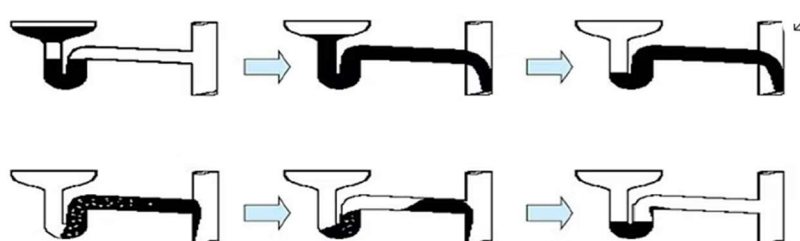


Fonte: CARVALHO JÚNIOR (2024, p. 186)

A integridade do fecho hídrico é vital para a saúde e o conforto dos usuários. Sua função primordial é impedir que os gases fétidos e contaminados do esgoto retornem aos ambientes de utilização. A estabilidade do fecho hídrico pode ser comprometida por diversos fenômenos físicos resultantes do uso do sistema ou de condições ambientais. A ABNT (1999) destaca que o sistema deve ser projetado para suportar solicitações como evaporação, tiragem térmica, ação do vento, sucção e sobrepressão:

- a) Sucção (Sifonagem): Ocorre quando há uma redução de pressão (depressão) na tubulação, geralmente causada pelo escoamento rápido de água em tubos de queda ou ramais adjacentes. Pomogaeva et al. (2018), explicam que a falha do fecho hídrico ocorre quando a pressão negativa no interior da tubulação supera a resistência oferecida pela altura da lâmina d'água do desconector. Nessas condições, a água presente no sifão é aspirada conforme Figura 7. Além da sifonagem causada pelo escoamento rápido de água no tubo de queda ou ramais adjacentes é possível a ocorrência da auto-sifonagem que “é a redução no fecho hídrico, provocada pela descarga do próprio aparelho onde o desconector está ligado. O aparelho [...] “suga” o fecho hídrico, diminuindo a camada líquida” (VITREA, 2019). Esse fenômeno pode ser observado na Figura 6.

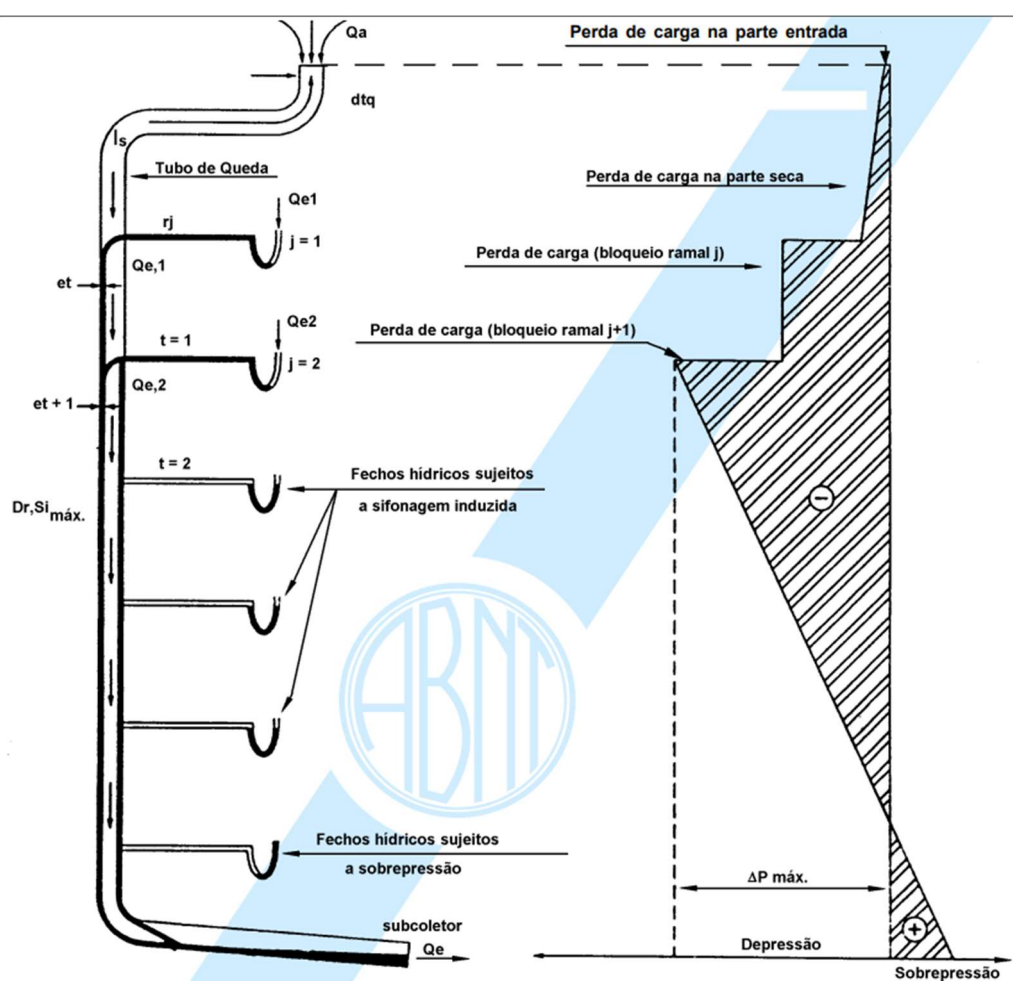
Figura 6 - Auto-sifonagem de um lavatório



Fonte: VITREA (2019)

- b) Sobrepressão: Acontece quando o ar dentro da tubulação é comprimido, empurrando a água do fecho hidráulico para dentro do ambiente sanitário. Isso é comum em zonas de desvio de tubos de queda, onde o "pistão" hidráulico formado pelo esgoto comprime o ar à sua frente. Se a pressão gerada for maior que a pressão atmosférica somada à altura do fecho, gases e efluentes podem ser expulsos pelo aparelho sanitário, conforme Figura 7;

Figura 7 - Fechos hidráulicos sujeitos a sucção e sobrepressão



Fonte: ABNT (1999, p. 61).

- c) Evaporação: Em aparelhos pouco utilizados, a água do fecho hidráulico pode evaporar naturalmente ao longo do tempo, reduzindo sua altura até romper o selo hidráulico e permitir a passagem de gases. A solução para este caso é a reposição periódica da água.

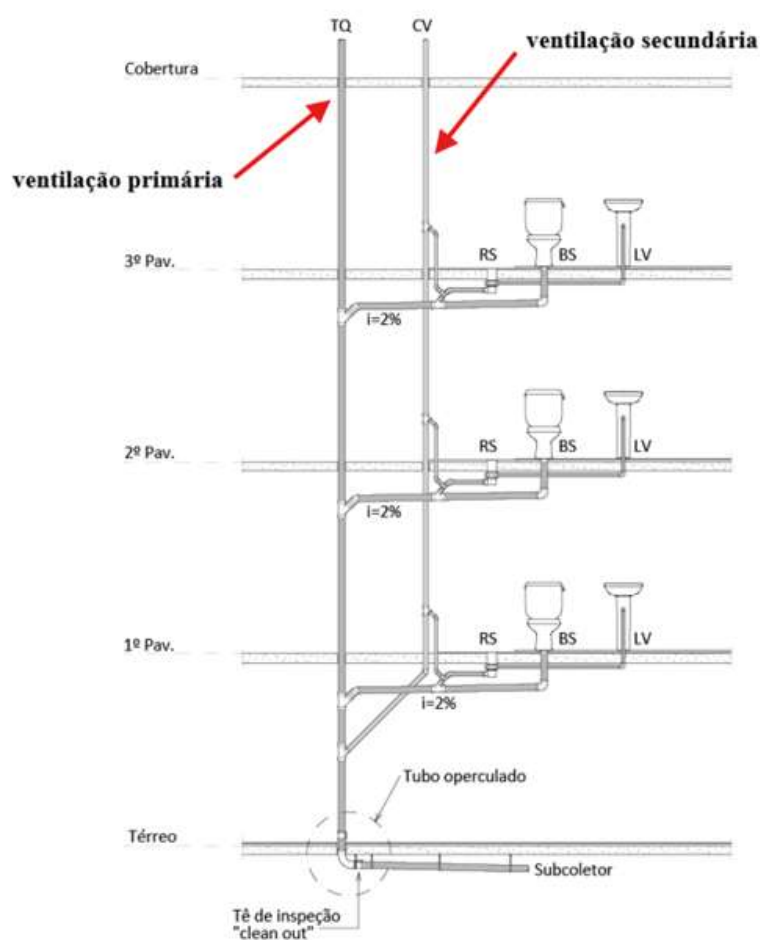
Para evitar esses fenômenos (exceto a evaporação), é imprescindível a existência de um subsistema de ventilação adequado, projetado para manter a pressão interna do sistema equilibrada com a pressão atmosférica.

2.1.3 Ventilação primária e secundária

O subsistema de ventilação é vital para a integridade das instalações prediais de esgoto, sendo responsável por manter a pressão atmosférica no interior das tubulações e proteger os fechos hídricos dos desconectores. Segundo a ABNT (1999), este subsistema pode ser previsto de duas formas: composto por ventilação primária e secundária, ou apenas por ventilação primária.

