Unit
Universidade Tiradentes

CURSO DE ARQUITETURA E URBANISMO

Instalações Hidráulicas e Sanitárias

Prof. Juan Carlos Gortaire Cordovez

UNIDADE I – INSTALAÇÕES DE ÁGUA FRIA

1.1 Generalidades e Terminologia

As instalações hidráulicas de água fria compreendem as tubulações e equipamentos utilizados ao longo do percurso da água desde sua captação até chegar ao ser humano para seu consumo. Este percurso é dividido em dois segmentos: o sistema de abastecimento e a instalação predial.

A instalação predial de água fria refere-se ao conjunto de tubulações, equipamentos, reservatórios e dispositivos, a partir do ramal predial, destinados à distribuição e abastecimento dos pontos de utilização de água do prédio, em quantidade suficiente e garantindo a qualidade de água fornecida pelo sistema de abastecimento.

O projeto hidráulico de uma edificação é o conjunto de cálculos, plantas, detalhes e especificações técnicas necessários para a elaboração do orçamento da instalação e sua posterior execução.

A Norma de Instalações Prediais de Água Fria da ABNT: NBR-5626, contempla as exigências mínimas quanto a higiene, segurança, economia e conforto dessas instalações. Segundo essa Norma, os objetivos do projeto e da construção devem ser:

a) “garantir o fornecimento de água de forma contínua, em quantidade suficiente, com pressões e velocidades adequadas ao perfeito funcionamento das peças de utilização e dos sistemas de tubulações"

b) “preservar rigorosamente a qualidade da água do sistema de abastecimento"

Água Potável:
- incolor, inodora, insípida;
- sem alcalinidade;
- ph = 6;
- sólidos total : máximo 1000 mg/l;
- coliformes: 0.

c) “preservar o máximo conforto dos usuários, incluindo-se a redução dos níveis de ruido"

Terminologia Geral

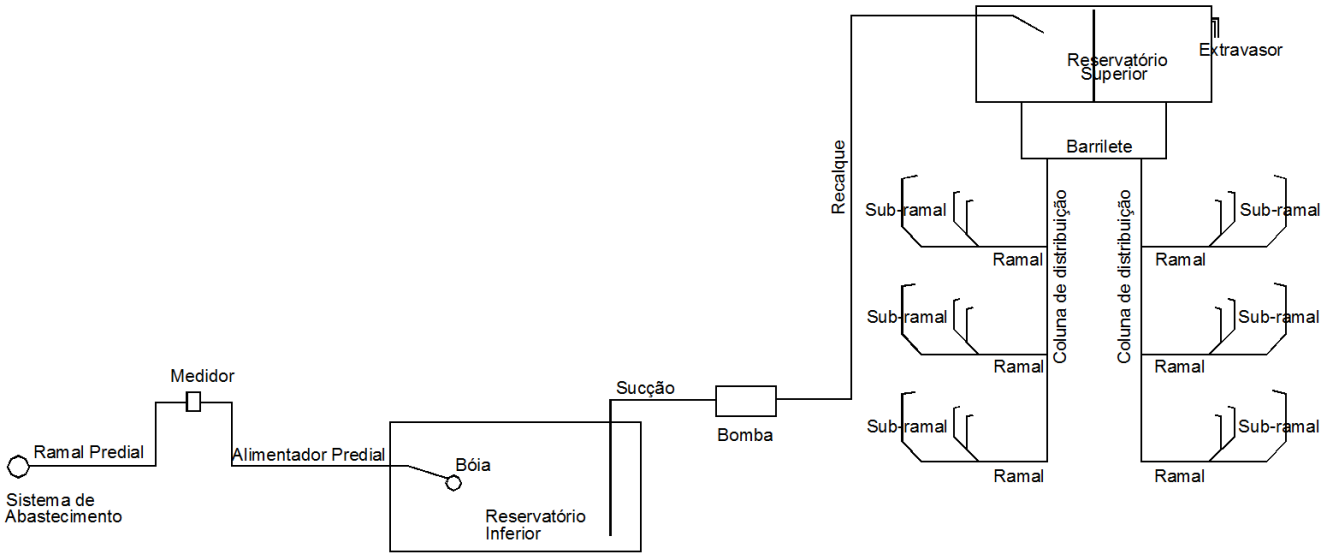


Figura 1.1 – Esquema de uma instalação predial de água fria

A seguir são apresentadas algumas definições básicas dos principais componentes de uma instalação hidráulica predial. Muitos deles podem ser encontrados na Figura 1.1.

- Sistema de abastecimento: rede pública ou qualquer sistema particular de água que abasteça a instalação predial.
- Ramal predial: tubulação compreendida entre a rede pública de abastecimento e a instalação predial.
- Alimentador predial: tubulação compreendida entre o ramal predial e a primeira derivação ou a válvula de flutuador do reservatório.
- Reservatório inferior: reservatório entre o alimentador predial e a instalação elevatória, destinado a reservar água e funcionar como poço de sucção da instalação elevatória.
- Torneira de bóia: válvula com bóia destinada a interromper a entrada de água nos reservatórios e caixas de descarga quando se atinge o nível operacional máximo previsto.
- Automático de bóia: dispositivo instalado no interior de um reservatório para permitir o funcionamento automático da instalação elevatória entre seus níveis operacionais extremos.
- Nível de transbordamento: nível do extravasor em reservatórios ou em caixas de descarga, ou nível atingido pela água ao verter do aparelho sanitário.
- Extravasor: tubulação destinada a escoar os eventuais excessos de água dos reservatórios e das caixas de descarga. (nome comum: ladrão).
- Tubulação de sucção: tubulação compreendida entre o ponto de tomada no reservatório inferior e o orifício de entrada da bomba.
- Instalação elevatória: conjunto de tubulações, equipamentos e dispositivos destinados a elevar a água do reservatório inferior até o reservatório de distribuição ou final.
- Tubulação de recalque: tubulação compreendida entre o orifício de saída da bomba e o ponto de descarga no reservatório de distribuição (superior).
- Reservatório superior ou de distribuição: reservatório ligado ao alimentador predial ou à tubulação de recalque, destinado a alimentar a rede predial de distribuição.
- Barrilete: conjunto de tubulações horizontais que se origina no reservatório final e do qual se derivam as colunas de distribuição. Em alguns sistemas o barrilete pode ser inferior.
- Coluna de distribuição: tubulação vertical derivada do barrilete e destinada a alimentar ramais.
- Ramal: tubulação, usualmente horizontal, derivada da coluna de distribuição e destinada a alimentar os sub-ramais.
- Sub-ramal: tubulação que liga o ramal à peça de utilização ou a ligação do aparelho sanitário.
- Rede predial de distribuição: conjunto de tubulações constituído de barrilete, colunas de distribuição, ramais e sub-ramais, ou de alguns destes elementos.
- Trecho: comprimento de tubulação entre duas derivações ou entre uma derivação e a última conexão da coluna de distribuição.
- Ponto de utilização: extremidade à jusante do sub-ramal.
- Peça de utilização: dispositivo ligado a um sub-ramal para permitir a utilização da água.
- Aparelho sanitário: aparelho destinado ao uso de água para fins higiênicos ou para receber dejetos e/ou águas servidas.
- Ligação de aparelho sanitário: tubulação ou mangueira compreendida entre o ponto de utilização e o dispositivo de entrada de água no aparelho sanitário.
- Caixa de descarga: dispositivo colocado acima, acoplado ou integrado às bacias sanitárias ou mictórios, destinados à reserva de água para suas limpezas.
- Válvula de descarga: válvula de acionamento manual ou automático, instalada no sub-ramal de alimentação de bacias sanitárias ou de mictórios, destinada a sua limpeza provocando o esvaziamento de um trecho de tubulação do sub-ramal.
- Tubo de descarga: tubo que liga a válvula ou caixa de descarga à bacia sanitária ou mictório (nome comum: bengala).
- Volume de descarga: volume que uma válvula ou caixa de descarga deve fornecer para promover a perfeita limpeza de uma bacia sanitária ou mictório.
- Consumo diário: valor médio de água consumida num período de 24 horas em decorrências de todos os usos do edifício no período.
- Inspeção : qualquer meio de acesso aos reservatórios, equipamentos e tubulações para sua manutenção.

1.2 Sistemas de abastecimento

O abastecimento compreende os processos de captação, tratamento e transporte de água desde sua fonte natural até os ramais prediais, garantindo sua qualidade e continuidade.

- Sistemas públicos de abastecimento:
  - fonte: rios, lagoas
  - tratamento: potabilização
  - transporte: adutoras, alimentadoras e linhas distribuidoras (rede pública)

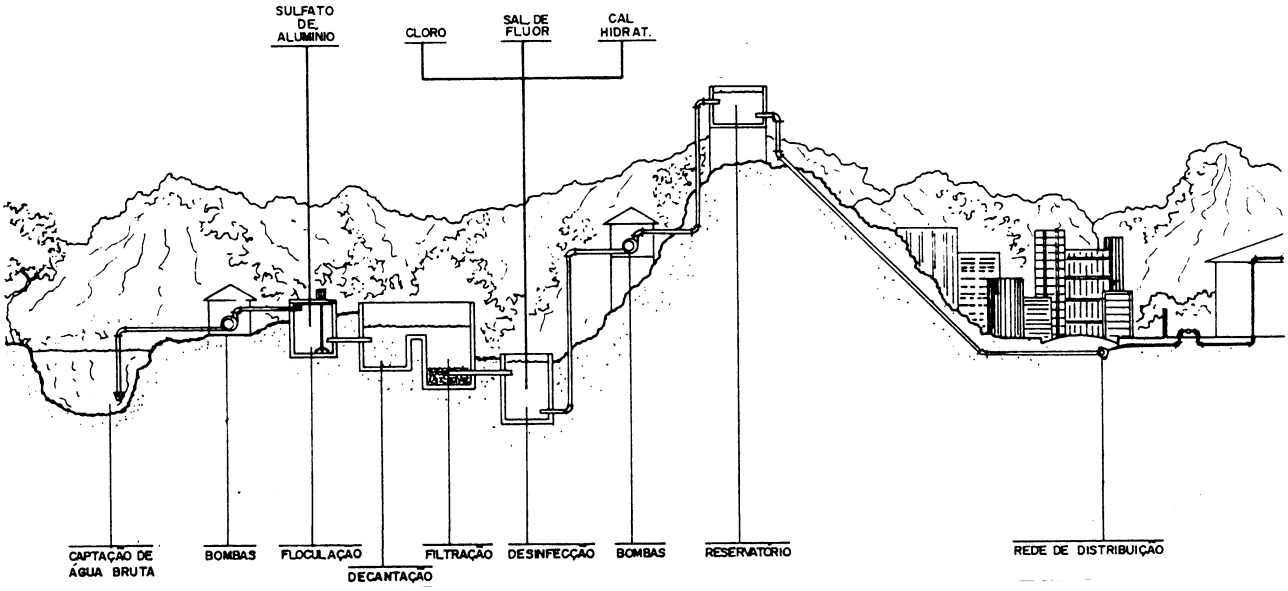


Figura 1.2 – Sistema público de abastecimento de água potável.

- Sistemas privados de abastecimento:
  - fonte: lagoas, poços artesianos, nascentes, córregos, riachos
  - tratamento: filtros, decantação, cloração (se necessários)
  - transporte: direto ao alimentador predial ou à bomba

- Sistemas mistos de abastecimento: distribuidor público + fonte particular

1.3 Sistemas internos de distribuição

Classificam-se de acordo à forma em que a água é distribuída no prédio, a partir do ramal predial. Esta distribuição pode ser feita diretamente às colunas de distribuição ou indiretamente através de bombas e/ou reservatórios.

Em termos gerais pode-se falar de seis tipos de sistemas de distribuição:

a) Sistema direto de distribuição: A alimentação da rede interna de distribuição é feita diretamente pelo alimentador predial. A rede predial é uma extensão da rede pública, e a distribuição interna é ascendente.

Este sistema requer abastecimento público contínuo, abundante e com pressão suficiente, pois não existe qualquer reservatório no prédio. Por isso é o sistema mais econômico.

Embora referido pela NBR-5626 este sistema não é muito usado no Brasil, pela falta das condições de continuidade e pressão da rede pública ou pela altura dos prédios a serem servidos que exigiriam uma pressão que a rede pública não pode atender.

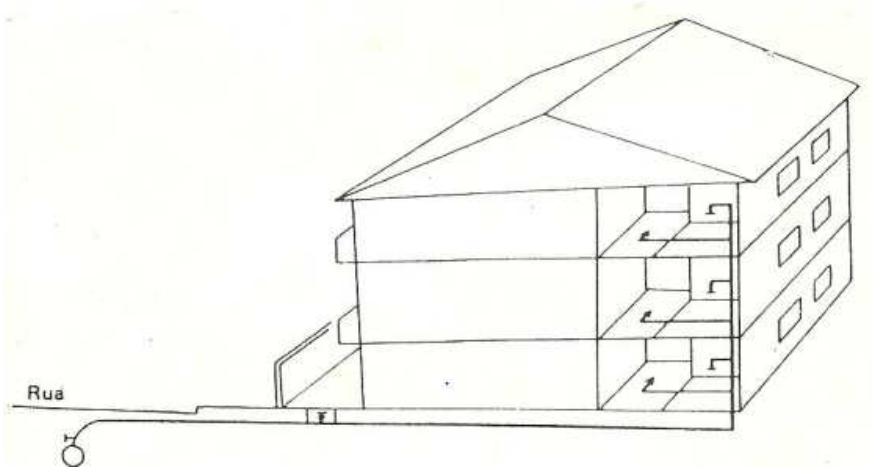


Figura 1.3 – Sistema direto de distribuição.

b) **Sistema indireto de distribuição, sem bombeamento:** Quando o suministro da rede pública tem pressão suficiente, mas sem continuidade, há necessidade de prevermos um reservatório superior, popularmente chamado caixa d'água. A alimentação do prédio é descendente, sendo feita por gravidade. É o sistema mais usado em residências de até dois andares.

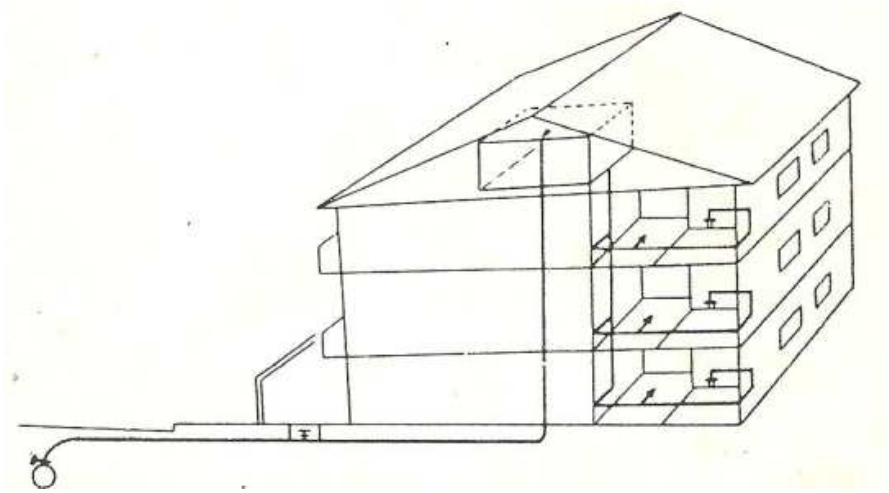


Figura 1.4 – Sistema indireto de distribuição sem bombeamento.

c) **Sistema indireto de distribuição, com bombeamento:** Quando além da intermitência o abastecimento apresenta falta de pressão suficiente para atingir o reservatório superior, há a necessidade de contar com um reservatório inferior de donde a água é sugada e bombeada. O reservatório superior continua cumprindo as funções de reserva e distribuição por gravidade.

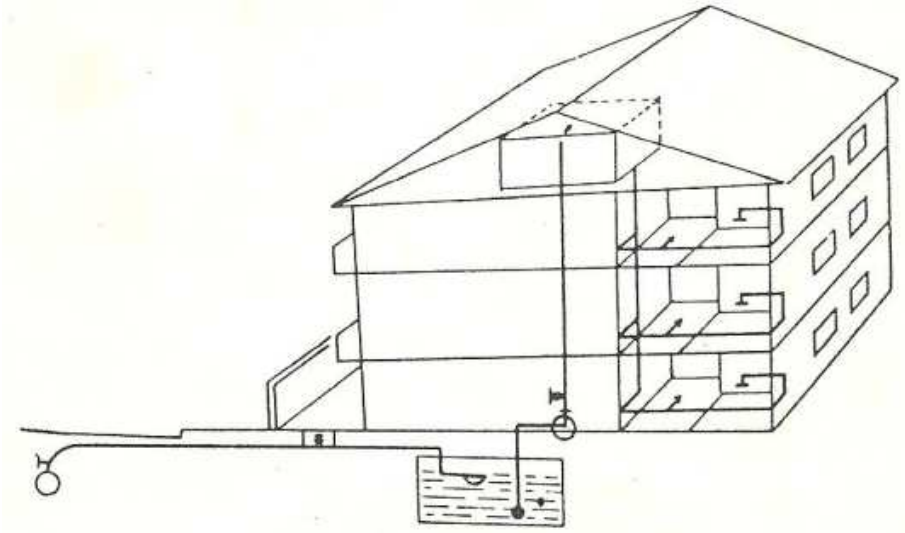


Figura 1.5 – Sistema indireto de distribuição com bombeamento.