A Ventilação Primária é definida como a “ventilação proporcionada pelo ar que escoa pelo núcleo do tubo de queda, o qual é prolongado até a atmosfera [...]” (ABNT, 1999, p. 3). A Ventilação Secundária é a “ventilação proporcionada pelo ar que escoa pelo interior de colunas, ramais ou barriletes de ventilação [...]” (ABNT, 1999, p. 3). Na Figura 8 estão ilustradas as duas tipologias de ventilação.

Figura 8 - Tipologias de ventilação



Fonte: Adaptado de CARVALHO JÚNIOR (2023, p. 143)

A ABNT (1999) estabelece que a ventilação secundária deve ser adotada quando a ventilação primária não for suficiente para impedir a ruptura dos fechos hídricos e apresenta um modelo de cálculo, o Anexo C, para verificar essa suficiência.

2.2 CONTEXTO NORMATIVO

A NBR 8160 (ABNT, 1999) é o documento técnico central que orienta o projeto e a execução de sistemas prediais de esgoto sanitário no Brasil, estabelecendo os parâmetros mínimos necessários para garantir o desempenho adequado dessas instalações. O objetivo primordial desta norma é fixar as condições exigíveis e recomendações para o projeto, execução, ensaio e manutenção dos sistemas prediais de esgoto sanitário, visando atender às exigências mínimas de higiene, segurança e conforto dos usuários (ABNT, 1999).

A norma serve como referência jurídica e técnica para projetistas, construtores e órgãos públicos.

2.2.1 NBR 8160: Anexo C – Verificação da suficiência de ventilação primária

A finalidade específica do Anexo C na NBR 8160 é fornecer um modelo para verificação da suficiência de ventilação primária, permitindo que o projetista dispense a ventilação secundária (ramais e colunas de ventilação) apenas se comprovar, através de cálculo, que o tubo de queda aberto à atmosfera é capaz de suprir as demandas pneumáticas do sistema sem romper os fechos hídricos (ABNT, 1999).

O método baseia-se na verificação de 3 inequações que comparam os limites admissíveis do sistema com as solicitações resultantes do uso. A premissa central é que o sistema é seguro se as resistências dos fechos hídricos forem superiores ou iguais às forças que tentam rompê-los. Para a o fenômeno relacionado a perda de altura do fecho hídrico admissível temos a Equação 01:

$$Ha,i \geq Hr,j \quad (01)$$

Onde:

Ha, i: é a perda de altura do fecho hídrico admissível para o desconector i, em milímetros;

Hr, i: é a perda de altura do fecho hídrico provocada por auto-sifonagem.

Já na segunda verificação, relativa à depressão admissível, temos a Equação 02:

$$Da,s \geq Dr \quad (02)$$

Onde:

Da, s: é a depressão admissível no sistema, em Pa;

Dr: é a depressão máxima provocada pelos efeitos de sifonagem induzida, tiragem térmica e ação do vento e das variações da pressão ambiental, em Pa.

Na terceira e última verificação, relativa a sobrepressão máxima no sistema, é necessário verificar a Equação 03:

$$Sa, s \geq Sr \quad (03)$$

Onde:

Sa, s: é a sobrepressão admissível no sistema, em Pa;

Sr: é a sobrepressão máxima no sistema, em Pa.

A suficiência de ventilação primária será considerada suficiente caso as 3 inequações sejam atendidas. A NBR 8160 (ABNT, 1999) descreve o cálculo das variáveis admissíveis e resultantes mencionadas nas Equações 01, 02 e 03 e esse cálculo será detalhado no item 5.2 onde são apresentadas as equações que permitem calcular as variáveis descritas nas inequações apresentadas.

2.3 PATOLOGIAS EM SISTEMAS DE VENTILAÇÃO

A decisão de não utilizar o sistema de ventilação secundária em um projeto hidrossanitário deve ser tecnicamente fundamentada. Embora a norma permita sistemas com apenas ventilação primária sob condições específicas, a supressão da ventilação secundária motivada exclusivamente por redução de custos é uma causa frequente de manifestações patológicas.

Na prática da construção civil, a justificativa para a eliminação da ventilação secundária frequentemente não é técnica, mas sim econômica. Carvalho Júnior (2024) destaca que a ausência da "alça de ventilação" (elemento de conexão da ventilação secundária) é um dos maiores problemas nas instalações. Segundo o autor, "mesmo que o projeto esteja correto, alguns profissionais, durante a execução das obras, optam por remover essa alça, acreditando estar economizando, sem compreender a importância crítica dessa componente" (Carvalho Júnior, 2024, p. 250). As principais consequências patológicas incluem:

- a) Borborigmos e Ruídos: A falta de alívio de pressão pode causar ruídos na tubulação e nos aparelhos sanitários durante a descarga, indicando turbulência e instabilidade hidráulica no sistema.
- b) Lentidão no Escoamento: A ausência de entrada de ar adequada pode dificultar o escoamento rápido dos efluentes, favorecendo a formação de depósitos.

Essa busca por economia de materiais e simplificação da execução pode comprometer a estanqueidade do sistema, resultando em custos futuros muito superiores para a correção de patologias pós-ocupação.

2.4 HABITAÇÕES DE INTERESSE SOCIAL E SISTEMAS HIDROSSANITÁRIOS

A avaliação da viabilidade da ventilação primária em substituição a sistemas mais complexos e onerosos, como a ventilação secundária, é uma questão particularmente relevante no contexto das Habitações de Interesse Social (HIS). Essa relevância decorre das características do setor e para sua compreensão, é fundamental entender a dinâmica de produção das HIS no Brasil, onde a restrição orçamentária é um fator determinante nas decisões de projeto e execução.

A HIS surge como uma resposta do Estado à demanda habitacional da população de baixa e média renda. Segundo Moraes e Granja (2016), a necessidade de atendimento dessa demanda é acompanhada, invariavelmente, por uma limitação de recursos financeiros. Esta escassez de recursos impõe um desafio significativo: entregar um produto com qualidade mínima aceitável, mantendo uma "constante busca de redução de custos" (Moraes; Granja, 2016, p. 1).

Dentro deste cenário de pressão por custos, as instalações prediais de esgoto sanitário sofrem frequentemente com simplificações. Como visto anteriormente a NBR 8160 (ABNT,1999) permite, sob condições específicas de cálculo, o uso de sistemas dotados apenas de ventilação primária. No entanto, a decisão de não utilizar a ventilação secundária em HIS muitas vezes não advém de uma verificação hidráulica rigorosa, mas sim da necessidade de economizar materiais e mão de obra, portanto, esse trabalho possui grande aplicabilidade para esse setor.

3 METODOLOGIA

Este capítulo tem por finalidade descrever os procedimentos metodológicos adotados para o desenvolvimento da pesquisa, explicitando o enquadramento metodológico e os procedimentos técnicos utilizados, de modo a garantir clareza, rigor científico e possibilidade de replicação do estudo.

3.1 MÉTODO DE ABORDAGEM

O presente trabalho caracteriza-se como uma pesquisa de natureza quantitativa e analítica, uma vez que se fundamenta na aplicação de métodos normativos de cálculo, na mensuração de variáveis técnicas e na comparação de resultados numéricos com limites estabelecidos em norma.

Quanto aos objetivos, a pesquisa enquadra-se como descritiva e explicativa, pois busca descrever o comportamento do sistema de ventilação primária em tubos de queda de instalações sanitárias prediais e explicar sua suficiência quanto à manutenção do fecho hídrico dos desconectores.

No que se refere aos meios, trata-se de uma pesquisa baseada em análise normativa e estudo de caso.

3.2 MÉTODO DE PROCEDIMENTOS

A metodologia compreenderá, inicialmente, a realização de uma revisão bibliográfica e normativa, envolvendo literatura técnica especializada em sistemas prediais de esgoto sanitário, bem como os documentos normativos aplicáveis. Essa etapa terá como objetivo o aprofundamento teórico e normativo do tema, concentrando-se exclusivamente nos conceitos, parâmetros e métodos de cálculo estabelecidos na NBR 8160 (ABNT, 1999).

Na sequência, será definido um estudo de caso, correspondente a um projeto hidrossanitário representativo de um edifício HIS com até cinco pavimentos, o qual constituirá o objeto de análise da pesquisa. O estudo de caso será selecionado de modo a refletir as condições usuais de projetos residenciais dessa tipologia, possibilitando a aplicação prática.

Como materiais e ferramentas de apoio, serão utilizados o software AutoCAD para a representação gráfica e definição da geometria do sistema predial de esgoto sanitário, bem como o software AltoQi Builder para a modelagem das soluções com ventilação primária e com ventilação secundária. A partir dessas modelagens, será possível obter os quantitativos de materiais e realizar a comparação entre as alternativas propostas. Além disso, serão utilizadas

planilhas eletrônicas para a organização dos dados, estruturação das informações e execução dos cálculos necessários à aplicação do método de análise.

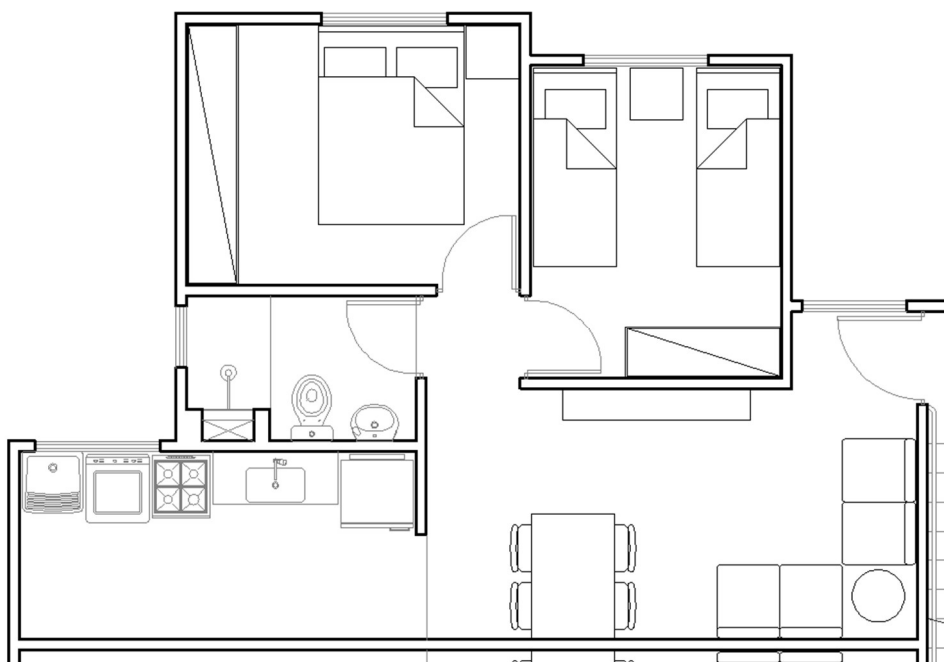
O procedimento central da pesquisa consistirá na aplicação do método de cálculo descrito no Anexo C da NBR 8160 (ABNT, 1999), a partir do qual serão obtidos os valores necessários para a verificação da suficiência da ventilação primária. Por fim, os resultados calculados serão comparados aos limites normativos estabelecidos para a proteção do fecho hídrico, permitindo avaliar a adequação da ventilação primária em tubos de queda de instalações sanitárias prediais em edificações HIS.

4 ESTUDO DE CASO

4.1 RESTRIÇÃO DA TIPOLOGIA

Para o desenvolvimento do estudo de caso, foi selecionada uma planta padrão representativa, adotando-se uma tipologia comumente utilizada nesse tipo de edificação. O modelo escolhido é composto por quatro unidades habitacionais por pavimento, cada uma contendo sala, cozinha e área de serviço integradas, além de um banheiro e dois quartos. Em virtude da confidencialidade dos documentos disponibilizados pela empresa colaboradora X, optou-se pela não divulgação da identificação da construtora Y e dos arquivos originais utilizados como base para o estudo de caso.

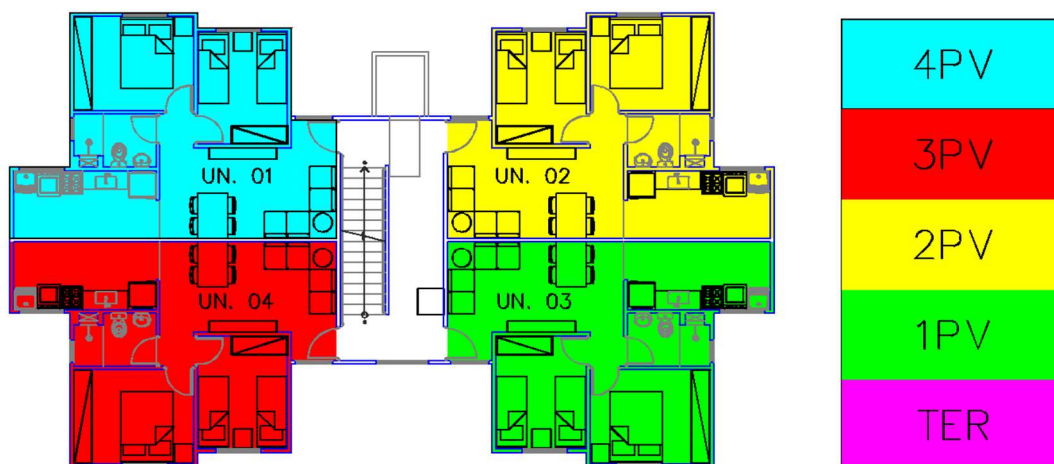
Figura 9 - Planta pavimento tipo



Fonte: Adaptado de CONSTRUTORA Y

Considerando que o escopo deste trabalho está limitado a edificações com até cinco pavimentos, o estudo de caso corresponde a uma edificação com, no máximo, vinte unidades habitacionais. Essa delimitação garante a coerência com o recorte estabelecido na pesquisa e possibilita a aplicação do método de cálculo em condições representativas de empreendimentos de pequeno porte.

Figura 10 - Mapa de unidades e esquema vertical



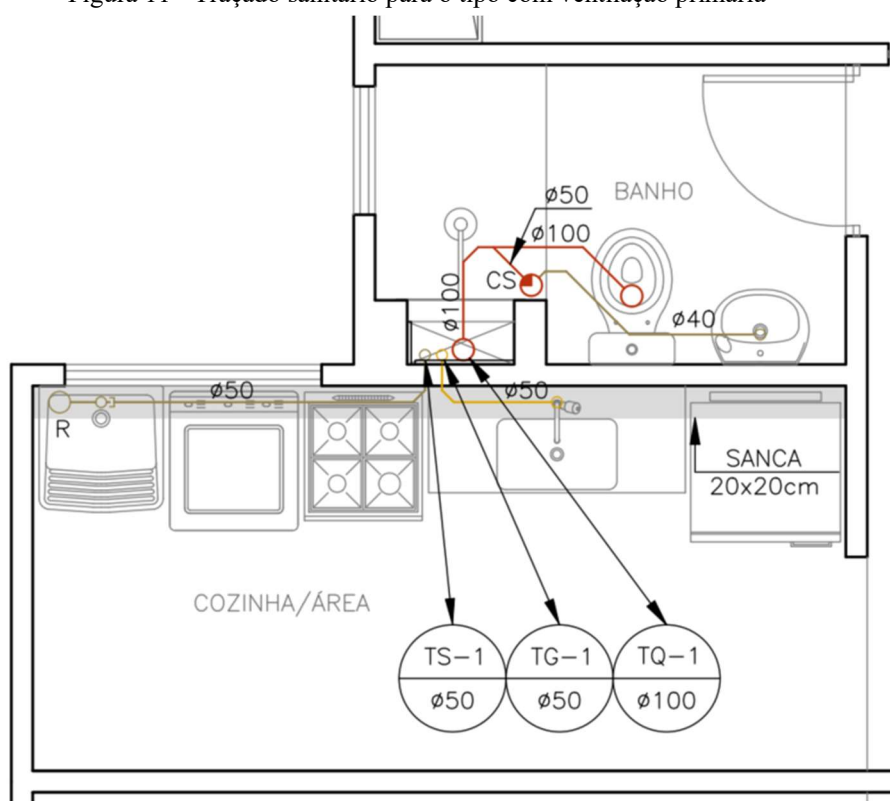
Fonte: Adaptado de CONSTRUTORA Y

4.2 PROJETO HIDROSSANITÁRIO

Definida a planta do estudo de caso, foi elaborado o traçado hidrossanitário, com a previsão dos ramais de descarga, tubos de queda e desconectores. No banheiro, considerou-se a instalação de uma caixa sifonada 100×150×50 mm e para os três pontos de utilização (pia, máquina de lavar roupas e lavatório), adotou-se sifão flexível tipo “S”, considerando tubulações aparentes. Não foi previsto ralo externo ao box, em função da ausência recorrente de impermeabilização nessa área em empreendimentos de menor custo.