Este e o sistema mais comum em edifícios de apartamentos, onde se exigem grandes reservatórios de acumulação (cisternas), edifícios de escritórios e em hotéis.

Se o número de pavimentos for tal que a pressão máxima nas colunas de distribuição, nos pisos inferiores, for maior que 400 kPa (40 metros de água), pode-se optar pela solução que consiste em utilizar reservatórios superiores em vários níveis, separados um do outro não mais que 40 metros.

Arquitetonicamente, nem sempre é possível contar com um reservatório em um pavimento intermediário, nesses casos a alternativa é manter os reservatórios na cobertura do prédio e utilizar válvulas ou caixas redutoras de pressão nos pavimentos inferiores.

d) Sistema hidropneumâtico de distribuição: Quando por razões arquitetônicas ou estruturais, não se admitem ou não são aconselháveis reservatórios superiores, a solução é dada com a utilização de um tanque hidropneumático. Este é um reservatório cilíndrico de aço capaz de conter ar comprimido e água. A água é sugada de um reservatório inferior mediante bomba, enquanto o ar é introduzido por um compressor ou carregador de ar. É a pressão do ar dentro do tanque que faz com que a distribuição de água seja pressurizada .

O funcionamento é simples. Quando a água no tanque baixa pelo consumo normal, chega-se a uma pressão mínima de operação que faz com que a bomba ligue automaticamente e encha de água o tanque, comprimindo o ar. Ao se atingir uma pressão máxima de funcionamento, um pressostato desliga a bomba.

É um sistema caro e requer cuidados especiais de manutenção.

e) Sistema misto de distribuição: Segundo a NBR-5626, um sistema misto é aquele que combina dois ou mais dos sistemas antes indicados, por exemplo, o direto (da rede pública) e o indireto (com reservatórios).

Um exemplo comum é a utilização direta da rede pública a nível do térreo e em serviços não essenciais, como por exemplo pontos de utilização em quintais, garagens ou jardins, e utilizar reservatórios e bomba para o consumo interior em banheiros, cozinhas e lavanderias.

f) Sistema de distribuição com bombeamento direto: Embora não previsto na NBR-5626, este sistema é usado nos Estados Unidos em prédios de escritórios ou de apartamentos, fábricas, hospitais, hotéis. No Brasil seu uso se restringe a uns poucos hotéis de luxo.

O sistema consiste numa rede de distribuição sob pressão constante graças à ação de bombas e válvulas automáticas, sem emprego de reservatório superior nem de tanque hidropneumátíco. Duas alternativas de instalação podem ser adotadas:

- duas, três ou mais bombas em paralelo que ligam ou desligam automaticamente para manter a pressão do barrilete constante, independente do consumo.

- uma ou mais bombas de rotação variável capazes de autoregular o número de rotações necessário para proporcionar a descarga demandada sem variação apreciável na pressão de suprimento.

1.4 Definições e cálculos iniciais do projeto hidráulico

1.4.1 Consumo diário de um prédio (Cd)

O consumo diário, também chamado demanda diária predial, é a é a quantidade de água a ser consumida diariamente por um prédio em função de sua população. Ele é calculado pelo produto do número de habitantes do prédio e o consumo per capita diário previsto, obtendo-se o resultado em litros. No projeto de instalações prediais, o consumo diário serve para calcular a reserva necessária.

Na maioria dos casos, para o cálculo do consumo diário basta estimar o número de habitantes do prédio, a partir da taxa de ocupação por exemplo, e o consumo de água per capita. Ambos os dados podem ser encontrados a partir das seguintes tabelas:

Taxa de ocupação

Em residências ou apartamentos : 2 pessoas por cada quarto social e 1 pessoa por cada quarto de serviço.

Em outros locais:

Tabela 1.1 – Taxa de ocupação por tipo de local

Local	Taxa de ocupação
Bancos	1 pessoa por cada 5 m^2 de área
Escritórios	1 pessoa por cada 6 m^2 de área
Shopping Centers	1 pessoa por cada 5,5 m^2 de área
Lojas pavimentos térreos (galerias)	1 pessoa por cada 2,5 m^2 de área
Lojas pavimentos superiores (galerias)	1 pessoa por cada 5 m^2 de área
Museus, bibliotecas, salas de hotéis	1 pessoa por cada 5,5 m^2 de área
Restaurantes e similares	1 pessoa por cada 4 m^2 de área
Teatros, cinemas, auditórios e igrejas	1 cadeira por cada 0,70 m^2 de área

Consumo diário por habitante (per capita)

Tabela 1.2 – Consumo diário por habitante para cada tipo de local

Local	Consumo diário
Apartamentos padrão médio	200 litros per cápita
Residências padrão médio	150 litros per cápita
Apartamentos populares	120 litros per cápita
Casas populares ou rurais	120 litros per cápita
Apartamento e residências de luxo	300 a 400 litros per cápita
Bancos	50 litros per cápita
Escritórios	50 a 80 litros per cápita
Edifícios públicos ou comerciais	50 litros per cápita
Escolas	50 litros per cápita
Hospitais	250 litros por leito
Hotéis com cozinha e lavandaria	250 a 350 litros por hóspede
Garagens (estacionamentos)	50 litros por vaga
Postos de serviço para veículos	150 litros por veículo
Jardins	1,5 litros por m^2
Quartéis	150 litros per cápita
Mercados	5 litros por m^2 de área
Restaurantes e similares	25 litros por refeição e por lugar
Teatros, cinemas, auditórios e igrejas	2 litros por lugar
Fábricas em geral (uso pessoal)	70 litros por operário

Exemplo 1: Seja um prédio de 10 pavimentos, 4 apartamentos por andar, cada apartamento com 3 quartos e 1 de empregada, mais o apartamento do zelador com 2 quartos. Calcular o consumo diário predial.

cada apartamento 3x2 + 1 = 7 pessoas, então: cada pavimento = 7 x 4 = 28 pessoas
apartamento do zelador = 2 x 2 = 4 pessoas
População do prédio = (28 x 10) + 4 = 284 pessoas
Consumo = 200 litros per capita
Consumo diário total --> Cd = 284 x 200 = 56.800 litros

Exemplo 2: Calcular o consumo diário para um shopping center de 3.500 m², dos quais 500 m² correspondem à área de alimentação

(A) Área de lojas e circulação
Número de pessoas = 3.000 m² / 5,5 m² por pessoa = 545,45 = 546 pessoas
Consumo = 50 litros per capita
Consumo diário total --> Cd = 546 x 50 = 27.300 litros

(B) Área de alimentação
Número de lugares = 500 m² / 4 m² por lugar = 125 lugares
Consumo = 25 litros por refeição e por lugar
Consumo diário total --> Cd = 25 x 125 x 3 = 9.375 litros

Consumo Diário Total (A) + (B) = 27.300 + 9.375 = 36.675 litros

1.4.2 Capacidade dos reservatórios

No sistema indireto com bombeamento, recomendado pela NBR-5626 para os casos comuns no Brasil, existe um reservatório inferior e um superior que recebe a água bombeada do primeiro e a distribui aos aparelhos sanitários.

Segundo a mesma norma: “a reservação total, a ser acumulada nos reservatórios inferiores e superiores, não pode ser inferior ao consumo diário, recomendando-se que não ultrapasse a três vezes o mesmo".

Reserva total = Nd Cd

onde: **Nd** é o número de consumos diários a serem reservados (1≤**Nd**≤3)
Cd é o consumo diário em litros.

Para prédios com canalização contra incêndios, à reserva total deve-se ainda acrescentar a reserva necessária para combate a incêndios, a mesma que, em princípio, pode ser estimada em 20% do consumo diário. Assim:

Reserva total = Nd Cd + 0,2 Cd = (Nd + 0,2) Cd

Para facilitar os cálculos e valendo para os casos comuns (prédios não especiais), a NBR-5626 recomenda a seguinte distribuição da reservação:

- 3/5 ou 60% do total nos reservatórios inferiores
- 2/5 ou 40% do total nos reservatórios superiores

Deve-se dispensar a existência de reservatório inferior, e da bomba, sempre que for possível alimentar continuamente o reservatório superior diretamente pelo alimentador predial (sistema indireto sem bombeamento). Neste caso a reserva total deverá ser armazenada no reservatório superior.

Qualquer reservatório, superior ou inferior, cuja capacidade for maior a 4.000 litros deve ser dividido em dois compartimentos iguais, comunicados através de um barrilete provido de registros para facilidade de limpeza ou conserto de cada compartimento individualmente.

No interior dos reservatórios, o nível máximo de água deverá estar pelo menos 30 cm abaixo do nível inferior da tampa do reservatório, ou 80 cm abaixo dela se a boca de visita for lateral.

Exemplo: Seja um edifício de apartamentos de 4 pavimentos, 2 apartamentos por andar, cada apartamento com 3 quartos e 1 de serviço, mais o apartamento do zelador com 2 quartos. Calcular a capacidade necessária dos reservatórios.

Cada pavimento = 2 apartamentos x 7 pessoas/apart. = 14 pessoas
Apartamento zelador = 4 pessoas
População do prédio = 14x4 + 4 = 60 pessoas
Consumo diário = 200 litros por pessoa
Consumo diário Cd = 200x60 = 12.000 litros
Reserva total = (Nd + 0,2) Cd = (2+0,2) 12.000 = 26.400 litros (considerando reserva para 2 dias)
Reservatório superior = (2/5)Cd = 0,4x26.400 = 10.560 litros > 4.000 litros --> 2 compartimentos
Reservatório inferior = (3/5) Cd = 0,6x26.400 = 15.840 litros >4.000 litros --> 2 compartimentos

Para determinar as dimensões dos reservatórios, deve-se adotar uma forma geométrica em planta (quadrada, retangular, circular, em L), impor uma altura molhada e determinar as outras dimensões igualando a capacidade geométrica com a reserva necessária. Para obter as dimensões em metros deve-se transformar a reserva calculada a m^3, lembrando que 1 m^3 = 1.000 litros.

Para o reservatório inferior de nosso exemplo acima, assumindo uma altura molhada de 1,70 m e forma quadrada para cada compartimento, temos:

$2\ L^2\ hm = 15,84\ m^2$ --> $L^2 = 15,84/2/1,7\ m^2 = 4.66\ m^2$ --> $L = 2,16$ m --> $L = 2,20$ m.

1.4.3 Consumo máximo provável (Qp)

Entende-se por consumo máximo provável, a vazão instantânea que percorre um trecho de tubulação no momento de maior consumo nos pontos de utilização atendidos por esse trecho. Ele é medido, como toda vazão, em litros/segundo, e pela própria definição deve ser calculado trecho a trecho. Por outro lado, o consumo máximo provável é o dado fundamental para o posterior dimensionamento das tubulações.

Para esclarecer a definição acima é interessante fazer a seguinte comparação: o consumo máximo provável é uma vazão instantânea em um determinado trecho de tubulação, enquanto o consumo diário estudado anteriormente é um volume de água que corresponde ao consumo total de todo o prédio durante um dia.

A seguinte curva apresenta o consumo de água típico num prédio residencial nas diferentes horas do dia. Para poder estabelecer a comparação entre **Cd** e **Qp**, na curva o valor deste último deve corresponder ao trecho de tubulação que serve todas as peças de utilização do prédio. A área sob a curva seria equivalente a **Cd** enquanto seu pico máximo corresponde a **Qp**.

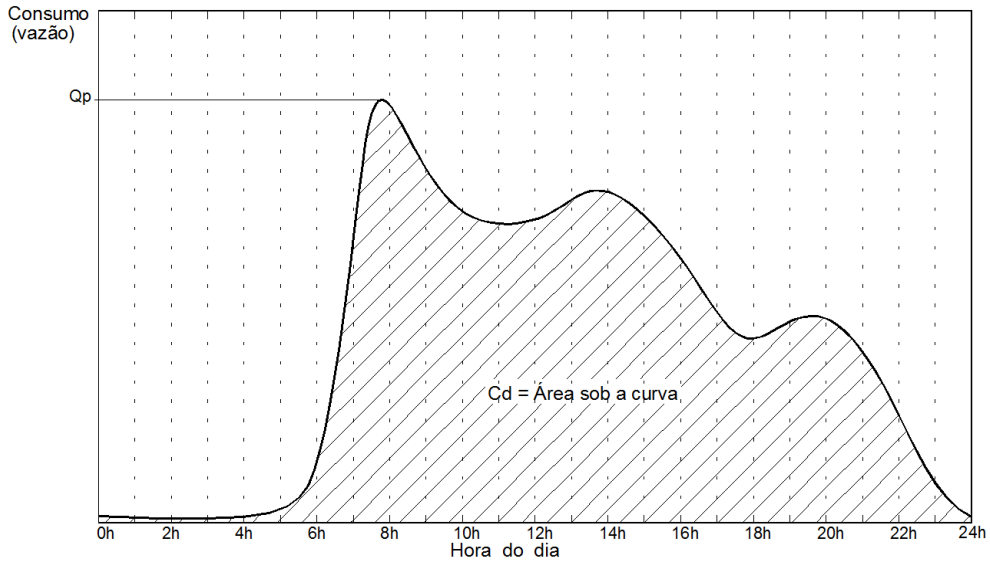


Figura 1.6 – Consumo típico de água num prédio residencial.

Salvo em instalações com horários de funcionamento rígidos, como quartéis, colégios, etc, nunca se dá o caso de todas as peças serem utilizadas ao mesmo tempo. Este fato, chamado probabilidade de uso simultâneo, deve ser considerado no cálculo do consumo máximo provável, permitindo assim uma economia no dimensionamento das canalizações.

As peças de utilização são dimensionadas para funcionar mediante certa vazão mínima Somando a vazão mínima de todas as peças atendidas por um trecho e considerando a probabilidade de uso simultâneo dessas peças, poder-se-ia chegar a vazão ou consumo provável desse trecho.

No entanto, o método sugerido não considera o fato da probabilidade de uso simultâneo ser diferente para cada tipo de peça de utilização. Por isso a norma NBR-5226 dá uma alternativa para o cálculo da vazão provável em função dos "pesos" atribuídos às peças de utilização, cuja fórmula é uma adaptação do método de Hunter:

$$\mathbf{Qp = C\ \sqrt{\Sigma P}}$$

onde: Qp: vazão o consumo máximo provável em l/s
C: coeficiente de descarga = 0,3 l/s
ΣP : soma dos pesos de todas as peças de utilização alimentadas através do trecho considerado.

Os “pesos” estão na seguinte tabela. Apenas como informação, inclui-se também na tabela a vazão mínima necessária para cada peça de utilização.

Tabela 1.3 – Vazão mínima e pesos por tipo de peça de utilização

Peça de utilização	Vazão mínima (l/s)	Peso
Bacia sanitária com caixa de descarga	0,15	0,30
Bacia sanitária com válvula de descarga	1,90	40,0
Banheira	0,30	1,0
Bebedouro	0,05	0,1
Bidê ou ducha	0,10	0,1
Chuveiro	0,20	0,5
Lavatório	0,20	0,5
Máquina de lavar prato ou roupa	0,30	1,0
Mictório auto-aspirante	0,50	2,8
Mictório de descarga contínua (por m)	0,075	0,2
Mictório de descarga descontínua	0,15	0,3
Pia de despejo	0,30	1,0
Pia de cozinha	0,25	0,7
Tanque de lavar roupa	0,30	1,0

Exemplo: Calcular o consumo máximo provável de um trecho de tubulação que atende 5 banheiros, cada um com vaso sanitário (com válvula de descarga), lavatório e chuveiro.

vasos sanitários = 5 unidades x 0,30 = 1,5
lavatórios = 5 unidades x 0,5 = 2,5
chuveiros =5 unidades x 0,5 = 2,5
ΣP = 6,5

Aplicando a fórmula de Hunter chega-se a: Qp = 0,76 l/s

É importante não confundir o consumo máximo provável com o consumo máximo possível. Este último assume o consumo simultâneo de todos os aparelhos de uma instalação, sendo portanto maior ou na pior das hipóteses igual ao consumo máximo provável. Para o exemplo anterior, o consumo máximo possível seria:

vasos sanitários = 5 unidades x 0,15 l/s = 0,75 l/s
lavatórios = 5 unidades x 0,2 l/s = 1,00 l/s
chuveiros =5 unidades x 0,2 l/s = 1,00 l/s
consumo máximo possível = 2,75 l/s

que, obviamente, é muito maior que o consumo máximo provável.

A rigor, o consumo máximo provável só pode ser considerado igual ao consumo máximo possível nos casos em que existe certeza ou uma alta probabilidade de utilização simultânea de todos as peças de uma instalação, como por exemplo nas baterias sanitárias de escolas, colégios, quartéis, presídios ou vestiários.

1.4.4 Instalações mínimas em prédios e residências

Embora não previstas na norma brasileira, existe na literatura recomendações com relação à quantidade mínima de aparelhos sanitários, de cada tipo, que devem ser previstos, em função da classe de ocupação do prédio, do número de ocupantes ou usuários do mesmo.

No caso de ocupação residencial, as necessidade são bastante óbvias em função do número de quartos e do padrão da edificação. O arquiteto saberá definir o número adequado de aparelhos sanitários em função das necessidades do cliente, características do projeto e requerimentos municipais mínimos.

Para outros usos, a seguinte tabela, obtida do Uniform Plumbing Code (UPC) americano, pode ser utilizada por arquitetos como referência básica para dimensionar as dependências destinadas aos aparelhos sanitários. É bom ressaltar que as quantidades obtidas da tabela são mínimas.

Tabela 1.4 – Instalações mínimas de aparelhos sanitários

Tipo de Edifício ou de Ocupação	*Bacias Sanitárias*	*Mictórios*	*Lavatórios*	*Banheiras ou Chuveiros*	*Bebedouros* **
Residência ou apartamento***	1 para cada residência ou apart. + 1 para serviço		1 para cada residência	1 para cada residência ou apart. +1 ch. para serviço	–
Escolas primárias	Meninos: 1 para cada 100 Meninas: 1 para cada 35	1 para cada 30 meninos	1 para cada 60 pessoas	–	1 para cada 75 pessoas
Escolas secundárias	Meninos: 1 para cada 100 Meninas: 1 para cada 45	1 para cada 30 meninos	1 para cada 100 pessoas	1 para cada 20 alunos (caso haja educação física)	
Edifícios públicos ou de escritórios	Número de pessoas / Número de aparelhos 1 — 15: 1 16 — 35: 2 36 — 55: 3 56 — 80: 4 81 — 110: 5 111 — 150: 6 acima de 150, adicionar 1 aparelho para cada 40 pessoas	Quando há mictórios, instalar 1 WC menos para cada mictório, contanto que o número de WC não seja reduzido a menos de 2/3 do especificado	Número de pessoas / Número de aparelhos 1 — 15: 1 16 — 35: 2 36 — 60: 3 61 — 90: 4 91 — 125: 5 acima de 125, adicionar 1 aparelho para cada 45 pessoas	–	1 para cada 75 pessoas
Estabelecimentos industriais	Número de pessoas / Número de Aparelhos 1 — 9: 1 10 — 24: 2 25 — 29: 3 30 — 74: 4 75 — 100: 5 acima de 100, 1 aparelho a mais para cada 30 empregados	Mesma especificação feita para escritórios	Número de pessoas / Número de aparelhos 1 — 100: 1 para cada 10 pessoas > 100: 1 para cada 15 pessoas****	1 chuveiro para cada 15 pessoas expostas a calor excessivo ou contaminação da pele com substâncias venenosas ou irritantes	1 para cada 75 pessoas
Teatros, auditórios e locais de reunião	Número de pessoas / Número de aparelhos H / M 1 — 100: 1 / 1 101 — 200: 2 / 2 201 — 400: 3 / 3 acima de 400, 1 aparelho para cada 500 H ou 300 M	Número de pessoas / Número de aparelhos H 1 — 100: 1 101 — 200: 2 201 — 600: 3 acima de 600, 1 aparelho para cada 300 H adicionais	Número de pessoas / Número de aparelhos 1 — 200: 1 201 — 400: 2 401 — 750: 3 acima de 750, 1 para cada 500 pessoas		1 para cada 100 pessoas
Dormitórios	Número de pessoas / Número de aparelhos H / M 1 — 10: 1 1 — 8: 1 Acima de 10: 1 para 25 H ad. Acima de 8: 1 para 20 M ad.	1 para cada 25 homens Acima de 150, adicionar 1 aparelho para cada 50 homens	1 para cada 12 pessoas. (Prever lavatórios para higiene dental na razão de 1:50 pessoas.) Adicionar 1 lavatório para cada 20 homens, 1 para cada 15 mulheres	1 para cada 8 pessoas. No caso de dormitório de mulheres, adicionar banheiras na razão de 1:30 pessoas	1 para cada 75 pessoas

1.4.5 Pressões de serviço

As peças de utilização são projetadas para funcionar com pressões estática e dinâmica preestabelecidas. A pressão estática existe quando não há fluxo de água e corresponde ao conceito de pressão da hidrostática, que depende unicamente da altura de água que existe acima do ponto considerado. Já a pressão dinâmica ocorre com as peças em funcionamento. Pode-se dizer que:

Pressão dinâmica = Pressão estática – perdas de carga.

A definição física da pressão é a de uma força por unidade de área. Assim, a unidade padrão para medir pressões é o Pascal (1 Pa = 1 N/m²) e seus múltiplos Quilopascal (kPa) ou Megapascal (MPa). Quando se trata da pressão hidráulica, uma unidade alternativa é o **mH_2O** que significa metros de água e que corresponde à altura de água encima do ponto considerado. Esta última unidade também é encontrada na literatura como **m.c.a.** (metros de coluna de água) e corresponde a 10 kPa.

1 mH_2O = 1 m.c.a. = 10 kPa

A norma NBR-5626 determina uma pressão estática máxima de 400 kPa (40 mH_2O) e uma pressão dinâmica mínima de 5 kPa (0,5 mH_2O), em qualquer ponto da rede de distribuição predial de água fria. Além dessas limitações gerais, a norma determina os campos de variação das pressões estáticas e dinâmicas de serviço para os diferentes pontos de utilização, ilustrados na seguinte tabela:

Tabela 1.5 – Pressões estáticas e dinâmicas, mínimas e máximas

Pontos de utilização para	Pressão dinâmica (kPa)		Pressão estática (kPa)	
	Mínima	Máxima	Mínima	Máxima
Aquecedor elétrico de alta pressão	5	400	10	400
Aquecedor elétrico de baixa pressão	5	40	10	50
Bebedouro e chuveiro diâmetro nominal 15 mm	20	400	...	...
Chuveiro diâmetro nominal 20 mm	10	400	...	...
Torneira	5	400	...	...
Torneira de bóia para caixa descarga com diâmetro nominal 15 mm	15	400	...	...
Torneira de bóia para caixa descarga com diâmetro nominal 20 mm ou para reservatórios	5	400	...	...
Válvula de descarga de alta pressão	(A)	(A)	(B)	400
Válvula de descarga de baixa pressão	12	--	20	(B)

(A) O fabricante deve especificar a faixa de pressão dinâmica que garanta vazão mínima de 1,7 l/s e máxima de 2,4 l/s.
(B) O fabricante deve definir esses valores para a válvula de descarga, respeitando as normas específicas.

A abertura de qualquer peça de utilização não pode provocar queda de pressão (subpressão) tal que a pressão instantânea no ponto crítico da instalação fique inferior a 0,5 mH_2O. Por outro lado, o fechamento de qualquer peça não pode provocar sobrepressão, em qualquer ponto da instalação, que supere em mais de 20 mH_2O a pressão estática neste mesmo ponto.

A pressão dinâmica mínima visa impedir que os pontos críticos da rede, geralmente localizados no barrilete ou em chuveiros de pavimentos superiores, possam operar com pressões negativas. Evita-se assim o fenômeno de **refluxo** ou retro-sifonagem onde as águas contaminadas podem voltar para o sistema de distribuição predial, em decorrência dessas pressões negativas.

Para impedir o refluxo, a norma exige também uma **separação atmosférica**, medida na vertical entre a saída d'água da peça de utilização e o nível de transbordamento dos aparelhos sanitários, caixas de descarga e reservatórios. Ela deve ser no mínimo de duas vezes o diâmetro da torneira. As banheiras ou torneiras afogadas, duchas portáteis, máquinas de lavar roupa e pratos, bidês e torneiras para mangueiras, exigem instalações, sistemas ou dispositivos anti-retorno.

1.4.6 Velocidade máxima de fluxo

Para evitar ruído, desconforto e danos nas tubulações, conexões e dispositivos, e reduzir as perdas de carga, a velocidade máxima de fluxo não deve ultrapassar, em nenhum ponto da instalação, o valor de 2,5 m/s nem o valor dado pela seguinte fórmula:

$$V_{máx} = 14\sqrt{D}$$ onde: Vmáx = velocidade máxima em m/s
D = diâmetro interno da tubulação em m

Limitando-se a velocidade, limita-se também a vazão que pode percorrer uma tubulação:

$$Q_{máx} = V_{máx} A$$ onde: Qmáx = vazão máxima
A = superfície interna da tubulação = $D^2\pi/4$

A seguinte tabela mostra as velocidades e vazões máximas para tubulações roscáveis cujo diâmetro interno é medido em polegadas (foram feitas as devidas transformações de unidades).

Tabela 1.6 – Velocidades e vazões máximas nas tubulações

D (pol)	Vmáx (m/s)	Qmáx (l/s)
½"	1,60	0,20
¾"	1,95	0,60
1"	2,25	1,20
1 ¼"	2,50	2,50
1 ½"	2,50	3,60
2"	2,50	6,40

1.4.7 Diâmetros ou bitolas comerciais das tubulações

As tubulações roscáveis apresentam-se comercialmente com seus diâmetros internos medidos em polegadas. Já as tubulações soldáveis são vendidas de acordo a seu diâmetro externo medido em milímetros. Existe um terceiro tipo de diâmetro, chamado diâmetro nominal DN ou de referência, que também é usado nos ábacos e tabelas da NBR-5626. Este último é medido em milímetros e corresponde, aproximadamente, ao diâmetro interno das tubulações roscáveis.

Tabela 1.7 – Diâmetros das tubulações de água fria

Tubos roscáveis D interno (pol)	Tubos soldáveis D externo (mm)	DN ou de referência D interno (mm)
½"	20	15
¾"	25	20
1"	32	25
1 ¼"	40	32
1 ½"	50	40
2"	60	50
2 ½"	75	60

Uma explicação mais detalhada dos tipos de tubulações (roscáveis ou soldáveis) e seus materiais de fabricação será mostrada na sequência.

1.4.8 Materiais e equipamentos usados em instalações hidráulicas

1.4.8.1 Tubulações

De acordo ao material de fabricação, as tubulações usadas em instalações de água fria se classificam em:

- **Aço-carbono**: com acabamento preto (em bruto) ou galvanizados. Estão praticamente descartados em instalações prediais, mas por sua alta resistência mecânica ainda se usam em instalações industrias e eventualmente na canalização predial de combate a incêndios.
- **Ferro fundido dúctil**: pela introdução de uma pequena quantidade de magnésio no ferro, este tipo de tubos ganha ductilidade e resistência mecânica, sendo utilizados em adutoras e redes urbanas de distribuição de água, e redes contra incêndios em industrias.
- **Cobre**: mais utilizado para água quente ou gelada, é também utilizada em instalações industrias de água fria. É perfeitamente possível seu uso em instalações prediais de água fria, porém as tornaria mais caras desnecessariamente.
- **Plástico flexível** (polietileno): na cor preta, o uso deste tipo de tubulação se limita a sistemas de irrigação.

- **PVC rígido** (cloreto de polivinilo): é o mais utilizado em instalações prediais de água fria.
- **PVC reforçado** (RPVC): é um PVC alterado para conseguir maior resistência a agentes químicos. Ele é mais utilizado para obras de saneamento ambiental.

Os tubos de aço carbono e ferro fundido estão caindo em desuso devido a seu alto custo e peso, facilidade de corrosão e dificuldade para a instalação e manutenção. O mercado impôs o uso das tubulações de PVC rígido cujas vantagens e desvantagens comparativas são as seguintes:

Vantagens do PVC rígido:
- Baixo peso (fretes mais baratos)
- Baixo custo relativo
- Boa resistência química
- Boa resistência à corrosão
- Baixo coeficiente de atrito (perdas de carga reduzidas)
- Baixa tendência ao entupimento
- Baixa condutibilidade elétrica
- Baixa condutibilidade térmica (mantém temperatura da água)
- Facilidade para instalação e manutenção

Desvantagens do PVC rígido:
- Baixa resistência ao calor (não suporta altas temperaturas) e ao fogo
- Mediana resistência mecânica (menor que os tubos de aço ou ferro)
- Alto coeficiente de dilatação

Pela forma de união com as conexões e entre eles, os tubos de PVC rígido se classificam em:

- **Tubos Roscáveis**: apresentam-se na cor branca, com comprimento comercial de 6 m e rosca nas duas extremidades. A bitola comercial destes tubos corresponde ao diâmetro hidráulico ou interno, medido em polegadas. A série comercial é: ½", ¾", 1", 1 ¼", 1 ½", 2", 2 ½", 3", 4", 5" e 6".

  Dificilmente um lance reto de tubulação terá 6 ou mais metros, portanto na maioria dos casos será necessário cortar os tubos perdendo-se pelo menos uma das roscas das extremidades. Na seção cortada será necessário fazer nova rosca externa com o auxílio de uma tarraxa.

  A união dos tubos e conexões roscáveis é feita com juntas roscadas combinando uma rosca externa (rosca macho) e uma interna (rosca fêmea). Já a união de dois pedaços de tubo, um a continuação do outro, é feita mediante uma luva com duas roscas internas.

  O aperto de uma junta roscada não garante total vedação, muito pelo contrário, a aplicação de um aperto muito forte pode provocar ruptura no tubo ou na conexão. Para conseguir a vedação deve-se revestir a rosca macho com fita de teflon, conhecida como fita vedarosca, aplicada no sentido da rosca, de modo que cada volta trespasse a outra em ½ cm, num total de 3 a 4 voltas.
- **Tubos soldáveis**: apresentam-se na cor marrom, com comprimento comercial de 6 m e com uma ponta e uma bolsa nas extremidades. A bitola comercial destes tubos corresponde ao diâmetro externo do tubo, medido em milímetros. A série comercial é: 20mm, 25mm, 32mm, 40mm, 50mm, 60mm, 75mm, 85mm, 110mm, 140mm e 160mm. (vide Tabela 1.7 para estabelecer a correspondência com os diâmetros dos tubos roscáveis).

  Para lances retos de tubulação menores que 6 metros, o tubo deve ser cortado mas não devem ser feitas novas bolsas nas extremidades cortadas. Isto porque a união dos tubos e conexões soldáveis é feita encaixando a ponta do tubo na bolsa da conexão correspondente. A união de pedaços de tubo, um a continuação do outro, é feita com luva de duas bolsas.

  Para garantir a vedação hidráulica e a resistência mecânica da junta, no interior da bolsa e na ponta a serem encaixadas deve ser feita uma limpeza com lixa nº 100 e solução limpadora, e aplicação de cola ou adesivo plástico. O adesivo dissolve as primeiras camadas de material e quando se procede ao encaixe ponta e bolsa se comprimem ocorrendo sua fusão (soldagem). O excesso de adesivo deve ser retirado em seguida. Embora a soldagem se inicie imediatamente, a união só poderá ser testada sob pressão depois de 12 horas.

Nos últimos anos, a maioria de instalações prediais são projetadas e executadas com tubulações e conexões soldáveis de PVC rígido. Comparativamente, as seguintes vantagens justificam essa escolha do mercado. Como única desvantagem pode ser mencionado o fato de as uniões roscadas serem recuperáveis e as soldadas não.

Vantagens dos tubos soldáveis de PVC rígido com relação aos roscáveis:

- Menor espessura das paredes e portanto menor peso (fretes mais baratos)
- Menor custo de fabricação
- Maior facilidade de instalação (união soldada mais rápida que a roscada)
- Conexões mais baratas.

Embora muito menos usadas, existem outras formas de unir tubos e conexões: união sanitária, união flangeada, união elástica e colar de tomada. Estas uniões são mais caras pois requerem de tubos e/ou conexões especiais. A TIGRE, por exemplo, tem uma linha de conexões e tubos para união com anel "O'Ring" (anéis de borracha com seção circular).

1.4.8.2 Conexões

Para cada tipo de tubos, de acordo a seu material, existe uma linha completa de conexões. No caso do PVC rígido, existem conexões soldáveis, roscáveis e mistas. Estas últimas, também conhecidas como L/R (liso/rosca) ou elementos de transição, permitem passar de uma instalação soldável para uma roscável, especialmente nos pontos de utilização, pois a maioria de peças de utilização (torneiras, chuveiros), elementos de ligação (engates), válvulas e registros, são roscáveis.

Pela sua função, as principais conexões são apresentados a seguir. A notação utilizada aqui é: B = bolsa, P = ponta, RF = rosca fêmea ou interna, RM = rosca macho ou externa.

- **Luva**: conexão reta para união longitudinal de tubos (B/B ou RF/RF).
- **União**: também para conexões longitudinais de tubos, permite o roscado independente dos tubos chegando na conexão (B/B ou RF/RF)
- **Luvas e buchas de redução**: permitem a redução de diâmetro numa união longitudinal de tubos (B/B, RF/RF ou RM/RF).
- **Nípel** : união para conexão de dois acessórios (ponta/ponta ou RM/RM)
- Adaptadores com flanges: utilizados na ligação com caixas de água, podem ter dois flanges livres ou um livre e um fixo. (B/RM ou RF/RM)
- **Tampão ou cap**: tampa para ponto de utlização (B ou RF)
- **Bujão ou plug**: tampa roscável para ponto de utilização (RM)
- **Joelho ou cotovelo**: de 45º e 90º (B/B ou RF/RF)
- **Joelho ou cotovelo de redução**: de 90º (B/B ou RF/RF)
- **Curva**: de 45º e 90º (B/B ou RM/RM)
- **Tê 90º**: (B/B/B ou RF/RF/RF)
- **Tê 90º de redução**: redução na conexão central (B/B/B ou RF/RF/RF)
- **Tê 45º**: só roscável (RF/RF/RF)
- **Cruzeta** : 4 conexões a 90º (B/B/B/B ou RF/RF/RF/RF)

Os principais elementos de transição ou L/R são:

- **Luva L/R**: (B/RF)
- **Luva de redução L/R**: com redução na rosca (B/RF)
- **Joelho 90º L/R**: (B/RF)
- **Joelho de redução 90º L/R**: com redução na rosca (B/RF)
- **Tê 90º L/R**: com rosca na conexão central(B/B/RF)
- **Tê 90º de redução L/R**: rosca e redução na conexão central (B/B/RF)

Para a ligação com peças metálicas como registros, torneiras, hastes de chuveiros, que estão sujeitas a esforços externos (choques, batidas, substituições), existe uma linha de conexões roscáveis com reforço blindado em forma de anéis externos (linha RB da TIGRE) e uma linha de elementos de transição que utilizam bucha de latão com rosca interna (linha azul da TIGRE).