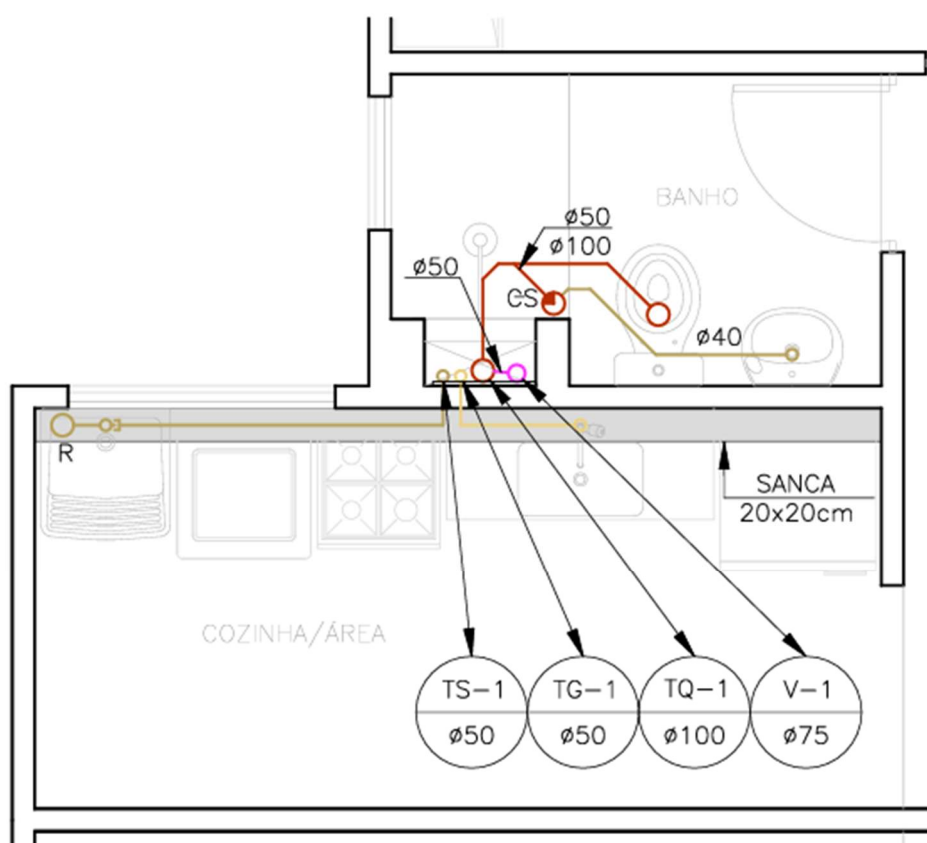
Para identificação das tubulações nas Figuras 11 e 12 a sigla TS refere-se à tubulação de esgoto secundário, responsável pela condução dos efluentes da área de serviço até a caixa sifonada no térreo. A sigla TG indica a tubulação com presença de gordura, direcionada à caixa de gordura. Já TQ corresponde ao tubo de queda de esgoto primário (bacia sanitária), que conduz os efluentes até a caixa de inspeção no térreo e V a coluna de ventilação do sistema de ventilação secundária. Será objeto de análise desse estudo apenas a infraestrutura das instalações sanitárias (banheiro).

Figura 11 - Traçado sanitário para o tipo com ventilação primária



Fonte: Autor (2026).

Figura 12 - Traçado sanitário para o tipo com ventilação secundária



Fonte: Autor (2026).

Serão interligados ao tubo de queda os ramais de esgoto do 1º ao 4º pavimento, sendo o esgoto do térreo encaminhado diretamente para a caixa de inspeção sem passar pelo tubo de queda. Dessa forma, a Tabela 1 apresenta o número de aparelhos contribuintes para o tubo de queda considerando as condições previamente descritas:

Tabela 1 - Relação de aparelhos sanitários

APARELHO SANITÁRIO	VAZÃO (l/s)	QUANTIDADE
Bacia com caixa acoplada	0,96	4
Chuveiro	0,20	4
Lavatório	0,15	4

Fonte: Adaptado de ABNT (1999, p.52).

Para o cálculo da vazão do tubo de queda conforme a NBR 8160 (ABNT,1999) é necessário definir o percentual de falhas, tempo de descarga média entre descargas consecutivas e duração média da descarga. Com base nas informações apresentadas por Leite e Barbosa (2021) a Tabela 2 apresenta a relação dos parâmetros considerados para cada aparelho sanitário e Tabela 3 a vazão total do tubo de queda:

Tabela 2 - Parâmetros de cálculo para vazão do tubo de queda

APARELHO SANITÁRIO	ξ (%)	T (min)	Dm (s)	Mi
Bacia com caixa acoplada	1,00	60	6,25	1
Chuveiro	1,00	60	480	2
Lavatório	1,00	60	14,14	1

Onde:

ξ : é o fator de falha;

T : é o tempo de descarga média entre descargas consecutivas;

Dm : é a duração média da descarga;

Mi : é o número de aparelhos sanitários, do tipo i , a serem considerados em uso simultâneo, para um dado fator de falha.

Fonte: Adaptado de Leite e Barbosa (2021) e ABNT (1999).

Tabela 3 - Vazão no tubo de queda

APARELHO SANITÁRIO	$Mi * qi$	$Qtq = \sum_{i=1}^n Mi * qi$
Bacia com caixa acoplada	0,96	1,51
Chuveiro	0,40	
Lavatório	0,15	

Onde:

Qtq : é a vazão de projeto no tubo de queda, em litros por segundo;

n : é o número de tipos de aparelhos sanitários no trecho considerado;

Mi : é o número de aparelhos sanitários, do tipo i , a serem considerados em uso simultâneo, para um dado fator de falha;

qi : i é a vazão de contribuição do aparelho sanitário do tipo i , em litros por segundo.

Fonte: Autor (2026).

Portanto, a vazão do tubo de queda será de 1,51 l/s.

O cálculo dos componentes da ventilação secundária é determinado em função dos valores de UHC. Para o estudo de caso temos os valores conforme Tabela 4 – Unidades Hunter de Contribuição por aparelho Tabela 4:

Tabela 4 – Unidades Hunter de Contribuição por aparelho

APARELHO SANITÁRIO	UHC	QUANTIDADE
Bacia com caixa acoplada	6	5
Chuveiro	2	5
Lavatório	1	5

Fonte: Adaptado de ABNT (1999, p.52).

O número de UHC total para a coluna de ventilação é de 45, portanto o diâmetro mínimo da coluna é de 75mm. Considerando que o para cada sanitário temos 9 UHC o ramal de ventilação será de 50mm.

Para a aplicação do modelo de cálculo referente aos efeitos de tiragem térmica, adotou-se como hipótese que a temperatura do ar no interior do tubo de queda seja, no mínimo, igual à temperatura do ambiente externo. Essa consideração foi estabelecida devido à ausência de dados experimentais específicos sobre a temperatura interna do ar em tubos de queda para a tipologia analisada.

5 APLICAÇÃO DO MÉTODO DE CÁLCULO

Neste capítulo, é apresentada a aplicação do método de cálculo estabelecido no Anexo C da ABNT NBR 8160:1999 ao estudo de caso desenvolvido. Inicialmente, são definidos os parâmetros normativos e as condições adotadas para a análise, incluindo as características dos desconectores e os dados da localidade considerada. Em seguida, são calculadas as variáveis admissíveis e as variáveis resultantes do sistema, possibilitando a verificação do atendimento às inequações previstas pela norma conforme discutido em 2.2.1. A partir dos resultados, avalia-se a suficiência da ventilação primária para a manutenção do fecho hídrico dos desconectores e para o adequado desempenho do sistema predial de esgoto sanitário.

5.1 PARÂMETROS GERAIS

Para a aplicação do método de cálculo, devem ser verificados, na ABNT NBR 8160:1999, os parâmetros definidos em função do tipo de desconector adotado. Esses valores podem ser verificados na Tabela 5.

Tabela 5 - Parâmetros normativos

DESCONECTOR	$H_{o,i}$ (mm)	$C_{e,i}$ (mm.m ² /n ^o semana)	$R_{v,i}$
Caixa sifonada 100X150X50 mm	50	0,00455	1,00
Sifão flexível tipo "S"	42	0,00188	1,00

Fonte: Adaptado de ABNT (1999, p. 56 e 57).

Onde:

$H_{o,i}$: é a altura do fecho hídrico inicial do desconector i ;

$C_{e,i}$: é o coeficiente de evaporação do desconector i ;

$R_{v,i}$: é a relação entre os volumes das câmaras de entrada e saída do desconector i , adimensional.

Outros parâmetros relevantes dependem das condições locais de instalação dos desconectores. Considerando a cidade de Belo Horizonte, foram adotados dados obtidos junto ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2026)¹. A Tabela 6 apresenta esses valores.

¹ A temperatura e umidade relativa do ar anual foram obtidos a partir da base de dados do INMET (2026) e a partir desses valores foi possível determinar a pressão de vapor d'água do ar saturado com base na tabela C.1 da NBR 8160 (1999,p.56).

Tabela 6 - Parâmetros da localidade

DESCONECTOR	T_m (°C)	π (Pa)	y
Caixa sifonada 100X150X50 mm	22,1	3165,9	0,637
Sifão flexível tipo "S"			

Fonte: Adaptado de ABNT (1999, p. 56).

Onde:

T_m : é a temperatura média anual da localidade²;

π : é a pressão do vapor d'água do ar saturado na temperatura ambiente;

y : é umidade relativa do ar ambiente, adimensional².

5.2 VARIÁVEIS ADMISSÍVEIS E RESULTANTES

As variáveis admissíveis correspondem aos limites estabelecidos pela norma para garantir a integridade do sistema, especialmente quanto à manutenção do fecho hídrico dos desconectores, representando valores máximos ou mínimos de pressão que não devem ser ultrapassados. Já as variáveis resultantes são aquelas obtidas a partir da aplicação do modelo de cálculo, refletindo as condições reais de operação do sistema. A verificação consiste na comparação entre esses dois conjuntos de variáveis, de modo a assegurar que os valores resultantes permaneçam dentro dos limites admissíveis definidos normativamente. Todas as equações apresentadas a partir dessa seção foram retiradas na NBR 8160 (ABNT, 1999).