As **Figuras 9** e **10** do Anexo mostram, respectivamente, os tubos e conexões roscáveis e soldáveis da marca TIGRE.

1.4.8.3 Válvulas ou registros

De uma forma geral, as válvulas ou registros são aparelhos controladores do fluxo de água, e obedecem a dois tipos de classificação:

A) Pela natureza do acionamento:

- **Válvulas de acionamento manual**: providas de volantes ou de manivelas ligadas a engrenagens para reduzir o esforço de acionamento.

- **Válvulas acionadas por motores**: os motores que acionam as válvulas podem ser hidráulicos (servo-mecanismos óleo-dinâmicos), elétricos (motor elétrico ou de eletroimã) ou pneumáticos (tipo diafragma de abertura rápida por ar comprimido ou por vácuo).

- **Válvulas automáticas**: são as válvulas acionadas pelo força do próprio líquido em escoamento, usualmente providas de molas ou pesos.

B) Pela sua função:

- **Válvulas de bloqueio**: projetadas para trabalharem totalmente abertas ou totalmente fechadas, permitindo ou bloqueando o fluxo, respectivamente. As principais válvulas ou registros de bloqueio são:

    - Registros de gaveta: uma vedação acionada por volante, move-se retilineamente ao longo de um assento, no sentido perpendicular à direção do fluxo.

    - Válvulas de esfera (*ball valves*): de fechamento rápido e acionadas por alavanca. A válvula tem forma de esfera com uma passagem central cilíndrica que pode ou não coincidir com a direção das tubulações, permitindo ou bloqueando o fluxo.

    - Válvulas macho (*plug-code valves*): têm uma peça cônica (macho) com um orifício central de seção retangular ou trapezoidal. Funciona igual que uma *ball valve*.

- **Válvulas de regulagem**: projetadas para trabalharem com qualquer abertura, inclusive possibilitando o bloqueio total, estas válvulas controlam o fluxo por estrangulamento do escoamento. As principais válvulas ou registros de regulagem são:

    - Válvulas globo: pela forma de regulagem provocam grandes perdas de pressão. Garantem vedação absoluta em tamanhos pequenos.

    - Registros de pressão: com vedação igual a das válvulas globo ou mediante uma agulha (válvulas de agulha).

    - Válvulas de diafragma: a vedação é provocada por um volante que deforma um diafragma de material elástico (neoprene , teflon).

    - Válvulas de alívio: empregadas para diminuir o efeito do golpe de ariete, abrem em proporção ao aumento da pressão. Funcionam com molas calibradas.

    - Válvulas de controle: usualmente comandadas a distância por instrumentos automáticos ou sensores, controlam o nível, a descarga e a pressão do líquido com alta precisão.

    - Válvulas de descarga ou fluxo (*flush-valve*): caso particular das válvulas de controle, porém acionadas manualmente. Usada para limpeza de vasos sanitários e mictórios individuais.

    - Válvulas de redução de pressão: funcionam automáticamente em virtude da pressão do próprio líquido, regulando o fluxo à jusante da válvula mantendo a pressão dentro de limites preestabelecidos. Trabalha com molas.

- Válvulas de retenção: permitem o escoamento num só sentido. A vedação é fornecida por portinholas ou pistões que fecham quando o fluxo tende a alternar seu sentido. As válvulas de pé e os hidrômetros são casos particulares de válvulas de retenção.

- Registros automáticos: possuem bóias ou flutuadores que se movem em função do nível da água em reservatórios ou caixas de descarga, fechando a entrada quando atingido um nível máximo de operação. São chamados registros de bóia (tamanhos pequenos) ou registros automáticos de entrada (tamanhos maiores).

As Figuras 11, 12 e 13 do Anexo apresentam a maioria das válvulas descritas nesta seção.

1.4.8.4 Caixas de descarga

A função das caixas de descarga é a de armazenar água suficiente para produzir uma descarga apropriada à total limpeza de vasos sanitários. Sua capacidade, até o nível máximo de operação, varia entre 6 e 12 litros.

Pela posição em que se encontram, as caixas de descarga são de três tipos:

- **Caixas de descarga embutidas**: são instaladas embutidas na alvenaria, alinhadas com o vaso sanitário, tendo seu botão acionador localizado a aproximadamente 90 cm do piso. São fabricadas em plástico ou fibro-cimento. Atualmente continuam sendo as mais utilizadas.

- **Caixas de descarga altas ou de sobrepor**: são instaladas sobre o vaso sanitário, a uma altura de aproximadamente 2,0 m, e usualmente fabricadas em plástico. Seu acionamento é feito mediante puxador ou corrente. Embora sejam de fácil manutenção, cada vez são menos utilizadas por questões estéticas e de higiene.

- **Caixas de descarga acopladas**: encontram-se na parte superior do vaso sanitário conformando com ele um único aparelho e sendo, portanto, fabricadas no mesmo material do vaso. Sua utilização é cada vez mais frequente por suas vantagens estéticas e facilidade de manutenção.

1.4.8.5 Bombas

A) Pela natureza do acionamento:

- Bombas de acionamento manual
- Bombas acionadas por motores
- Bombas automáticas
- Bombas auto-reguláveis

B) De acordo a seu princípio de funcionamento, elas se classificam em:

- **Bombas volumétricas:** subdivididas em:
  - De êmbolo ou pistão (alternativas)
  - Rotativas (de engrenagem ou de palhetas)
- **Bombas de escoamento:** subdivididas em:
  - Centrífugas
  - Axiais
- **Bombas diversas:**
  - Injetoras (Tubo Venturi)
  - A ar comprimido
  - Carneiro hidráulico

A bomba mais usada em instalações prediais é a centrífuga, acionada por motor elétrico.

1.4.9 Perdas de carga

As perdas de carga, que na verdade são quedas de pressão, estão diretamente relacionadas com a energia que o líquido irá despender para escoar no encanamento. As perdas dependem de:

- o atrito interno do líquido, isto é, de sua viscosidade;
- a resistência oferecida pelas paredes do conduto em virtude de sua rugosidade e;
- as alterações na trajetória do fluxo impostas pelas conexões e dispositivos instalados.

As perdas de carga são obtidas a partir da chamada perda de carga unitária **J**, que corresponde à queda de pressão provocada em cada metro de tubulação. Um método chamado moderno ou racional, emprega a fórmula de Darcy e Weibach para o cálculo de **J**. Esta fórmula não é muito usada no cálculo prático de perdas de carga, porém é importante do ponto de vista didático porque permite estabelecer relações entre as variáveis envolvidas no problema:

$$\mathbf{J = f \frac{1}{D} \frac{V^2}{2g}}$$

onde: J = perda de carga unitária
D = diâmetro da seção interna da tubulação
V = velocidade de escoamento
f = fator de resistência ou coeficiente de atrito

O fator de resistência f depende de:

- a rugosidade relativa das paredes do encanamento ε**/D** (ε é a rugosidade absoluta).
- o número de Reynolds **Re = V D /** γ, onde $\boldsymbol{\gamma}$ é o coeficiente de viscosidade cinemática que representa o atrito interno molecular do líquido. No regime turbulento Re > 4.000.

Em resumo, **J** depende do material e diâmetro das tubulações, do líquido em escoamento, e da velocidade do fluxo, que por sua vez depende da vazão e do próprio diâmetro do tubo (**V = Q/A**). Como o líquido que nos interessa estudar é conhecido (água), fixando-se o material dos encanamentos (cobre, PVC, aço galvanizado ou ferro fundido), **J** passa a depender unicamente do diâmetro das tubulações (**D**) e da vazão de escoamento (**Q**).

O método mais prático para o cálculo de **J**, e recomendado pela NBR-5626, consiste no uso das fórmulas de Fair-Whipple-Hsiao, ideais para cálculos automáticos (programas ou planilhas eletrônicas). Estas fórmulas relacionam as três variáveis do problema: **J, D** e **Q**.

$$\mathbf{Q = 27{,}113\ J^{0{,}632}\ D^{2{,}596}}$$ para tubulações de aço galvanizado e ferro fundido

$$\mathbf{Q = 55{,}934\ J^{0{,}571}\ D^{2{,}714}}$$ para tubulações de cobre e plástico (PVC)

onde: Q = vazão em m^3/s
D = diâmetro em m
J = perda de carga unitária em mH_2O/m

Para cálculos não automatizados, sugere-se usar os ábacos ou nomogramas de Murilo Pinho, que representam graficamente as fórmulas acima indicadas. A **Figura 2** do Anexo, apresenta o ábaco para o cálculo de perdas de carga unitárias em tubulações de cobre ou plástico (PVC).

Nos ábacos, entra-se com a vazão **Q** em l/s e com o diâmetro **D** em polegadas ou sua referência em mm. Prolonga-se a linha reta que une esses dois valores de entrada e determinam-se as variáveis **V** em m/s e **J** em mH_2O/m.

O cálculo implica o conhecimento prévio da vazão e o diâmetro, isto é, o dimensionamento das tubulações, que será explicado na próxima seção. Por outro lado, se o dimensionamento foi bem realizado, o resultado da velocidade **V** não é importante, pois necessariamente ela estará abaixo do limite da velocidade máxima.

Conceitualmente, as perdas de carga podem ser divididas em dois grandes grupos:

- **Perdas de carga normais ou longitudinais**: que ocorrem ao longo dos trechos retilíneos de encanamento, devidas ao atrito interno do líquido e dele com as paredes da tubulação.
- **Perdas de carga localizadas ou acidentais**: devidas a conexões, peças especiais, válvulas, entrada e saída de caixas e reservatórios, mudança de diâmetro, etc.

As perdas de carga normais são facilmente calculadas multiplicando-se o valor encontrado para **J** pelo comprimento da tubulação em cada trecho de tubulação.

As perdas de carga acidentais são mais complicadas de calcular pois cada tipo de obstáculo estrangula o fluxo e/ou altera sua trajetória de diferente forma. A NBR-5626 facilita os cálculos permitindo o uso dos "**comprimentos equivalentes**" que representam, para cada tipo de obstáculo, o comprimento de tubulação do mesmo diâmetro que provocaria perdas de carga equivalentes. Esses comprimentos, para conexões e registros de PVC e cobre, são apresentados na **Figura 3** do Anexo.

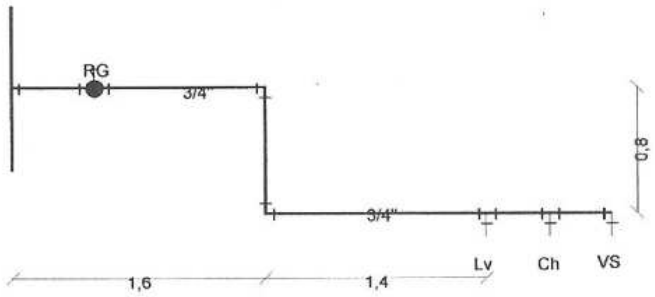
Assim, a perda de carga total provocada por uma conexão, válvula, etc., será obtido multiplicando-se seu comprimento equivalente pelo valor de **J** calculado para o trecho onde está esse obstáculo. Por regra geral, obstáculos que se encontram no limite de dois trechos devem ser considerados no trecho seguinte, isto é, no trecho que nele se inicia.

A seguinte expressão resume o cálculo das perdas de carga totais (em mH_2O) para um trecho de tubulação:

Perdas de carga totais = (Lgeom. + Σ Lequiv.) J

onde Lgeom.= comprimento total do trecho considerado (em m).
Σ Lequiv = somatório dos comprimentos equivalentes dos obstáculos de trecho considerado (em m).
J = perda de carga unitária (em mH_2O/m).

Exemplo: Determinar as perdas de carga totais do trecho AB da instalação mostrada na figura sabendo-se que ele atende 1 lavatório, 1 caixa de descarga de vaso sanitário e 1 chuveiro de uma residência.



Cálculo dos Pesos:

1 lavatório	= 0,5
1 vaso com caixa de descarga	= 0,3
1 chuveiro	= 0,5
	ΣP = 1,3

Aplicando a fórmula de Hunter chega-se a um consumo máximo provável de: Qp = 0,34 l/s.

Cálculo de J:

Entrando no ábaco de Murilho Pinho (Figura 2 do Anexo) com Q = 0,34 l/s e D = ¾", encontra-se → J = 0,11

Cálculo das perdas:

Perdas de carga totais = (Lgeom. + Σ Lequiv.) J

Lgeom = 1,6+0,8+1,4 = 3,8m

Cálculo dos comprimentos equivalentes:

1 Tê de ¾" saída de lado	= 1 x 2,4 = 2,4m
1 Registro de Gaveta ¾"	= 1 x 0,2 = 0,2m
2 joelhos de 90º x ¾"	= 2 x 1,2 = 2,4m
	Σ Lequiv = 5,0m

Perdas de carga totais = (3,8m + 5,0m) * 0,11mH_2O/m = 0,97mH_2O

1.5 Dimensionamento das tubulações

A rigor, dimensionar tubulações significa determinar seu diâmetro. Para tanto, basta determinar a vazão que percorre determinado trecho em função do somatório dos pesos dos pontos de utilização atendidos por esse trecho. Ou seja, basta calcular seu consumo máximo provável (vide Seção 1.4.3).

A **Figura 1** do Anexo mostra um ábaco para determinar a vazão em l/s e o diâmetro em polegadas, ou sua referência em mm, em função do somatório dos pesos. O ábaco é, na verdade, uma representação gráfica da fórmula do consumo máximo provável: $Q = C \sqrt{\Sigma P}$.

Nesse ábaco, as faixas de diâmetros diferentes foram definidas a partir da vazão (consumo máximo provável) e da velocidade máxima (vide Seção 1.4.6), considerando que $A = D^2\pi/4 = Q/V$. Em determinados intervalos, embora um diâmetro seja aceitável, a própria figura sugere passar para o diâmetro imediatamente superior. O motivo são as altas perdas de carga que ocorrem quando o fluxo está próximo de sua velocidade máxima.

Para cálculos automatizados via programa computacional ou planilha eletrônica, o diâmetro pode ser calculado a partir do consumo máximo provável com a seguinte expressão, e aproximando o resultado a uma bitola comercial.

$$\mathbf{D^2\pi/4 = C \sqrt{\Sigma P} / Vmax,}$$

lembrando que Vmax é o menor valor de $14 \sqrt{D}$ ou 2,5 m/s.

A NBR-5626 proíbe incrementar diâmetros no sentido do fluxo. Ou seja, no sentido do fluxo as tubulações só podem manter ou reduzir seu diâmetro.

Adicionalmente, para obter um dimensionamento econômico, os percursos devem ser os mais curtos e retos possíveis, evitando especialmente subidas e descidas em um mesmo trecho de tubulação.

Nos trechos críticos da instalação: barrilete e sub-ramais que servem pontos de utilização altos ou muito afastados, deve-se fazer uma verificação de pressões considerando as perdas de carga. As pressões à montante e à jusante dos trechos do barrilete, colunas de distribuição e ramais que servem os sub-ramais críticos também devem ser avaliadas.

O cálculo de perdas de carga e a verificação de pressões serve para garantir que nos pontos de utilização a pressão dinâmica de serviço seja maior que a mínima permitida (ver Tabela 1.5).

A sequência proposta para dimensionar a rede interna de distribuição é a seguinte:

1) Dimensionar os sub-ramais em função do tipo de ponto de utilização.
2) Dimensionar os ramais em função do seu consumo máximo provável.
3) Dimensionar todos os trechos do barrilete e colunas de distribuição em função do seu consumo máximo provável, calculando perdas de carga e pressões de serviço.
4) Verificar perdas de carga e pressões de serviço nos ramais e sub-ramais críticos.

Em qualquer trecho, se a pressão dinâmica for menor que a mínima permitida, o trecho deverá ser redimensionado com o diâmetro imediatamente superior. Às vezes, isto pode provocar um aumento de diâmetro nos trechos anteriores, pois o diâmetro não pode aumentar no sentido do fluxo.

Posteriormente, e de forma independente, podem ser dimensionadas as tubulações e bomba do sistema elevatório, o ramal predial e o alimentador predial.

1.5.1 Dimensionamento dos sub-ramais

De fato não existe um dimensionamento dos sub-ramais. Seu diâmetro é adotado em função do tipo de peça servida e atendendo os padrões comerciais.

A Tabela 1.8, extraída da NBR-5626, apresenta os diâmetros dos sub-ramais em função do tipo de peça servida pelo ponto de utilização.

Tabela 1.8 – Diâmetro mínimo dos sub-ramais.

Peças de utilização	Diâmetro		
	Roscáveis (pol)	Soldáveis (mm)	DN (mm)
Aquecedor de baixa pressão	¾"	25	20
Aquecedor de alta pressão	½"	20	15
Bacia sanitária com caixa de descarga	½"	20	15
Bacia sanitária com válvula de descarga (*)	1 ¼"	40	32
Banheira, bebedouro, bidê, ducha, chuveiro, filtro, lavatório, pia de cozinha	½"	20	15
Máquina de lavar pratos ou roupa	¾"	25	20
Mictório auto-aspirante	1"	32	25
Mictório de descarga contínua	½	20	15
Tanque de lavar roupa	¾	25	20

(*) Se a pressão estática de alimentação for menor que 30 kPa (3 mH_2O), usar 1 ½" (50 mm soldável).

1.5.2 Dimensionamento dos ramais

Para dimensionar os ramais, a forma mais simples consiste no uso do ábaco da Figura 1 do Anexo. Em primeiro lugar deve-se determinar o somatório dos pesos dos pontos de utilização atendidos por esse ramal. Entra-se no ábaco com esse somatório para obter a vazão ou consumo máximo provável e o diâmetro correspondente, tal como indicado na página anterior.

Em uma etapa posterior deverão ser verificadas as perdas de carga e pressões à montante e à jusante dos ramais que servem os pontos críticos da instalação. Para tanto, antes devem ser dimensionados os trechos do barrilete e das colunas de distribuição e avaliadas suas pressões.

1.5.3 Dimensionamento do barrilete

Existem dois tipos de barrilete em função de o reservatório superior ter um ou mais compartimentos.

Quando o reservatório superior é de câmara única, existirá apenas uma tomada de água. Para cada trecho do barrilete deve ser calculado o somatório dos pesos das peças de utilização atendidos pelas colunas de distribuição servidas por esse trecho, e a partir desse somatório deve ser determinado o diâmetro necessário no ábaco da **Figura 1** do Anexo.

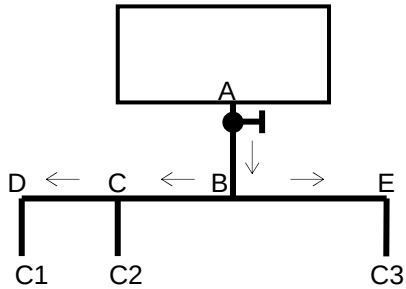


Figura 1.7 – Exemplo de barrilete para reservatório superior de câmara única.

O exemplo da Figura 1.7 mostra um barrilete que atende três colunas de distribuição cujos pesos acumulados são C1, C2 e C3, valores que devem corresponder à soma dos pesos de todos os pontos atendidos pelos sub-ramais ligados direta ou indiretamente a cada coluna.

Os somatórios de pesos para cada trecho do barrilete da Figura 1.7 serão:

Trecho	Somatório dos pesos (Σ P)
AB	C1 + C2 + C3
BC	C1 + C2
CD	C1
BE	C3

Se o reservatório superior tem mais de um compartimento, em cada um deles haverá uma tomada de água. A idéia é que cada uma dessas tomadas seja capaz de atender todas as colunas de distribuição, caso as outras tomadas estejam inutilizadas em decorrência de algum tipo de manutenção dos seus respectivos compartimentos.

Na Figura 1.8 aparece um barrilete ligado a um reservatório de dois compartimentos. O dimensionamento dos trechos externos às tomadas é idêntico ao caso de barrilete com uma única tomada. Já para os trechos entre as tomadas, existe a possibilidade do fluxo trabalhar nos dois sentidos, em função de as duas tomadas ou só uma delas estarem funcionando. No entanto, as situações críticas ocorrerão quando alguma das tomadas estiver inutilizada.

Assim, esses trechos intermediários devem ser dimensionados duas vezes, uma em cada sentido, consideradas duas situações: quando o registro R1 está fechado e todo o serviço é feito através do registro R2, e vice-versa. Das duas situações obviamente será adotado o maior diâmetro.

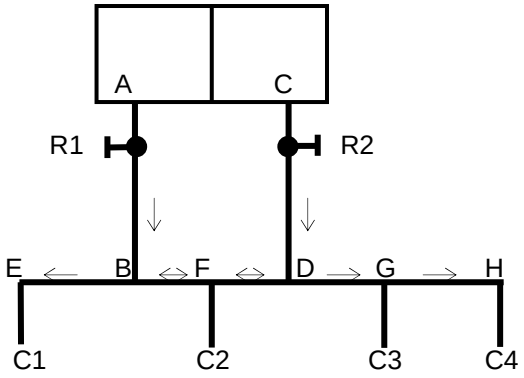


Figura 1.8 – Exemplo de barrilete para reservatório superior com dois compartimentos.

Os somatórios de pesos para o dimensionamento do barrilete da Figura 1.8 serão:

Trecho	Somatório dos pesos (Σ P) R1 aberto e R2 fechado	Somatório dos pesos (Σ P) R1 fechado e R2 aberto
AB	C1 + C2 + C3 + C4	--
CD	--	C1 +C2 +C3 + C4
BE	C1	C1
BF	C2 + C3 + C4	--
FB	--	C1
FD	C3 + C4	--
DF	--	C1 + C2
DG	C3 + C4	C3 + C4
GH	C4	C4

Na tabela, observa-se que os trechos AB e CD são exatamente iguais e portanto basta dimensionar um deles. Por outro lado, a depender dos valores de C1, C2, C3 e C4, provavelmente o trecho BF terá um peso (C2+C3+C4) bem maior que o trecho FB (C1), e portanto sua vazão e seu diâmetro deverão também ser maiores. Porém, o cálculo do trecho FB não deve ser descartado, pois as perdas de carga do percurso CDFB com certeza serão maiores que as do percurso ABF.

Deve-se destacar que os barriletes apresentados nas Figuras 1.7 e 1.8 são apenas exemplos simplificados. Em projetos reais, o barrilete usualmente tem trechos de tubulações e conexões em outras direções que saem do plano dos esquemas mostrados. Nesses casos é conveniente realizar um esquema em perspectiva isométrica, para evitar esquecer algum trecho no cálculo.

Com os pesos acumulados passa-se a determinar a vazão e o diâmetro necessário de cada trecho usando a **Figura 1** do Anexo. Independente do barrilete ter dois ou mais tomadas de água, o próximo passo consiste em calcular as perdas de carga e avaliar as pressões de cada trecho. A pressão à jusante de todos os trechos deve ser maior que 5 kPa (0,5 mH_2O), caso contrário o trecho deve ser redimensionado com um diâmetro maior.

A **Figura 4** do Anexo apresenta uma tabela muito útil para o dimensionamento e verificação de perdas de carga e pressões para trechos de tubulação, sejam do barrilete, colunas de distribuição, ramais ou sub-ramais. A forma de preencher essa tabela é a seguinte:

- **Elemento**: coloca-se o local onde se encontra o trecho (Barrilete, Coluna, Ramal ou Sub-ramal).

- **Trecho**: indica-se a nomenclatura adotada para o trecho (AB, CD, EF, a, b, c, etc.)

- **Σ Pesos Acumulados**: preenche-se com o somatório dos pesos de todos os pontos de utilização servidos pelo trecho, isto é, de todos os pontos adiante do trecho considerando o sentido do fluxo.

- **Vazão (Q)**: é o consumo máximo provável em l/s, calculado com a fórmula de Hunter ou obtido a partir da **Figura 1** do Anexo.

- **Diâmetro (D)**: coloca-se o diâmetro em polegadas obtido da **Figura 1** do Anexo ou calculado como explicado na Seção 1.5 (vide página 14).

- **Velocidade (V)**: anota-se a velocidade em m/s obtida na **Figura 2** do Anexo a partir da vazão (Q) e do diâmetro (D). Na leitura de V no ábaco, lê-se também o valor de J.

- **Perda de Carga / Unitária (J)**: embora apareça depois, é bom preencher esta coluna junto com a velocidade pois J é lida ao mesmo tempo na **Figura 2** do Anexo.

- **Comprimentos equivalentes / Tubulação**: é o comprimento total de tubulação no trecho, em m. Corresponde ao valor de **Lgeom** usado na fórmula das perdas carga (vide página 13).

- **Comprimentos equivalentes / Conexões, registros, etc**.: é o somatório dos comprimentos equivalentes, em m, obtidos na Figura 3 do anexo para todas as conexões, registros, tomadas e saídas de água do trecho. Corresponde ao valor de **Σ Lequiv** usado na fórmula das perdas de carga (vide página 13).

  A conexão final do trecho, usualmente uma Tê ou um Joelho, não deve ser considerada, pois entrará no cálculo dos trechos seguintes.

- **Comprimentos equivalentes / Total**: é a soma simples das duas colunas anteriores.

- **Pressão disponível à jusante**: é a pressão de serviço no ponto final do trecho, em mH_2O, sem considerar as perdas de carga que ocorrem no próprio trecho. Ela deve ser calculada a partir da pressão de serviço à jusante (última coluna) do trecho anterior na rede (não necessariamente na tabela), mais ou menos a diferença de nível entre o início e o final do trecho (mais se o trecho desce, menos se ele sobe).

  Para o primeiro trecho do barrilete (tomada de água), como não existe trecho anterior, a pressão disponível à jusante é apenas a pressão estática no ponto final do trecho que, na situação crítica, corresponde à diferença de nível entre esse ponto e o nível mínimo de operação do reservatório superior.

- **Perda de Carga / Total**: é o produto da perda de carga unitária do trecho (J) pelo valor calculado em Comprimentos equivalentes / Total, lembrando que:

  Perdas de carga totais = (Lgeom. + Σ Lequiv.) J

- **Pressão de serviço à jusante**: é a pressão dinâmica, em mH_2O, no ponto final do trecho, calculada ao subtrair a Perda de carga / Total da Pressão disponível à jusante.

- **Observações**: colocar “OK” se a pressão à jusante for maior que a pressão dinâmica mínima, ou colocar “Redimensionar” em caso contrário. Se o trecho deve ser redimensionado, é ideal que isto seja feito logo na linha seguinte da tabela, antes dos trechos subsequentes da rede.

1.5.4 Dimensionamento da coluna de distribuição e verificação de ramais e sub-ramais críticos

A determinação do diâmetro deve ser feita para todos os trechos das colunas de distribuição, de forma idêntica à utilizada para dimensionar os ramais, porém utilizando linhas da tabela da **Figura 4** do Anexo, conforme explicado na seção anterior.

As perdas de carga e pressões devem ser verificadas apenas nos trechos superiores das colunas de distribuição ou naqueles que atendem ramais ou sub-ramais críticos, seguindo sempre o sentido do fluxo. O processo de cálculo é exatamente igual ao dos trechos do barrilete.

Os sub-ramais críticos, onde é previsível ter problemas de pressão, usualmente são os que atendem pontos de utilização em duas situações:

- Pontos muito afastados, pois as perdas de carga no percurso serão consideráveis.
- Pontos muito altos, pois a pressão estática disponível é pequena em função da reduzida diferença de nível com relação ao reservatório superior. Nessa categoria se enquadram os chuveiros do pavimento superior, ou qualquer chuveiro nos prédios de um pavimento.

Os ramais que servem sub-ramais críticos e eles próprios, devem ser avaliados para verificar suas perdas de carga e pressões de serviço. Cada trecho ocupará uma linha da tabela da **Figura 4** do Anexo, na ordem que corresponda ao sentido do fluxo.

Para os ramais a pressão de serviço ou dinâmica mínima é de 5 kPA (0,5 mH_2O). Para os sub-ramais este limite pode ser mais crítico, conforme mostrado na Tabela 1.5 (vide página 11).

Se na verificação de ramais e sub-ramais surgir a necessidade de redimensionar algum trecho, é importante observar se é preciso ou não aumentar diâmetros de trechos anteriores, pois nesse caso esses trechos devem ser redimensionados antes que o próprio trecho que provocou a mudança.

1.5.5 Dimensionamento do sistema elevatório

O sistema elevatório é formado pela tubulação de sucção, a bomba e a tubulação de recalque, incluídos todos os registros, válvulas e conexões nelas instalados.

O dimensionamento do sistema elevatório se baseia no seu objetivo: levar água do reservatório inferior para o reservatório superior, com vazão suficiente para atender a demanda de consumo do prédio. Assim, durante o tempo total que o sistema estiver funcionando em um dia, o volume a ser elevado será pelo menos igual ao consumo diário (Cd). Mas é razoável supor que o sistema não funcionará de forma contínua, mas apenas um determinado número de horas (Nh) por dia.

Portanto, a vazão mínima que percorrerá os três elementos do sistema elevatório é:

$$\mathbf{Q = \frac{Cd}{Nh}}$$

onde: Cd = consumo diário, calculado conforme a seção 1.4.1
Nh = número de horas de funcionamento da bomba por dia

A escolha do valor de Nh determinará o nível de conforto e de economia da instalação e influenciará diretamente nas bitolas das tubulações de recalque e sucção e na potência da bomba. A escolha de um valor alto de Nh significa que a bomba funcionará mas tempo por dia o que pode ocasionar certo desconforto e, embora leve a um dimensionamento econômico, pode encurtar a vida útil da bomba. Por outro lado, valores muito baixos de Nh, embora possam acarretar conforto, aumentam o custo da instalação. É claro que uma bomba que trabalha menos horas por dia terá uma vida útil maior.

A NBR-5616 estabelece indiretamente um limite máximo de 6,67 horas por dia para Nh. O limite mínimo de Nh não é fixado pela norma mas, para não encarecer demasiado o custo inicial da instalação, sugere-se um valor mínimo de 2 horas por dia. Entre esses limites a escolha deverá considerar os aspectos citados acima, além do tipo de ocupação do prédio e seu padrão social.

$$2 \text{ horas} \leq \mathbf{Nh} \leq 6{,}67 \text{ horas}$$

Escolhido o valor de Nh e calculada a vazão do sistema elevatório, passa-se a dimensionar o recalque e a sucção, isto é, a determinar seus diâmetros. As perdas de carga que ocorrem ao longo do sistema elevatório serão levadas em conta na hora de dimensionar a bomba.

- **Dimensionamento do recalque**

O diâmetro do recalque é determinado com a fórmula de Forchheimer:

$$\mathbf{Dr = 1{,}3\ \sqrt{Q}\ \sqrt[4]{x}}$$ onde: Dr = diâmetro do recalque em m
Q = vazão do sistema elevatório em m³/s
x = Nh / 24 (fração do dia em que o sistema funcionará)

- **Dimensionamento da sucção**

Conforme a NBR-5626, para a tubulação da sucção deve-se adotar, no mínimo, a bitola ou diâmetro imediatamente superior ao do recalque (Ds > Dr).

- **Dimensionamento da bomba**

Dimensionar a bomba significa determinar sua potência comercial necessária para vencer a altura geométrica entre a sucção e a saída no reservatório superior, mais as perdas que ocorrem ao longo do sistema elevatório.

A Figura 1.9 apresenta um esquema simplificado com os elementos típicos de um sistema elevatório. Nela, destacam-se os seguintes elementos:

Hes = altura estática da sução
Her = altura estática do recalque
He = altura estática total do sistema elevatório

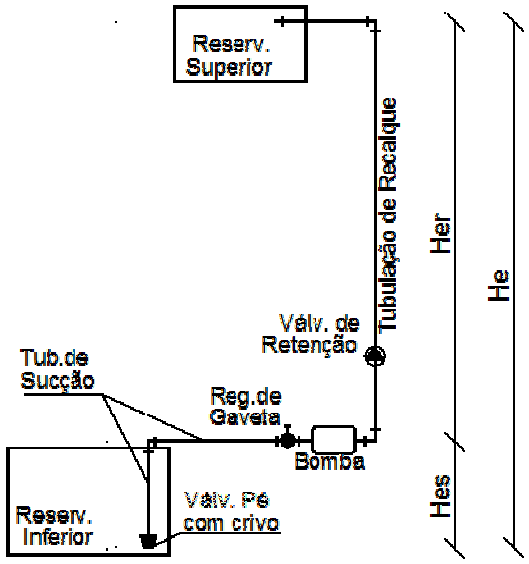


Figura 1.9 – Esquema de um sistema elevatório simplificado.

Partindo do princípio de conservação da energia e utilizando o trinômio de Bernoully, pode-se mostrar que:

$$\mathbf{Hman = He + Hperdas}$$ onde: Hman = altura manométrica equivalente à pressão que a bomba irá introduzir no sistema.
He = altura estática total do sistema elevatório
Hperdas = altura, em m de água, correspondente às perdas de carga no sistema elevatório.

O cálculo de Hperdas pode ser dividido em duas parcelas: Hps (perdas de carga na sucção) e Hpr (perdas de carga no recalque), que devem ser avaliadas considerando o comprimento total geométrico e todos os registros, válvulas, conexões, etc. previstos para esses dois elementos. Assim, a expressão final para o cálculo de Hman é:

Hman = Hes + Her + Hps + Hpr

A potência da bomba deve ser suficiente para elevar a vazão do sistema elevatório vencendo, pelo menos, a altura manométrica. Sabendo-se que a potência é o trabalho ou energia gastos por unidade de tempo, e que esse trabalho corresponde ao produto da força (peso de água) pela distância (Hman), feitas as transformações de unidades correspondentes chega-se a:

$$P\,(CV) = \frac{1.000\ Hman\ Q}{75\ \eta}$$

onde: P(CV) = potência nominal da bomba em cavalos vapor (CV)
Hman = altura manométrica em m.
Q = vazão do sistema elevatório em m³/s
η = rendimento do conjunto motor-bomba

O rendimento do conjunto motor-bomba é a relação entre a potência efetiva da bomba e sua potência nominal ou comercial. Este fator considera as perdas de energia internas do motor e/ou da bomba, especialmente daquela energia que se transforma em calor. Para a maioria das bombas o rendimento varia entre 40% e 60%, e pode ser determinado em função da pressão e da vazão, em catálogos técnicos das próprias bombas.

Comercialmente as bombas são vendidas em função de sua potência nominal em CV (cavalo vapor) ou HP (Horse Power) que representam praticamente a mesma coisa: 1CV = 0,986 HP. A série comercial para CV ou HP é: ¼, ⅓, ½, ¾, 1, 1 ½, 2, 3, 4, 5, etc.