5.2.1 Variáveis admissíveis

5.2.1.1 Perda de altura do fecho hídrico admissível

Para a o fenômeno relacionado a perda de altura do fecho hídrico admissível temos a Equação 04:

$$Ha,i = Ho,i - he,i \quad (04)$$

Onde:

Ha,i : é a perda de altura do fecho hídrico admissível para o desconector i , em milímetros;

Ho,i : é a altura do fecho hídrico inicial do desconector i , em milímetros;

he,i : é a altura do fecho hídrico perdida por evaporação no desconector i , em milímetros.

² A temperatura e umidade relativa do ar anual foram obtidos a partir da base de dados do INMET (2026) e a partir desses valores foi possível determinar a pressão de vapor d'água do ar saturado com base na tabela C.1 da NBR 8160 (1999,p.56).

O valor da altura do fecho hídrico perdida por evaporação no desconector, $h_{e,i}$, é obtido pela equação 05:

$$H_{e,i} = C_{e,i} \pi (1 - y) \Delta t \quad (05)$$

Onde:

$C_{e,i}$: é o coeficiente de evaporação do desconector i , em mm.m² /nº semana;

π : é a pressão do vapor d'água do ar saturado na temperatura ambiente, em Pa;

y : é a umidade relativa do ar ambiente, adimensional;

Δt : é a duração máxima da exposição à evaporação do fecho hídrico do desconector i , em semanas;

Esta sequência de cálculo deve ser desenvolvida para cada desconector. A NBR 8160 sugere que “usualmente, adota-se $\Delta t = 4,5$ semanas como período de não utilização do desconector.” (ANBT, 1999). Sendo assim, aplicado ao estudo de caso teremos os valores apresentados na Tabela 7:

Tabela 7 – Perda de altura do fecho hídrico admissível

DESCONECTOR	$H_{o,i}$ (mm)	$h_{e,i}$ (mm)	$H_{a,i}$ (mm)
Caixa sifonada 100X150X50 mm	50	23,53	26,47
Sifão flexível tipo "S"	42	9,72	32,28

Fonte: Autor (2026).

5.2.1.2 Depressão admissível

Segundo a ABNT (1999) calcula-se a depressão admissível para cada tipo i de desconector e adota-se o menor valor como $D_{a,s}$. Assim serão necessárias as Equações 06 a 09:

$$D_{a,s} = \min D_{a,i} \quad (06)$$

Onde:

$D_{a,s}$: é a depressão admissível no sistema, em Pa.

$$H_{s,i} = \frac{0,102 \gamma H_{o,i}}{1 + R_{v,i}} \quad (07)$$

Onde:

$H_{s,i}$: é a perda máxima de altura do fecho hídrico devido à depressão no desconector i , em milímetros;

$R_{v,i}$: é a relação entre os volumes das câmaras de entrada e de saída do desconector i , adimensional;

γ : é o peso específico da água, em N por metro cúbico (9,81 N/m³);

$$D_{a,i} = 9,81(1 + R_{v,i})H_{a,i} \text{ para } H_{a,i} < H_{s,i} \quad (08)$$

$$D_{a,i} = 9,81(1 + R_{v,i})H_{s,i} \text{ para } H_{a,i} > H_{s,i} \quad (09)$$

Para os dois desconectores a relação entre $H_{a,i}$ e $H_{s,i}$ foi a mesma e por isso foi utilizada a Equação 09 para determinação da depressão admissível no sistema para cada desconector conforme Tabela 8:

Tabela 8 - Depressão admissível por desconector

DESCONECTOR	$H_{s,i}$ (mm)	RELAÇÃO $H_{a,i}$ e $H_{s,i}$ (mm)	$D_{a,i}$ (Pa)
Caixa sifonada 100X150X50 mm	25,02	$H_{a,i} > H_{s,i}$	490,80
Sifão flexível tipo "S"	21,01	$H_{a,i} > H_{s,i}$	412,28

Fonte: Autor (2026).

Portando a depressão admissível no sistema será $D_{a,s} = D_{a,2} = 412,28 \text{ Pa}$.

5.2.1.3 Sobrepressão admissível

Assim como para a depressão admissível, deverá ser calculada a sobrepressão para cada tipo i de desconector, considerando que todos estejam sujeitas as mesmas ações o menor valor encontrado será $S_{a,s}$:

$$S_{a,s} = \min S_{a,i} \quad (10)$$

Onde:

$S_{a,i}$: é a sobrepressão admissível no sistema, em Pa.

A determinação de $S_{a,i}$ depende da equação 11 ou 12 e é determinada a partir do valor de $R_{v,i}$:

$$S_{a,i} = \min. \left[\frac{(1 + R_{v,i})^2 H_{a,i} \gamma}{R_{v,i}}; \gamma H_{o,i} \right] \text{ para } R_{v,i} < 1 \quad (11)$$

$$S_{a,i} = \min. \left[\frac{(1 + R_{v,i})^2 H_{a,i} \gamma}{R_{v,i}}; \gamma H_{o,i} \right] \text{ para } R_{v,i} \geq 1 \quad (12)$$

Para os dois desconectores a relação entre $R_{v,i}$ foi a mesma e por isso foi utilizada a Equação 12 para determinação da depressão admissível no sistema para cada desconector conforme Tabela 8:

Tabela 9 - Sobrepressão admissível no desconector

DESCONECTOR	RELAÇÃO $R_{v,i}$	$1S_{a,i}$ (Pa)	$2S_{a,i}$ (Pa)	mín. $S_{a,i}$ (Pa)
Caixa sifonada 100X150X50 mm	$R_{v,i} \geq 1$	1038,67	490,50	490,50
Sifão flexível tipo "S"	$R_{v,i} \geq 1$	1266,57	412,02	412,02

Fonte: Autor (2026).

Portando a pressão admissível no sistema será $S_{a,s} = S_{a,2} = 412,02 \text{ Pa}$.

5.2.2 Variáveis resultantes

5.2.2.1 Perda de altura do fecho hídrico por auto-sifonagem

A perda de altura do fecho hídrico decorrente da auto-sifonagem pode ser desconsiderada neste estudo, uma vez que se adota a condição de escoamento livre nos ramais de descarga conforme estabelecido na ABNT (1999), portanto, $H_{r,i} = 0$.

5.2.2.2 Depressão máxima resultante

O cálculo da depressão máxima resultante para o estudo de caso será o maior valor entre a depressão resultante do efeito de sifonagem induzida e da depressão resultante dos efeitos de tiragem térmica e ação dos ventos, conforme equação 14:

$$D_r = \max. [|D, r'si|; |D, r'tv|] + I1 * D_r'amb \quad (13)$$

Onde:

D_r : é a depressão máxima resultante dos efeitos de sifonagem induzida, tiragem térmica e ação do vento e das variações da pressão ambiental, em Pa;

$D_r'si$: é a depressão resultante do efeito de sifonagem induzida, em Pa;

$D_r'tv$: é a depressão resultante dos efeitos de tiragem térmica e ação do vento, em Pa;

$D_r'amb$: é a depressão resultante das variações da pressão ambiental, em Pa e de acordo com a NBR 8160 (ABNT,1999) é desprezível.

Portanto a equação final será:

$$D_r = \max. [|D, r'si|; |D, r'tv|] \quad (14)$$

A depressão máxima resultante será de $D_{r,i} = 258,223 \text{ Pa}$ conforme detalhado em 5.2.2.2.1 e 5.2.2.2.1.

5.2.2.2.1 Depressão resultante da sifonagem induzida

O valor da depressão resultante do efeito de sifonagem induzida pode ser calculado a partir das seguintes expressões:

$$Dr'si = Ktq * Qar^2 \quad (15)$$

Onde:

Ktq: é o coeficiente de máxima perda de pressão do ar no tubo de queda;

Qar: é a vazão de ar que escoar pelo núcleo do tubo de queda, em l/s.

$$Qar = \alpha * Qtq^{2,5} - 1,5 * Qtq \quad (16)$$

Onde:

α : é um coeficiente adimensional;

Qtq: é a vazão de projeto no tubo de queda, em l/s.

$$Ktq = 4,9 * 10^5 \left[\frac{I}{Dtq^4} \left(1 + 70 * \frac{Is}{Dtq} + 0,4 n_c \right) + 2 \sum_{j=1, t=1}^{R,s} \frac{Kj}{(Dtq - 2 * e_t)^4} \right] \quad (17)$$

Onde:

Dtq: é o diâmetro interno do tubo de queda, em milímetros;

Is: é o comprimento da parte seca do tubo de queda, em metros;

n_c : é o número de curvas na parte seca do tubo de queda;

Kj: são os coeficientes de perda de pressão do ramal considerado;

j: é o índice representativo do ramal;

R: é o número total de ramais em funcionamento simultâneo;

e_t : é a espessura da coroa circular no trecho t do tubo de queda, entre o ramal j e o ramal j + 1;

t: é o trecho do tubo de queda entre o ramal j e o ramal j + 1;

s: é o número de trechos do tubo de queda respectivos ao número total de ramais em uso simultâneo.