Eventualmente outras unidades podem ser usadas para indicar a potência nominal de um conjunto motor-bomba, valendo as seguintes relações:

1 CV = 75 kg m /s = 735,5 Watts
1 Watt = 0,102 kg m /s

1.5.6 Dimensionamento do alimentador predial e do ramal predial

O alimentador predial deve ser dimensionado em função do sistema de distribuição utilizado:

- Sistema direto de distribuição: o alimentador faz parte da rede de distribuição. A vazão utilizada para o dimensionamento é calculada a partir do somatório dos pesos de todas as peças de utilização do prédio e aplicando a fórmula de Hunter (consumo máximo provável do prédio).

$$Q = C\sqrt{\Sigma P}$$

- Sistema indireto de distribuição sem bombeamento: a vazão mínima para o alimentador predial deve atender ao consumo diário do prédio no período de 24 horas.

$$Q = Cd / 24h$$

- Sistema indireto de distribuição com bombeamento: o diâmetro do alimentador predial deve ser o mesmo do ramal predial.

O diâmetro do ramal predial é determinado pela empresa fornecedora do serviço em função da demanda prevista do prédio e dos diâmetros da rede pública de abastecimento. Sugere-se um diâmetro mínimo para o ramal predial de ¾" . No entanto, algumas concessionárias utilizam diâmetros menores (½"), especialmente para conjuntos populares ou residências pequenas.

1.5.7 Exemplo de dimensionamento das tubulações

As **Figuras 5, 6, 7** e **8** do Anexo apresentam os esquemas de cálculo para um exemplo de dimensionamento das tubulações a ser desenvolvido na sala de aula.

1.6 Simbologia e Projeto de uma Instalação Hidráulica

Nos desenhos de um projeto de instalações hidráulicas é necessário utilizar uma simbologia que permita interpretar de forma inequívoca todos seus elementos. Em alguns casos, junto a cada símbolo gráfico convém acrescentar alguma abreviatura que facilite ainda mais a interpretação.

Um **Projeto de Instalações Hidráulicas** completo, consta dos seguintes elementos:

a) **Memorial descritivo**: é uma explicação textual e resumida dos principais critérios, normas e hipóteses de cálculo adotados para a realização do projeto. Este item, a depender da concessionária, não é exigido para edificações de pequeno e médio porte.

b) **Memória de cálculo**: contém de forma organizada e numa sequência lógica todos os elementos matemáticos do projeto: dados levantados, tabelas utilizadas, cálculos numéricos, resultados. Mesmo que não seja exigida sua apresentação, a memória é fundamental para o projetista se proteger na eventualidade de algum problema posterior na instalação.

c) **Parte gráfica**: é o conjunto de pranchas necessárias para o total entendimento e execução da instalação projetada. A legenda com a simbologia utilizada deve aparecer em todas as pranchas. O número de desenhos e pranchas dependerá do tipo e tamanho de projeto, sendo os principais os seguintes:

   - Planta baixa com o traçado das tubulações (para cada pavimento tipo). No térreo pode constar a posição do reservatório inferior e da bomba. O reservatório superior pode aparecer projetada no último pavimento.

   - Esquema vertical geral mostrando o sistema elevatório, os dois reservatórios, as colunas de distribuição e os principais, indicando alturas. Este desenho não é indispensável em residências de um ou dois pavimentos.

   - Vistas isométricas das instalações correspondentes a cada coluna de distribuição em cada pavimento tipo.

   - Vista isométrica do reservatório superior e do barrilete.

   - Esquemas verticais das instalações em paredes (banheiros, cozinhas, áreas de serviço).

   - Outros detalhes acordados com o cliente.

d) **Especificações técnicas**: compreendem a especificação dos materiais e descrição dos procedimentos construtivos necessários para o correto funcionamento da instalação. Quando exigidas, as especificações, junto com a memória de cálculo, servem como escudo de defesa do projetista perante eventuais problemas futuros.

e) **Quantitativo de materiais**: é uma listagem com as quantidades de tubos, conexões, registros, válvulas e bombas, classificados por diâmetros. Pode ser usado para orçar a instalação ou apenas para facilitar a compra e controle de materiais na obra.

f) **Orçamento**: Ela pode formar parte do projeto hidráulico, ou feito posteriormente por quem irá construir a instalação. O orçamento pode ser feito de duas formas:

   - Por preço global: somando-se o preço dos materiais obtido do quantitativo mais o preço de mão de obra global acordado (incluídos equipamentos e ferramentas)

   - Por preço unitário: faz-se uma composição de preços para a instalação de cada tipo de ponto de utilização que inclua materiais, mão de obra e ferramentas. O orçamento é feito em função do número de pontos de cada tipo a serem executados.

UNIDADE II – INSTALAÇÕES DE ESGOTOS SANITÁRIOS E DE ÁGUAS PLUVIAIS

2.1 Introdução e Terminologia

A instalação predial de esgotos sanitários destina-se a coletar e afastar da edificação todos os despejos provenientes do uso de água para fins higiênicos, encaminhando-os a um destino apropriado.

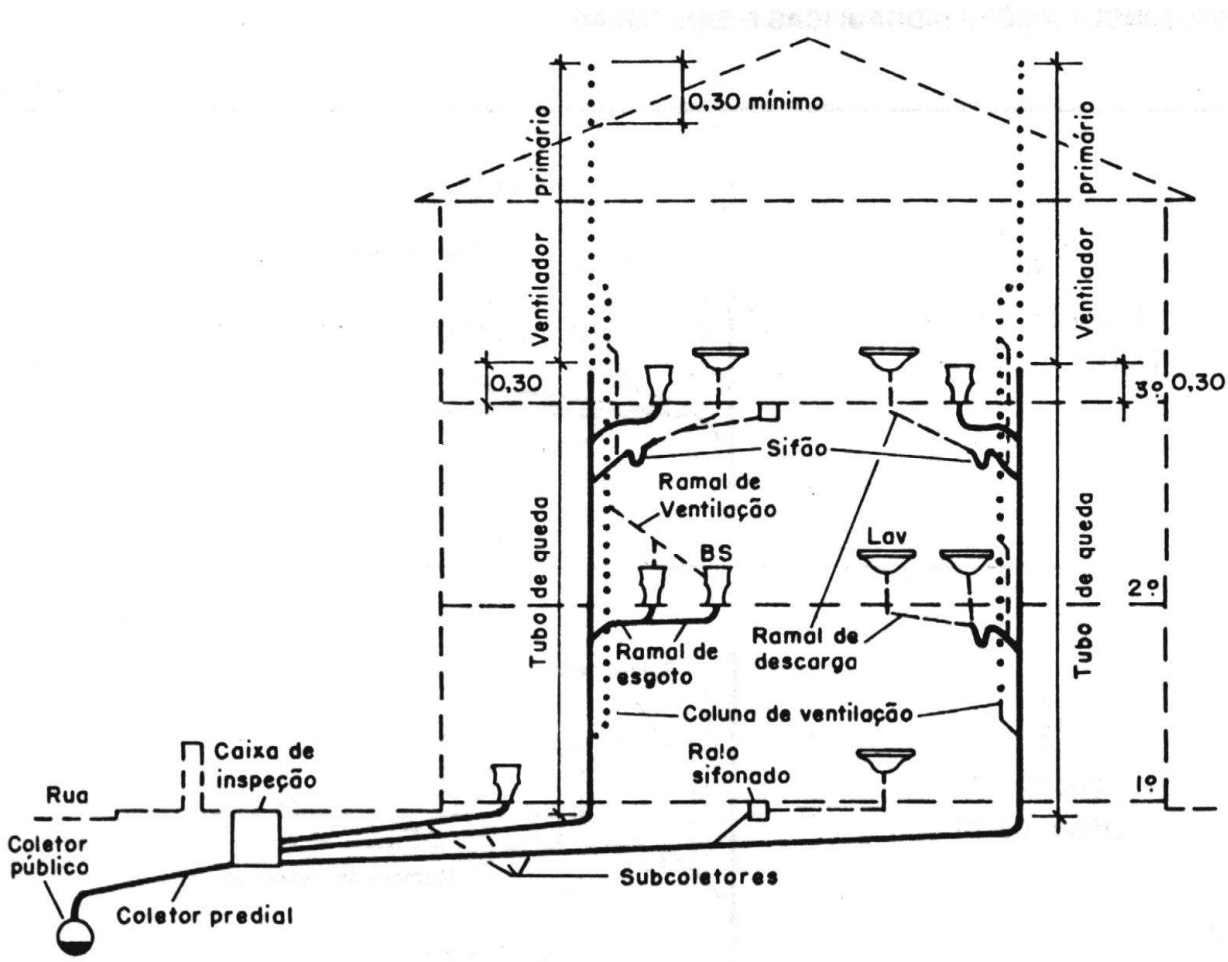
A norma que rege as instalações de esgotos sanitários é a NBR-8160/83. Segundo essa norma, as instalações devem ser projetadas e executadas de modo a:

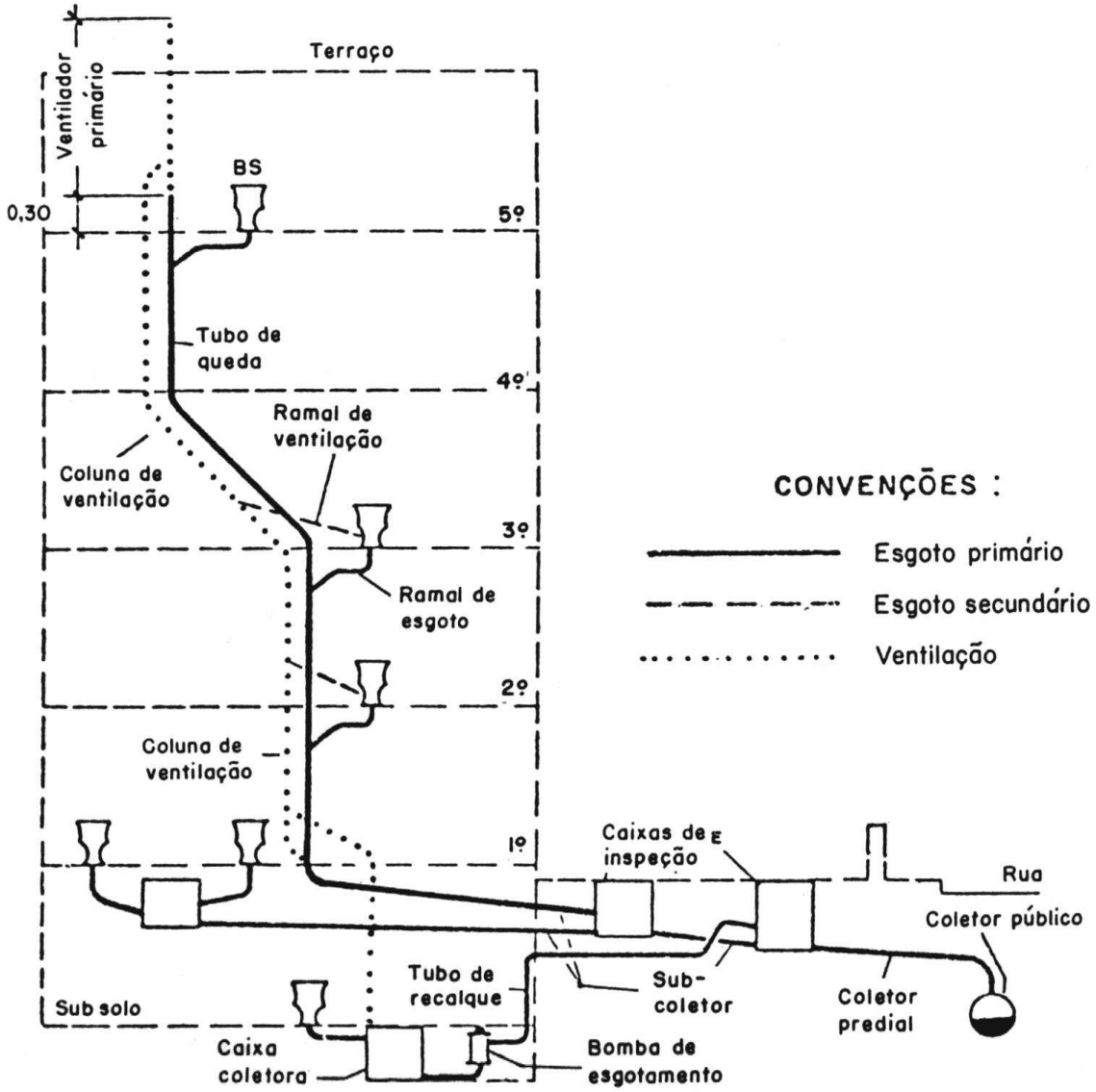
a) permitir rápido escoamento dos esgotos sanitários e facilitar eventuais desobstruções;
b) vedar a passagem de gases e animais das tubulações para o interior das edificações;
c) não permitir vazamentos, escapamentos de gases e formação de depósitos no interior das tubulações;
d) impedir a poluição da água potável.

O destino final do esgoto sanitário pode ser em rede pública de coleta de esgotos sanitários ou, na falta desta, em sistema particular.

A instalação de águas pluviais deve ser independente da rede de esgoto, porém seu estudo é incluído no final deste capítulo, pelo tipo de escoamento (laminar) similar ao da instalação de esgotos.

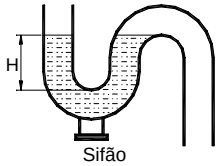
Terminologia Fundamental



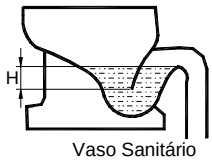


- Aparelhos sanitários: aparelhos ligados à instalação predial e destinado ao uso de água para fins higiênicos ou para receber dejetos e águas servidas (vaso sanitário, lavatório, banheira, etc.)
- Ramal de descarga (RD): é a canalização que recebe diretamente efluentes de um aparelho sanitário.
- Ramal de esgoto (RE): tubulação que recebe efluentes de ramais de descarga ou de vasos sanitários.
- Tubo de queda (TQ): tubulação vertical que recebe efluentes de ramais de descarga e ramais de esgoto.
- Subcoletores (SC): tubulação que recebe efluentes de um ou mais tubos de queda ou de ramais de esgoto no térreo.
- Caixas de inspeção (CI): caixa destinada a permitir a limpeza, inspeção e desobstrução das tubulações, no térreo.
- Coletor predial: trecho da tubulação compreendida entre a última caixa de inspeção ou inserção de subcoletor, ramal de esgoto ou de descarga e o coletor público ou sistema particular de tratamento de esgoto.
- Coletor público: tubulação pertencente ao sistema público de esgotos sanitários e destinada a receber e conduzir os efluentes dos coletores prediais.
- Fossa séptica (FS): unidade de sedimentação e digestão, de fluxo horizontal e funcionamento contínuo destinada ao tratamento primário do esgoto sanitário.
- Sumidouro: cavidade destinada a receber o efluente do dispositivo de tratamento primário (fossa séptica) e permitir sua infiltração no solo.

- Instalação primária de esgotos: tubulações e dispositivos em contato com gases provenientes do coletor público, de canalizações onde escoam materiais orgânicos que possam produzi-los ou dos dispositivos de tratamento.
- Instalação secundária de esgotos: tubulações e dispositivos protegidos por desconectores contra o acesso de gases das tubulações primárias.
- Desconector: dispositivo provido de fecho hídrico para vedar a passagem dos gases.
- Fecho hídrico: camada líquida que, em um desconector, veda a passagem dos gases.
- Altura do fecho hídrico: profundidade da camada líquida, medida entre o nível de saída do desconector e o ponto mais baixo da parede ou colo inferior que separa os compartimentos ou ramos de entrada e saída do aparelho.



Sifão



Vaso Sanitário

- Tubo ventilador (TV): tubo que permite o escoamento de ar da atmosfera para circular no interior da instalação protegendo o fecho hídrico dos desconectores de ruptura por aspiração e compressão, e o encaminhamento dos gases para a atmosfera.
- Tubo ventilador primário (VP): prolongamento do tubo de queda acima do ramal mais alto a ele ligado e com extremidade superior aberta a atmosfera, situada acima da cobertura.
- Coluna de ventilação (CV): tubo ventilador vertical que percorre um ou mais andares e cuja extremidade é aberta à atmosfera ou ligada a ventilador primário ou a barrilete de ventilação.
- Barrilete de ventilação (BV): tubulação horizontal com saída para a atmosfera em um ponto e destinado a receber dois ou mais tubos ventiladores.
- Ramal de ventilação (RV): tubo ventilador que liga o desconector ou ramal de descarga de um ou mais aparelhos sanitários a uma coluna de ventilação ou a um ventilador primário.

Terminologia Complementar

- Bujão (B): peça de inspeção adaptável à extremidade da tubulação ou conexão, ou a dispositivos sifonados.
- Caixa Coletora (CC): caixa onde se reúne o esgoto líquido que exige elevação mecânica.
- Tubulação de recalque: tubulação que recebe esgoto diretamente de dispositivos de elevação mecânica.
- Caixa retentora de gordura (CG): caixa destinada a separar as gorduras da água. Elas terão sempre um fecho hídrico não sifonável e deverão ser fechadas hermeticamente, com tampa removível.
- Caixa sifonada (CS): caixa dotada de fecho hídrico destinada a receber efluentes da instalação secundária de esgotos, exceto os de vasos sanitários.
- Diâmetro nominal (DN): número que serve para classificar os tubos e conexões, e que corresponde aproximadamente ao diâmetro interno da tubulação em mm.
- Peça de inspeção: dispositivo para inspeção, limpeza e desobstrução das tubulações.
- Ralo seco ou comum (RC): caixa dotada de grelha na parte superior, destinada a receber águas de lavagem de pisos ou de chuveiros.
- Ralo sifonado (RS): caixa sifonada dotada de grelha.
- Sifão (S): desconector destinado a receber efluentes da instalação de esgotos sanitários, com fecho hídrico para vedar a passagem dos gases.
- Tubo horizontal: qualquer trecho de tubulação instalada em posição horizontal ou que faça ângulo menor que 45º com a horizontal.
- Tubo vertical: qualquer trecho de tubulação instalada em posição vertical ou que faça ângulo menor que 45º com a vertical.
- Tubo operculado (TO): peça de inspeção em forma de tubo provido de abertura lateral com tampa removível.
- Unidade Hunter de Contribuição (UHC): fator probabilístico numérico que representa a freqüência habitual de utilização associada à vazão típica de cada uma das peças de um conjunto heterogêneo de aparelhos em funcionamento simultâneo em hora de contribuição máxima ("peso" de cada tipo de aparelho).

2.2 Sistemas Públicos de Esgoto

Os esgotos são, ou deveriam, ser, lançados na rede de esgotos da cidade. Esta rede pode ser construída com um dos seguintes sistemas:

a) **Sistema unitário**: as águas pluviais e as águas servidas são conduzidas numa mesma canalização ou galeria.

b) **Sistema separador absoluto**: duas redes inteiramente independentes, uma para águas pluviais e outra para águas servidas.

c) **Sistema misto ou separador combinado**: as águas de esgoto têm canalizações próprias mas estes condutos estão instalados dentro das galerias das águas pluviais. Também se designa como sistema misto ou parcial aquele em que a rede de esgotos recebe a parte das águas pluviais provenientes dos telhados e pátios.

Em Aracaju o sistema é, ao menos teoricamente, separador absoluto. Tanto que o esgotamento do esgoto está a cargo da DESO e a drenagem pluvial é feito pela EMURB. No entanto, na prática é permitido que, na falta de rede de esgoto num determinado setor, as águas servidas sejam entregues ao sistema de drenagem pluvial, desde que tratadas previamente mediante fossa séptica e filtro.

Além dessa situação indesejável, existem várias ligações clandestinas de esgoto na rede de drenagem pluvial e o resultado é a contaminação das galerias e canais que cruzam a cidade, com seu característico mal cheiro, assim como dos rios onde essas águas são lançadas.

De qualquer forma, para não contribuir no agravamento do problema, sugere-se separar a nível predial as instalações de águas pluviais e de esgotos, despejando cada uma na rede pública correspondente.

2.3 Peças Sanitárias e Dispositivos da Instalação de Esgoto

Além das tubulações e conexões que serão descritos mais adiante, os principais elementos que compõem o sistema predial de esgotos sanitários são:

a) Aparelhos sanitários
b) Desconectores
c) Elementos de inspeção
d) Caixas retentoras

Os dispositivos de descarga (caixas e válvulas) são usualmente considerados como sendo parte da instalação hidráulica (vide Seção 1.6.4). Porém, por estarem em contato, mesmo que momentaneamente, com as águas servidas do vaso sanitário, eles também podem ser considerados parte do sistema de esgoto.

a) Aparelhos sanitários

Do ponto de vista do projeto da instalação de esgoto consideram-se aparelhos sanitários os vasos sanitários, lavatórios, bidês, mictórios, banheiras, pias, tanques de lavar roupa, bebedouros, máquinas de lavar roupa, máquinas de lavar pratos, ralos de piso e qualquer outro dispositivo que receba dejetos e águas servidas e que esteja conectado à instalação predial de esgotos sanitários.

A NBR-8160 estabelece que todo aparelho sanitário deve permitir fácil limpeza e desobstrução, e impedir a contaminação da água potável.

Com exceção dos vasos sanitários, que estão dotados de fecho hídrico, todos os demais aparelhos sanitários devem ser providos de grelhas ou crivos nos orifícios de saída, para impedir a intromissão de corpos sólidos que possam obstruir as tubulações.

Existem normas específicas da ABNT para cada tipo de aparelhos sanitário. Atendidas essa normas, as diferenças existentes no mercado são puramente estéticas ou de conforto. Porém, no caso dos vasos sanitários existem dois tipos funcionalmente diferentes:

- Comuns ou não aspirantes: o arrastamento dos despejos é provocado somente pela ação da água de lavagem. Podem ter sifão interno ou externo e devem ter um orifício de ventilação no colo do desconector.

- Auto-aspirantes ou auto-sifonados: o arrastamento dos despejos é reforçado por uma aspiração ocasionada pela disposição de canais internos ao vaso. Têm um fecho hídrico mais profundo que os comuns, dispensando a ventilação externa direta.

b) Desconectores

São dispositivos destinados à proteção do ambiente interno contra a ação dos gases emanados das canalizações. Esta proteção se consegue mediante o fecho hídrico.

Os desconectores fazem parte do esgoto primário encontrando-se nos próprios aparelhos sanitários (vasos sanitários) ou no encontro dos ramais de descarga com os ramais de esgoto. Os três tipos de desconectores são:

- **Sifões**: normalmente instalados na saída de pias e lavatórios se apresentam em duas formas: sifã1o em U (vide Figura 2.3) e sifão reto ou de copo.

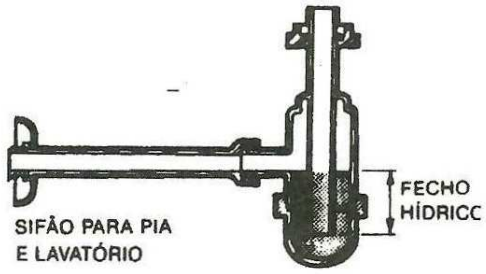


Figura 2.4 – Sifão de copo para pia e lavatório.

- **Caixas sifonadas (CS)**: circulares ou retangulares, com tampa grelhada ou cega, podem receber dejetos de lavagens de pisos e de ramais de descarga laterais.

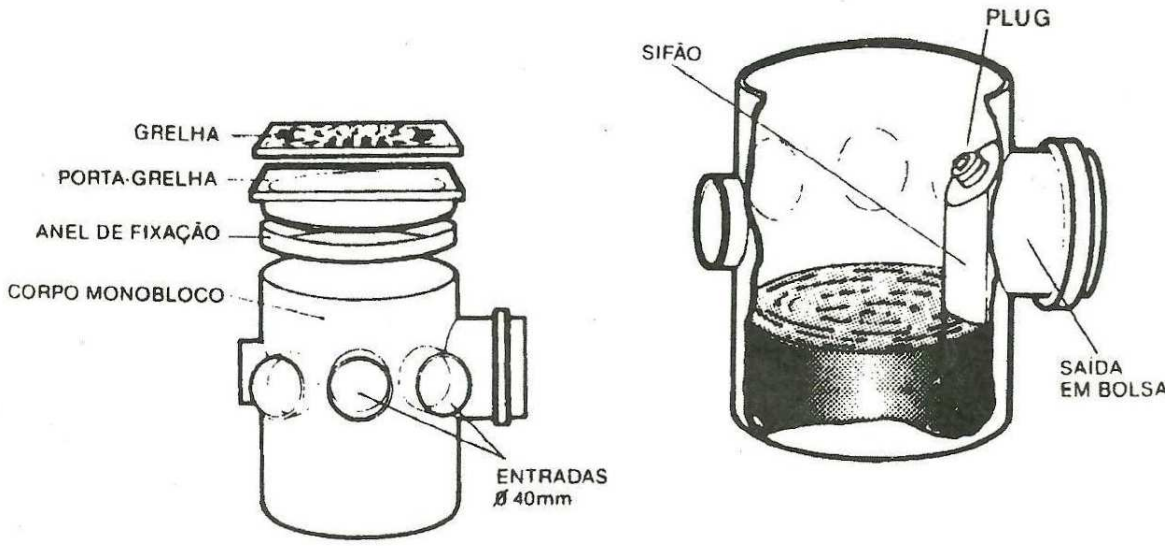


Figura 2.5 – Caixa sifonada monobloco.

A seguinte tabela apresenta os diferentes tipos de caixas sifonadas fabricadas pela TIGRE:

Tabela 2.1 – Caixas sifonada monobloco fabricadas pela TIGRE.

Bitola da Caixa (mm)	Altura da Caixa (mm)	Diâmetro da saída DN	Quantidade de entradas DN 40
100	100	40	1
100	100	50	1
100	150	50	3
150	150	50	7
150	185	75	7
250	172	50	3

- **Ralos sifonados (RS)**: recebem água unicamente de lavagem de pisos ou chuveiros através de tampas grelhadas. Pela forma se classificam em cilíndricos, cônicos e quadrados. A conformação do fecho hídrico é diferente em função da saída ser lateral ou inferior.

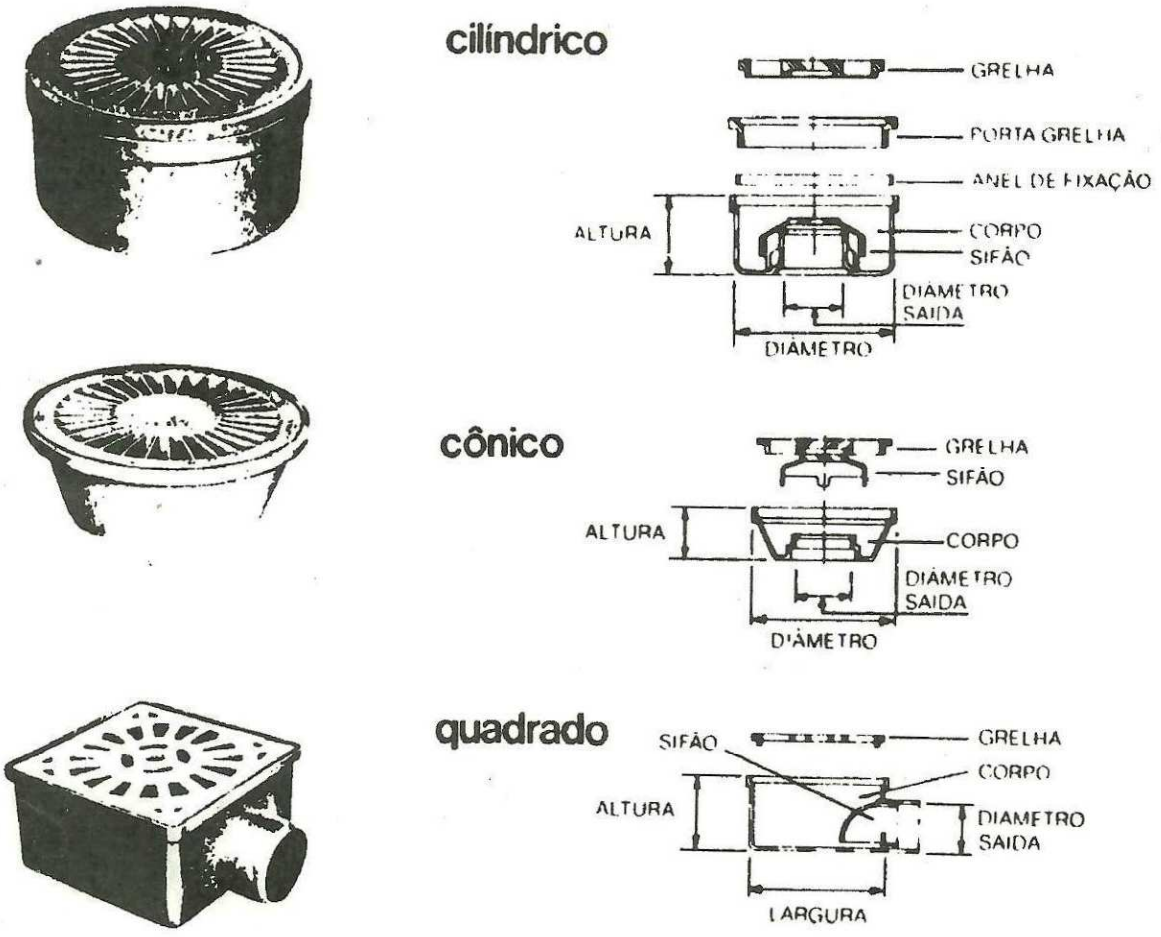


Figura 2.6 – Ralos sifonados.

c) Elementos de inspeção

São dispositivos e elementos destinados à inspeção, limpeza e desobstrução das instalação de esgoto.

Para localizar os elementos de inspeção deve-se considerar a seguinte norma: "A distância máxima entre ramais de descarga, ramais de esgoto de vasos sanitários, caixas retentoras e caixas sifonadas, entre si e com relação aos elementos de inspeção é de 10 m. "

Os tipos de elementos de inspeção são:

- **Bujões**: providos de rosca, são tampas herméticas e removíveis utilizadas em sifões, caixas e ralos sifonados, ou diretamente conectados às tubulações.

- **Tubo operculado (TO)**: peça de inspeção em forma de tubo provida de abertura lateral com tampa hermética porém removível (bujão). Também conhecidos como tubos com visita lateral, devem ser instalados junto às curvas de tubos de queda sempre que elas fiquem inatingíveis pelas varas de limpeza. Também são usados em septos de caixas sifonadas ou no colo inferior de sifões em U.

- **Caixas de passagem (CP)**: caixas dotadas de grelha ou tampa cega destinadas a receber água da lavagem de pisos e afluentes de tubulação secundária de uma mesma unidade autônoma. As dimensões mínimas são h = 10cm, l ou ∅ = 15 cm.

  Não podem receber despejos fecais e se receberem despejos de pias ou mictórios deverão contar com tampas cegas herméticas.

  Devem permanecer sempre secas, portanto a tubulação de saída estará no nível do fundo da caixa.

- **Caixas de inspeção (CI)**: caixas destinadas a permitir a inspeção, limpeza e desobstrução das tubulações no nível do térreo ou, eventualmente, em subsolos. Por formarem parte do sistema primário de esgoto, suas tampas serão herméticas porém removíveis, sendo recomendável localizar as caixas nas áreas não construídas do terreno.

  As CI podem ser construídas em concreto, alvenaria revestida ou pré-moldadas. Sua altura máxima será de 1,0 m, seção quadrada com 60 cm de lado ou circular com diâmetro mínimo de 60 cm (medidas internas). Devem permanecer sempre secas, portanto a tubulação de saída coincidirá com o fundo da caixa.

  Deve se contar com uma CI em todos os pontos de reunião de sub-coletores e ramais de esgoto, e em aqueles onde é necessária uma mudança de direção ou de declividade. De qualquer forma, a distância máxima entre CI's é de 25 m, e entre a última CI e o coletor público ou a fossa séptica, de 15m.

  Em prédios com mais de 5 pavimentos, a CI deve estar a pelo menos 2 m do tubo de queda.

- **Poços de visita (PV)**: embora mais usados em redes públicas de esgoto, os PV deverão ser usados também em instalações prediais no lugar das caixas de inspeção quando sua profundidade ultrapassar uma altura de 1,0 m.

  O lado ou diâmetro mínimo dos PV é de 1,10 m, com tampa hermética e removível de no mínimo 50 cm e degraus interiores para permitir a visita e manutenção.

d) Caixas retentoras

Caixas projetadas para separar e reter substâncias indesejáveis às redes de esgoto sanitário. Enter as mais conhecidas estão:

- Caixas retentoras de areia (CA ou CRA): usadas em instalações de águas pluviais.
- Caixas retentoras de óleo (CO ou CRO) : usadas em postos de serviço e lavagem de carros e em algumas industrias.
- Caixas retentoras de gordura (CG ou CRG): obrigatórias em instalações de esgoto residenciais.

Uma caixa será capaz de reter alguma substância se a parte inferior da tubulação de saída estiver a uma determinada altura acima do fundo da caixa. Essa altura determinará a capacidade de retenção dessa caixa.

Mais adiante, na Seção 2.4.2, descreve-se com detalhe a forma e utilização das caixas retentoras de gordura.

2.4 Materiais utilizados na instalação de esgoto

Até poucos anos atrás as instalações prediais e públicos de esgoto sanitário utilizavam os seguintes tipos de encanamentos: manilhas de barro, tubos e conexões de ferro fundido, tubos e conexões de cimento-amianto (fibrocimento) e tubos de chumbo. As caixas sifonadas eram fabricadas em ferro fundido, cerâmica vidrada, cimento, cobre e fibrocimento.

Atualmente, especialmente para instalações prediais de esgoto, se utiliza unicamente tubos, conexões, ralos e caixas sifonadas de PVC rígido, cujas vantagens comparativas são as seguintes:

- facilidade de execução
- leveza e custo mais reduzido
- grande resistência à corrosão
- resistência mecânica uniforme e suficiente para escoamento por gravidade (sem pressão)
- durabilidade similar ao tempo de vida útil das edificações
- resistência química apropriada contra os efluentes que usualmente compõem o esgoto (detergentes, gorduras e outros)
- boa resistência à temperatura (suporta até 50° C).

Nesta seção descrevem-se brevemente as características dos tubos e conexões de esgoto. Os ralos e caixas sifonadas já foram descritos na Seção 2.3.