As Tabela 10 a Tabela 12 apresentam os valores obtidos através das equações acima:

Tabela 10 - Vazão de ar no tubo de queda

Qtq (l/s)	α	Qar (l/s)
1,51	24,3	26,39

Fonte: Autor (2026).

Tabela 11 - Cálculo do coeficiente de máxima perda de pressão K_{tq}

D_{tq}	L^1	l_s^2	N_c	K_j	$e_{t,1}$	$e_{t,2}$	K_{tq}
100	10,8	3	0	9	1,54	2,33	0,371

1 – O comprimento dos trechos foi definido considerando um pé-direito de 2,70m;

2 – O comprimento da parte seca considerou o prolongamento mínimo de 30cm acima da laje de cobertura.

Fonte: Autor (2026).

Tabela 12 - Depressão resultante do efeito de sifonagem induzida

K_{tq}	Q_{ar} (l/s)	$Dr'si$ (Pa)
0,371	26,39	258,223

Fonte: Autor (2026).

5.2.2.2.2 Depressão resultante do efeito de tiragem térmica e ação do vento

O valor da depressão resultante do efeito de tiragem térmica e ação do vento é calculado a partir da equação 18.

$$Dr, tv = 176,77(-19,62 * H_{tq} * \frac{\Delta\theta_i}{\theta_i\theta_e} + \varepsilon \frac{V_e^2}{\theta_e}) \quad (18)$$

Onde:

H_{tq} : é a altura do tubo de queda, em metros;

θ_i : é a temperatura do ar no interior do tubo de queda, em kelvins;

θ_e : é a temperatura do ar exterior, em kelvins;

V_e : é a velocidade do vento, em metros por segundo;

ε : é o coeficiente de pressão dinâmica do terminal do tubo de queda, adimensional.

De acordo com o INMET (2026) a temperatura ambiente média em belo horizonte é de 22,1 °C e a velocidade do vento 1,5 m/s. A Tabela 13 apresenta os valores considerados no cálculo da depressão resultante do efeito de tiragem térmica e ação do vento.

Tabela 13 – Depressão resultante do efeito de tiragem térmica e ação do vento

H_{tq} (m)	θ_i (K)	θ_e (K)	V_e	ε	Dr_{tv} (Pa)
13,80	295,25	295,25	1,5	-0,6	-0,81

Fonte: Autor (2026).

No cálculo foi considerado que a temperatura do ar no interior do tubo de queda será sempre no mínimo igual a temperatura no exterior da tubulação. “Quanto ao tubo ventilador

primário, se este for elevado em relação à laje ou ao telhado, haverá sucção no topo do mesmo e, em tal situação, $\varepsilon = - 0,6$.” (ABNT,1999).

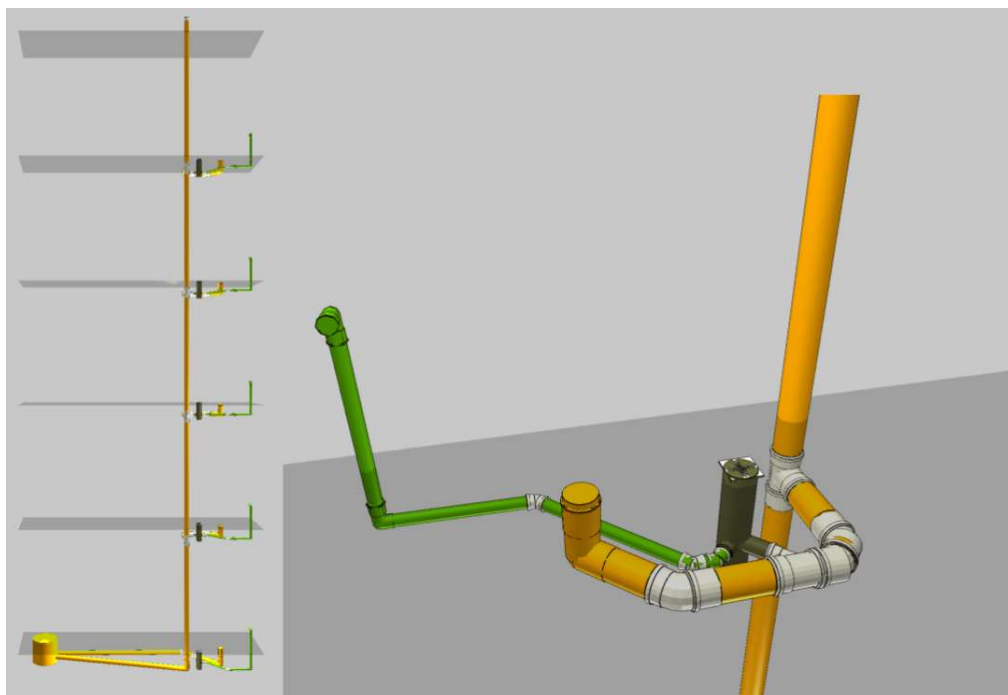
5.2.2.3 Sobrepressão máxima resultante

A sobrepressão máxima resultante é uma função da sobrepressão do sistema e das variações da pressão ambiental. De acordo com a NBR 8160 (ABNT, 1999) a sobrepressão no sistema pode ser desconsiderada neste estudo, uma vez que, em condições normais de operação, a variação da pressão ambiental tende a ser nula, assim como a sobrepressão, quando respeitadas as recomendações normativas de projeto do item 4.2.4.2 da norma.

6 LISTA DE MATERIAIS

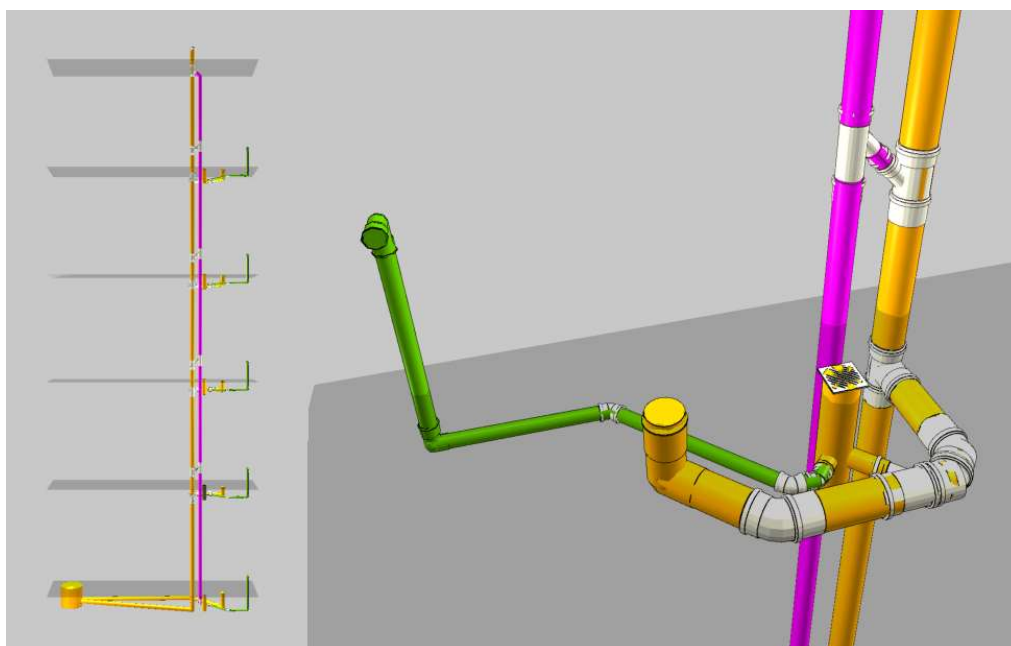
Foi realizada a modelagem do traçado sanitário proposto no item 4.2 no software AltoQi Builder conforme Figura 13 e Figura 14:

Figura 13 - Modelagem do projeto em perspectiva sem ventilação secundária



Fonte: Autor (2026).

Figura 14 - Modelagem do projeto em perspectiva com ventilação secundária



Fonte: Autor (2026).

Foi extraído, por meio do software, o quantitativo de materiais necessário para a execução de cinco pavimentos, sendo uma unidade habitacional por pavimento e considerando duas

configurações do sistema: com previsão de ventilação secundária e sem previsão de ventilação secundária. Os quantitativos completos estão disponíveis no apêndice A e os dados obtidos serão analisados no próximo capítulo.

7 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir dos resultados sintetizados na Tabela 14, obtidos por meio dos cálculos apresentados no capítulo 5, será realizada a análise da hipótese proposta neste trabalho.

Tabela 14 – Quadro resumo do cálculo realizado

H_{a,i} (Pa)	H_{r,j} (Pa)
26,47 e 32,28	0
D_{a,s} (Pa)	D_r (Pa)
412,28	258,22
S_{a,s} (Pa)	S_r (Pa)
412,02	0

Fonte: Autor (2026).

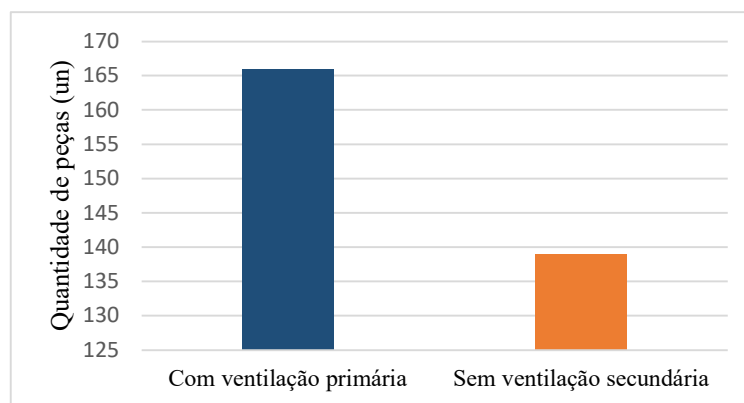
A perda de altura do fecho hídrico por auto-sifonagem foi considerada nula, uma vez que o estudo adotou a condição de escoamento livre nos ramais de descarga. Conforme previsto pela ABNT NBR 8160:1999, nessa condição não ocorre o fenômeno de auto-sifonagem, não havendo redução do fecho hídrico associada a esse mecanismo. Da mesma forma, a sobrepressão máxima resultante também foi considerada nula. Essa consideração baseou-se no atendimento às recomendações normativas relativas às zonas de sobrepressão do tubo de queda, nas quais não foram previstas conexões de ramais de esgoto ou ventilação nesse local.

A análise comparativa entre os valores admissíveis e resultantes demonstrou que a depressão resultante do sistema ($D_r = 258,22$ Pa) permaneceu inferior à depressão admissível ($D_{a,s} = 412,28$ Pa). No que tange à verificação teórica das pressões, desenvolvida ao longo do Capítulo 5, foi constatada uma depressão máxima resultante inferior ao limite admissível pelo sistema, atestando a suficiência do tubo de queda aberto à atmosfera para manutenção do fecho hídrico dos desconectores. Esse comportamento ratifica as descobertas experimentais de Fernandes e Gonçalves (2006), que ensaiaram protótipos em verdadeira grandeza de sistemas de esgoto em laboratório. Os pesquisadores comprovaram, na prática, que a utilização do sistema de tubo de queda único (apenas ventilação primária) apresenta excelente desempenho em edifícios de até 8 pavimentos, não gerando depressões significativas (sucção) que sejam capazes de romper os fechos hídricos das bacias sanitárias. Portanto, os cálculos normativos favoráveis aplicados à edificação de 5 pavimentos deste estudo encontram respaldo na literatura experimental, confirmando que as flutuações de pressão se mantêm em limites operacionais seguros.

Com relação à economia de materiais na execução das instalações, na Figura 15 foi realizado um comparativo entre o número total de conexões e acessórios necessários para a

execução de uma prumada de sanitários dos apartamentos sobrepostos. Ao não se utilizar a ventilação secundária existe uma redução de 16% nesses itens.

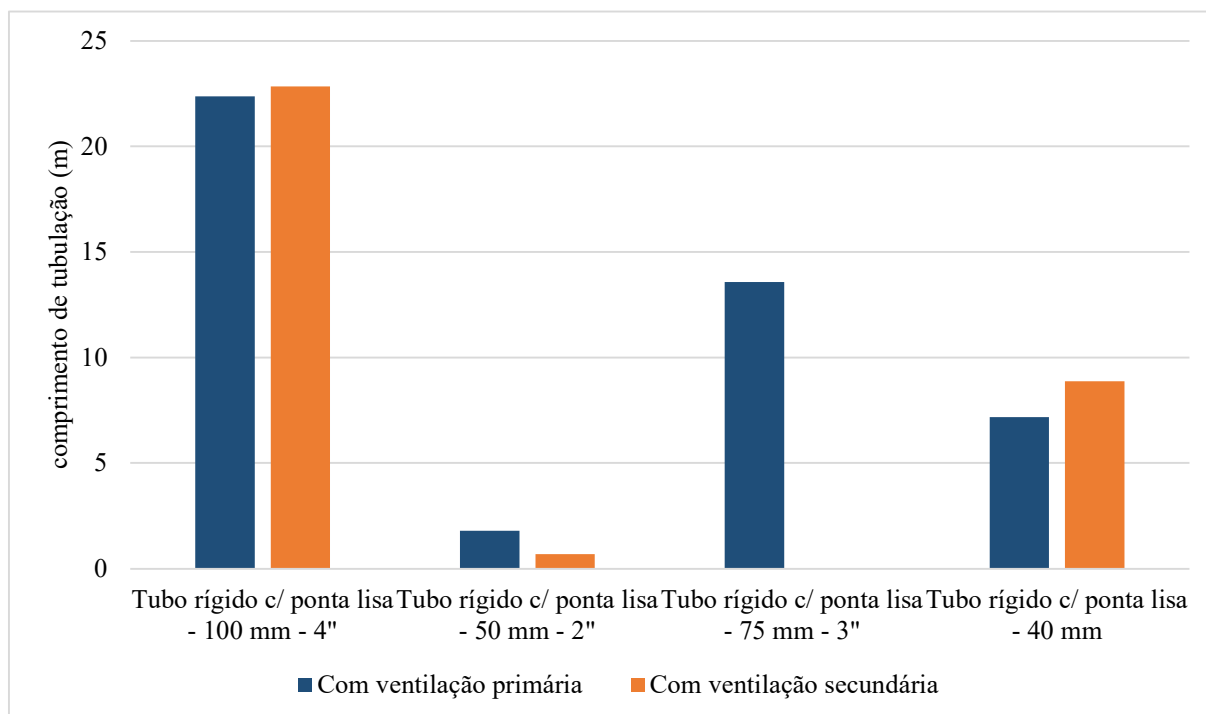
Figura 15 – Quantidade total de conexões e acessórios



Fonte: Autor (2026).

Na Figura 16 é possível verificar que para as tubulações o maior impacto em não se utilizar a ventilação secundária é a redução da necessidade de tubulações de 75mm. Considerando o comprimento total de tubulação, incluindo todos os diâmetros, a redução é ainda maior que nas conexões e acessórios, 28%.

Figura 16 – Quantidade de conexões e acessórios por solução



Fonte: Autor (2026).

Esse potencial de racionalização dialoga diretamente com os achados de Müller, Moura e Schuster (2025), que realizaram a análise econômica de um edifício multifamiliar de 12 pavimentos. Os referidos autores constataram que a dispensa da ventilação secundária reduz

significativamente a quantidade de peças e tubulações, resultando em uma instalação mais enxuta. Embora Müller, Moura e Schuster (2025) tenham concluído que a economia financeira direta em edifícios de grande porte seja globalmente pouco expressiva (menos de 0,001% do custo total da obra), os autores enfatizam que o sistema com apenas ventilação primária é altamente atrativo para edifícios mais baixos ou com limitação de espaço para passagem de tubulações, pois facilita a compatibilização do projeto com os demais sistemas construtivos. Essa constatação corrobora e fortalece a viabilidade técnica e a vantagem espacial de se suprimir a ventilação secundária na tipologia de até cinco pavimentos analisada neste estudo

Por fim, destaca-se que os resultados obtidos estão diretamente relacionados às condições adotadas no estudo de caso, incluindo tipologia da edificação, configuração geométrica do sistema e condições climáticas da cidade de Belo Horizonte. Assim, a dispensa da ventilação secundária não deve ser generalizada para outras situações sem a devida verificação técnica, sendo necessária a aplicação do método de cálculo previsto no Anexo C da ABNT NBR 8160:1999 para cada projeto específico.

8 CONCLUSÃO

Esta pesquisa teve como objetivo avaliar a suficiência da ventilação primária para a manutenção do fecho hídrico em instalações prediais de esgoto sanitário de edificações de com até cinco pavimentos, buscando verificar a possibilidade de dispensa da ventilação secundária com base nos critérios estabelecidos pela ABNT NBR 8160:1999.

A partir da aplicação do método de verificação proposto no Anexo C da norma ao estudo de caso desenvolvido, verificou-se que a ventilação primária foi suficiente para garantir o desempenho adequado do sistema nas condições analisadas. Os resultados obtidos demonstraram que a depressão máxima resultante no sistema ($D_r = 258,22$ Pa) permaneceu inferior à depressão admissível dos desconectores adotados ($D_{a,s} = 412,28$ Pa), indicando que as variações de pressão não foram capazes de comprometer a estabilidade do fecho hídrico.

Além disso, a perda do fecho hídrico por auto-sifonagem foi considerada nula em função da condição de escoamento livre adotada nos ramais de descarga. Da mesma forma, a sobrepressão no sistema não apresentou influência significativa, uma vez que o traçado respeitou as zonas de sobrepressão estabelecidas pela norma. Dessa forma, os resultados obtidos permitiram responder positivamente à pergunta de pesquisa, demonstrando que, para a tipologia analisada, a ventilação secundária pode ser dispensada sem prejuízo ao funcionamento do sistema predial de esgoto sanitário.

Sob o ponto de vista construtivo e econômico, os quantitativos extraídos da modelagem indicaram redução de aproximadamente 16% no número de conexões e acessórios e cerca de 28% no comprimento total de necessárias para a execução da prumada sanitária correspondente a uma coluna de apartamentos sobrepostos, principalmente nas tubulações de 75 mm associadas ao sistema de ventilação secundária. Esses resultados evidenciam potencial de racionalização do sistema, com redução de materiais e simplificação da execução.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8160: sistemas prediais de esgoto sanitário: projeto e execução**. Rio de Janeiro: ABNT, 1999.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575: edificações habitacionais – desempenho**. Rio de Janeiro: ABNT, 2021.
- CARRETERO-AYUSO, Manuel J.; MORENO-CANSADO, Alberto; GARCÍA-SANZ-CALCEDO, Justo. Occurrence of faults in water installations of residential buildings: An analysis based on user complaints. **Journal of Building Engineering**, [s. l.], v. 27, 100958, 2020.
- CARVALHO JÚNIOR, Roberto de. **Patologia dos sistemas prediais hidráulicos e sanitários**. 5. ed. São Paulo: Blucher, 2024.
- CARVALHO JÚNIOR, Roberto de. **Sistemas prediais hidráulicos e sanitários: princípios básicos para elaboração de projetos**. 5. ed. rev. e ampl. São Paulo: Blucher, 2023.
- FERNANDES, V. M. C.; GONÇALVES, O. M. Condições-limite para utilização do sistema de tubo de queda único nos sistemas prediais de coleta de esgoto sanitário residencial. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 6, n. 1, p. 7-18, 2006.
- GOOGLE MAPS. **Mundi condomínio resort**. Disponível em: <<https://share.google/jWtkNtmWFkc7hxCbF>>. Acesso em: 04 abr. 2026.
- INMET. **Normais climatológicas do Brasil 1991-2020**. Brasília, DF: INMET. Disponível em: <<https://portal.inmet.gov.br/normais>>. Acesso em: 05 abr. 2026.
- LEITE, Giovanna Ducarmo; BARBOSA, Isabela Gomide. **Estudo comparativo entre as metodologias de dimensionamento de sistemas prediais de esgoto sanitário e o impacto na definição do subsistema de ventilação**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2021.
- MORAES, Aline Fróes de Souza; GRANJA, Ariovaldo. Abordagens de custo e valor em projetos de habitação de interesse social. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais [...]**. Porto Alegre: ANTAC, 2016.
- MÜLLER, R.; MOURA, J. M. B. M. de; SCHUSTER, L. Análise técnica e econômica de sistemas prediais de esgoto sanitário com diferentes concepções de ventilação. **Conexões: Ciência e Tecnologia**, Fortaleza, v. 19, p. 01-11, e025040, 2025.
- POMOGAEVA, Valentina; METECHKO, Lyudmila; PROKOFIEV, Dmitry; NAREZHNYAYA, Tamara. Investigation of the motion processes of wastewater in sewerage of high-rise buildings. **E3S Web of Conferences**, [s. l.], v. 33, 02013, 2018.
- VITREA. **Mau cheiro nos ralos, sifões, caixas e bacias sanitárias da sua casa: saiba o que pode estar causando**. 2019. Disponível em: <<https://www.vitrea.net/single-post/2019/01/08/mau-cheiro-nos-ralos-sif%C3%B5es-caixas-e-bacias-sanit%C3%A1rias-da-sua-casa-saiba-o-que-pode-estar>>. Acesso em: 27 dez. 2024.

APÊNDICE A – LISTA DE MATERIAIS

Figura 17 - Lista de materiais para traçado sem ventilação secundária

OBRA				
Tipo:	Estudo de caso TCC2			
Título:	Residencial			
Endereço:	Belo Horizonte			
Cliente:	NA			
Lista de Materiais				
Esgoto (Primário)				
Caixas de Passagem				
Nº	Descrição	Item	Quantidade	Unidade
1,0	Caixa de passagem modulada	DN 60 cm	1,0	pç
PVC Acessórios				
Nº	Descrição	Item	Quantidade	Unidade
1,0	Caixa sifonada	100x150x50	5,0	pç
PVC Esgoto				
Nº	Descrição	Item	Quantidade	Unidade
1,0	Anel de borracha	100mm - 4"	34,0	pç
2,0	Anel de borracha	50mm - 2"	10,0	pç
3,0	Joelho 45	100 mm	13,0	pç
4,0	Joelho 90	100 mm	5,0	pç
5,0	Junção simples	100 mm - 50 mm	5,0	pç
6,0	Luva simples	100 mm	21,0	pç
7,0	Terminal de ventilação	100 mm	1,0	pç
8,0	Tubo rígido c/ ponta lisa	100 mm - 4"	22,8	m
9,0	Tubo rígido c/ ponta lisa	50 mm - 2"	0,7	m
10,0	Tê sanitário	100 mm - 100 mm	4,0	pç
11,0	Vedação p/ saída de vaso sanitário	100 mm	5,0	pç
Esgoto (Secundário)				
PVC Acessórios				
Nº	Descrição	Item	Quantidade	Unidade
1,0	Sifão de copo p/ pia e lavatório	1" - 1.1/2"	5,0	pç
2,0	Válvula p/ lavatório e tanque	1"	5,0	pç
PVC Esgoto				
Nº	Descrição	Item	Quantidade	Unidade
1,0	Curva 90 curta	40 mm	5,0	pç
2,0	Joelho 45	40 mm	15,0	pç
3,0	Joelho 90 c/anel p/ esgoto secundário	40 mm - 1.1/2"	5,0	pç
4,0	Tubo rígido c/ ponta lisa	40 mm	8,9	m
AltoQi Tecnologia aplicada à engenharia				

Fonte: Autor, elaborado com AltoQi Builder (2026).

Figura 18 - Lista de materiais para traçado com ventilação secundária

OBRA				
Tipo:	Estudo de caso TCC2			
Título:	Residencial			
Endereço:	Belo Horizonte			
Cliente:	NA			
Lista de Materiais				
Esgoto (Primário)				
Caixas de Passagem				
Nº	Descrição	Item	Quantidade	Unidade
1,0	Caixa de passagem modulada	DN 50 cm	1,0	pç
PVC Acessórios				
Nº	Descrição	Item	Quantidade	Unidade
1,0	Caixa sifonada	100x150x50	5,0	pç
PVC Esgoto				
Nº	Descrição	Item	Quantidade	Unidade
1,0	Anel de borracha	100mm - 4"	29,0	pç
2,0	Anel de borracha	50mm - 2"	9,0	pç
3,0	Joelho 45	100 mm	10,0	pç
4,0	Joelho 90	100 mm	4,0	pç
5,0	Junção simples	100 mm - 50 mm	4,0	pç
6,0	Luva simples	100 mm	19,0	pç
7,0	Terminal de ventilação	100 mm	1,0	pç
8,0	Tubo rígido c/ ponta lisa	100 mm - 4"	22,4	m
9,0	Tubo rígido c/ ponta lisa	50 mm - 2"	0,6	m
10,0	Tê sanitário	100 mm - 100 mm	4,0	pç
11,0	Vedação p/ saída de vaso sanitário	100 mm	4,0	pç
Esgoto (Secundário)				
PVC Acessórios				
Nº	Descrição	Item	Quantidade	Unidade
1,0	Sifão de copo p/ pia e lavatório	1" - 1.1/2"	4,0	pç
2,0	Válvula p/ lavatório e tanque	1"	4,0	pç
PVC Esgoto				
Nº	Descrição	Item	Quantidade	Unidade
1,0	Curva 90 curta	40 mm	4,0	pç
2,0	Joelho 45	40 mm	12,0	pç
3,0	Joelho 90 c/anel p/ esgoto secundário	40 mm - 1.1/2"	4,0	pç
4,0	Tubo rígido c/ ponta lisa	40 mm	7,2	m
Ventilação				
PVC Esgoto				
Nº	Descrição	Item	Quantidade	Unidade
1,0	Anel de borracha	100mm - 4"	5,0	pç
2,0	Anel de borracha	50mm - 2"	17,0	pç
3,0	Anel de borracha	75mm - 3"	7,0	pç
4,0	Joelho 45	50 mm	5,0	pç
5,0	Joelho 45	75 mm	1,0	pç
6,0	Joelho 90	50 mm	1,0	pç
7,0	Joelho 90	75 mm	1,0	pç
8,0	Junção invertida	100 mm x 75 mm	1,0	pç
9,0	Junção invertida	75 mm x 50 mm	4,0	pç
10,0	Junção simples	100 mm - 50 mm	4,0	pç
11,0	Redução excêntrica	75 mm - 50 mm	1,0	pç
12,0	Tubo rígido c/ ponta lisa	50 mm - 2"	1,2	m
13,0	Tubo rígido c/ ponta lisa	75 mm - 3"	13,6	m
14,0	Tê sanitário	50 mm - 50 mm	1,0	pç
AltoQi Tecnologia aplicada à engenharia				

Fonte: Autor, elaborado com AltoQi Builder (2026).