Os tubos e conexões de PVC rígidos são fabricados de acordo com a norma NBR-5688, na cor branca, sendo que os tubos são fornecidos em comprimentos de 3m e 6m, com extremidades em ponta e bolsa.

Os tubos e conexões podem ser instalados com dois tipos de juntas: soldável ou elástica. Em qualquer caso a ordem lógica de encaixamento de pontas em bolsas deve ser no sentido do escoamento, para garantir assim estanqueidade das juntas.

As juntas soldáveis são feitas com adesivo plástico, aplicado após limpeza das superfícies com solução limpadora. O procedimento é exatamente igual ao utilizado nas tubulações de PVC soldável para água fria (vide página 22).

As juntas elásticas são feitas com a utilização de pasta lubrificante e anel de borracha. Estas juntas são recuperáveis e ajudam a absorver as possíveis dilatações dos tubos ou pequenos deslocamentos e recalques da estrutura do prédio.

A linha de esgoto primário, com diâmetros nominais DN50, DN75, DN100 e DN150, apresenta os dois tipos de juntas, sendo que nunca deve-se usar os dois sistemas (adesivo e anel) na mesma junta. Já a linha de esgotos secundários, com diâmetro nominal DN40, só permite o uso de junta soldável.

As conexões mais utilizadas na rede de esgoto são:

- **Curvas e Joelhos de 45° e 90°** : permitem realizar desvios e são usadas também antes das junções. Ë aconselhável o uso de curvas ao invés de joelhos, por apresentarem menores possibilidades de entupimento.

- **Curva 87°30' curta com bolsas**: utilizadas nos pés dos tubos de queda, elas têm um reforço adicional na espessura da parede, para suportar impactos provocados pela queda de resíduos sólidos. O ângulo de 87°30'permite que se dê à tubulação horizontal, a ela ligada, uma declividade apropriada sem ter que dobrar o tubo junto à bolsa.

- **Curvas e joelhos com visita**: têm a finalidade de reunir esgotos provenientes de duas direções diferentes, funcionando como junção com redução. Servem também para ligar a ventilação à canalização de esgoto nos pontos de mudança de direção. Finalmente, as visitas poderão também servir como inspeção, tampando-a com um plug.

- **Junções simples**: são usadas tanto na vertical como na horizontal, para coletar fluxo de esgoto de canalizações que se interligam a 45°.

- **Junções invertidas**: são usadas para ligar ramais de ventilação às colunas de ventilação e para fazer ligações intermediárias entre a coluna de ventilação e o tubo de queda.

- **Tês sanitários**: servem para ligar ramais de esgoto ou de descarga aos tubos de queda. Os tês podem ter diâmetro reduzido na entrada central, que termina em bolsa.

- **Tês de ventilação**: apresentam sua saída central em ponta e com redução, sendo usadas para ventilar ramais de esgoto de forma a utilizar alturas mínimas entre forro e laje.

A Figura 16 dos ANEXOS apresenta as conexões sanitárias e exemplos de utilização.

2.5 Elementos básicos e dimensionamento da instalação de esgoto

2.5.1 Esgotos primários e secundários

O sistema de esgoto primário compreende todos os elementos da instalação predial de esgoto que se encontra em contato com os gases emanados pelo próprio esgoto. Já o sistema de esgoto secundário é a parte da instalação que não está em contato com os gases, isto é, que está desconectada do sistema primário.

Um sistema **"dual"** de esgoto, usado no Brasil, é aquele claramente dividido em duas seções:

- Esgoto primário: coletor predial, sub-coletores, tubos de queda, ramais de sgoto, tubes ventiladores primários, colunas de ventilação, ramais de ventilação, caixas de inspeção, caixas de gordura, desconectores e vasos sanitários.
- Esgoto secundário: ramais de descarga e eventualmente tubos de queda de gordura. Eles devem despejar em caixas retentoras ou em desconectores.

Os americanos e outros países utilizam o chamado sistema **"uno"** de esgoto, onde a instalação é constituída só por canalizações primárias. Todos os aparelhos tem em sua saída desconectores devidamente ventilados.

2.5.2 Esgotos de gordura

Os esgotos de gordura, aqueles provenientes de copas e cozinhas, devem receber um tratamento especial visando reter e eliminar seus resíduos gordurosos. Assim, estes esgotos deverão passar por caixas retentoras de gordura antes de despejar nas caixas de inspeção e no coletor predial.

A limpeza destas caixas de gordura deverá ser feita periodicamente para retirar a gordura acumulada. Se limpeza não for feita na época certa, a capacidade de retenção será atingida e a caixa, além de não conseguir reter mais gordura, expelirá um mal cheiro intenso. Por tudo isso, é importante localizar as caixas em locais acessíveis e com boas condições de ventilação.

Está vetado o uso de caixas de gordura em andares superiores. As pias de cozinha de pavimentos altos devem descarregar em tubos de queda secundários que conduzam os esgotos para caixas de gordura coletivas no térreo.

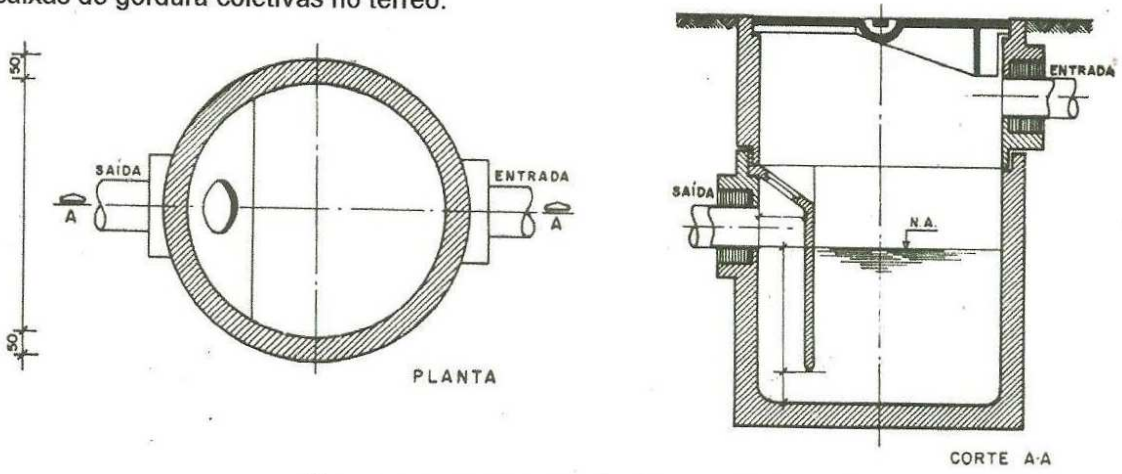


Figura 2.7 – Planta e corte típico de uma caixa de gordura.

Em função da contribuição que recebem, as caixas de gordura são de quatro tipos. As dimensões mínimas de cada tipo referem-se à Figura 2.7.

- Caixas de gordura individuais ou pequenas (CGP): de forma cilíndrica, atendem uma única pia de cozinha.
  - ∅ interno = 30 cm
  - parte submersa do septo (fecho hídrico) Hs = 20 cm
  - capacidade de retenção = 18 litros
  - DN da tubulação de saída: DN75

- Caixas de gordura simples (CGS): de forma cilíndrica, atendem uma ou duas cozinhas.
  - ∅ interno = 40 cm
  - parte submersa do septo (fecho hídrico) Hs = 20 cm
  - capacidade de retenção = 31 litros
  - DN da tubulação de saída: DN75

- Caixas de gordura duplas (CGD): de forma cilíndrica, atendem de duas até doze cozinhas.
  - ∅ interno = 60 cm
  - parte submersa do septo (fecho hídrico) Hs = 35 cm
  - capacidade de retenção = 120 litros
  - DN da tubulação de saída: DN100

- Caixas de gordura especiais (CGE): de forma cilíndrica ou prismáticas de base retangular, devem ser usadas em cozinhas de restaurantes, escolas, hospitais, quartéis ou para atender treze ou mais cozinhas residenciais.
  - distância horizontal mínima entre septo e saída = 20 cm
  - parte submersa do septo (fecho hídrico) Hs = 40 cm
  - altura molhada Hm = 60 cm
  - DN da tubulação de saída: DN100
  - capacidade de retenção mínima em litros: Vol = 2N + 20, onde N é o número de pessoas servidas pelas cozinhas que contribuem para a caixa de gordura.

2.5.3 Dimensionamento das tubulações e dispositivos da instalação de esgoto

A rigor, dimensionar as tubulações de esgoto significa determinar seu diâmetro em função do número de Unidades Hunter de Contribuição (UHC) associadas aos aparelhos a que servirem. Os cálculos de um projeto de esgoto, no entanto, requerem de algumas outras etapas:

i) Localização de todos os pontos de recepção de esgotos (aparelhos sanitários e ralos).
ii) Definição do local de destino (coletor predial ou sistema privado)
iii) Traçado das tubulações de esgoto, ralos, desconectores e elementos de inspeção.
iv) Traçado das tubulações de ventilação.
v) Determinação, para cada trecho das tubulações de esgoto, do número de UHC (Unidades Hunter de Contribuição) correspondente.
vi) Determinação dos diâmetros das tubulações de esgoto.
vii) Determinação dos diâmetros das tubulações de ventilação.
viii) Dimensionamento e/ou escolha dos desconectores, caixas de gordura e elementos de inspeção.
ix) Dimensionamento do sistema privado (fossa séptica e sumidouro), se houver.

Nesta seção se descrevem os métodos para cumprir com as etapas v) e vi). Na próxima se estuda o dimensionamento das tubulações de ventilação. A última etapa, isto é, o dimensionamento da fossa séptica e do sumidouro é visto mais adiante, na Seção 2.7.

O dimensionamento de um trecho de tubulação de esgoto será feito em função de ele ser um ramal de descarga, um ramal de esgoto, tubo de queda, subcoletor ou coletor predial. Ao contrário do que acontece com as instalações hidráulicas, as tubulações de esgoto não podem reduzir seu diâmetro no sentido do escoamento.

a) Dimensionamento dos ramais de descarga

As tubulações dos ramais de descarga e dos ramais de esgoto, devem ser instaladas com declividades constantes e não menores que as previstas a seguir:

- Para diâmetros iguais ou menores que DN 75: 2%
- Para diâmetros iguais ou maiores que DN 100 : 1%

Os diâmetros mínimos dos ramais de descarga, assim como o número de UHC para o tipo de aparelho servido, são mostrados na Tabela 2.2. Nela se inclui o ramal do vaso sanitário, embora ele seja um ramal de esgoto.

Embora para lavatórios, bebedouro, bidês e ralos de piso seja estipulado um diâmetro mínimo DN 30, na prática, logo após a saída deverá ser feita uma mudança para DN 40, pois este é o diâmetro mínimo de entrada das caixas sifonadas.

Tabela 2.2 – Dimensionamento de ramais de descarga.

Aparelho sanitário	Número de Unidades Hunter de Contribuição (UHC)	Diâmetro nominal do ramal de descarga DN
Banheira de residência	3	40
Banheira de uso geral	4	40
Bebedouro	0,5	30
Bidê	2	30
Chuveiro de residência	2	40
Chuveiro coletivo	4	40
Lavatório de residência	1	30
Lavatório geral	2	40
Mictório (válvula de descarga)	6	75
Mictório (caixa de descarga)	5	50
Mictório (descarga automática)	2	40
Mictório de calha (por metro)	2	50
Pia de residência	3	40
Pia de despejo	5	75
Pia de cozinha industrial	4	50
Ralo de piso	1	30
Tanque de lavar roupa	3	40
Máquina de lavar pratos	4	75
Máquina de lavar roupa até 10 kg	6	75
Máquina de lavar roupa de 10 a 30 kg	10	75
Máquina de lavar roupa de 30 a 60 kg	12	100
Máquina de lavar roupa mais de 60 kg	14	150
Vaso sanitário (ramal de esgoto)	6	100

Para aparelhos ou pontos de recepção de esgotos não relacionados na tabela, o número de UHC deve ser estimado em função do diâmetro do ramal de descarga, conforme a seguinte tabela:

Tabela 2.3 – Número de UHC para aparelhos não contemplados na Tabela 2.2

Diâmetro nominal do ramal de descarga DN	Número de Unidades Hunter de Contribuição (UHC)
30 ou menor	1
40	2
50	3
75	5
100	6

b) Dimensionamento dos ramais de esgoto

Para dimensionar os ramais de esgoto basta somar os pesos ou números de UHC de todos os ramais de descarga e ralos que contribuem nele, e a partir desse total determinar o diâmetro correspondente na Tabela 2.4.

Os ramais de esgoto individuais de vasos sanitários terão um DN 100 (vide Tabela 2.2). Só se um ramal de esgoto receber contribuição de dois ou mais vasos sanitários, então ele deverá ser dimensionado também na tabela 2.4, mas seu diâmetro não poderá ser menor que DN 100.

Tabela 2.4 – Dimensionamento de ramais de esgoto.

Diâmetro nominal do ramal de esgoto DN	Número máximo de Unidades Hunter de Contribuição (UHC)
40	3
50	6
75	20
100	160
150	620

c) Dimensionamento dos tubos de queda

O tubo de queda deve ter diâmetro uniforme e, sempre que possível, ser instalado em um único alinhamento reto. Quando os desvios forem inevitáveis, estes devem ser feitos com peças de ângulo central não superior a 90 graus, de raio longo. Em todas as mudanças de alinhamento devem ser incluídas peças de inspeção.

O dimensionamento dos tubos de queda é feito de acordo à seguinte tabela:

Tabela 2.5 – Dimensionamento de tubos de queda.

Diâmetro nominal do tubo de queda DN	Número máximo de Unidades Hunter de Contribuição		
	Prédios com até 3 pavimentos contribuindo no tubo de queda	Prédios com mais de 3 pavimentos contribuindo no tubo de queda	
		Em 1 pavimento	Em todo o tubo
40	4	2	8
50	10	6	24
75	30	16	70
100	240	90	500
150	960	350	1.900
200	2.200	600	3.600
250	3.800	1.000	5.600

A Tabela 2.5 fica sujeita às seguintes restrições:

- nenhum vaso sanitário deve descarregar em tubo de queda de diâmetro nominal inferior a DN 100; nenhum tubo de queda deve ter diâmetro inferior ao da maior tubulação a ele ligada;

- nenhum tubo de queda que receba descarga de pias de cozinha ou copa (esgotos de gordura), deve ter diâmetro nominal inferior a DN 75, excetuando o caso de tubos de queda que recebam até 6 UHC em prédios de até dois pavimentos, quando pode ser usado DN 50.

Nas interligações das tubulações horizontais com verticais devem ser empregadas junções a 45 graus simples ou duplas ou tês sanitários, sendo vedado o uso de cruzetas sanitárias.

Se apresentarem desvios da vertical, os tubos de queda devem ser dimensionados assim:

a) quando o desvio formar um ângulo não maior que 45 graus com a vertical, o tubo de queda é dimensionado pela Tabela 2.5.

b) quando o desvio formar ângulo maior que 45 graus com a vertical, deve-se dimensionar:

- a parte do tubo acima do desvio como um tubo de queda independente com base no número de UHC dos aparelhos acima do desvio, de acordo com a Tabela 2.5.

- a parte horizontal do desvio de acordo com a Tabela 2.6 (como sub-coletor)

- a parte do tubo de queda inferior ao desvio, com base no número de UHC de todos os aparelhos que descarregarem no tubo de queda, de acordo com a Tabela 2.5, não podendo o diâmetro adotado ser menor que o da parte horizontal.

d) Dimensionamento dos sub-coletores e do coletor predial

Os coletores e sub-coletores devem ser de preferência retilíneos e localizados, sempre que possível, na parte não edificada do terreno.

O dimensionamento dos sub-coletores e do coletor predial é feito de acordo à Tabela 2.6, com as seguintes restrições:

- O coletor predial deve ter diâmetro nominal mínimo de DN 100.

- No dimensionamento do coletor e dos sub-coletores deve ser considerado apenas o aparelho de maior descarga de cada banheiro de prédio residencial, para o cômputo do número de UHC.

- Os sub-coletores e o coletor devem ser instalados com declividade uniforme, respeitando os valores mínimos previstos na Tabela 2.6

- No coletor predial ou sub-coletores não deve haver quaisquer dispositivos ou obstáculos ao natural escoamento de despejos tais como sifões, fundos de caixas de inspeção de cota inferior à do perfil do tubo, bolsas de tubulações dentro de caixas de inspeção, etc.

- Quando as tubulações forem enterradas, as interligações de ramais de descarga, ramais de esgoto e sub-coletores devem ser feitas através de caixas de inspeção ou poços de visita.

- Quando as tubulações não forrem enterradas, devem ser usadas junções a 45 graus com peças de inspeção nos trechos adjacentes, não sendo permitido o uso de peças em T ou duplo T.

Tabela 2.6 – Dimensionamento dos sub-coletores e do coletor predial.

Diâmetro nominal do tubo DN	Número máximo de Unidades Hunter de Contribuição			
	Declividade mínima (%)			
	0,5	1	2	3
100	-	180	216	250
150	-	700	840	1.000
200	1.400	1.600	1.920	2.300
250	2.500	2.900	3.500	4.200
300	3.900	4.600	5.600	6.700
400	7.000	8.300	10.000	12.000

2.5.4 Ventilação sanitária

A ventilação sanitária cumpre duas funções fundamentais:

- Expulsar os gases gerados no sistema primário de esgotos. A saída dos ventiladores primários ou do barrilete de ventilação deve estar localizada pelo menos 30 cm acima de coberturas inacessíveis, ou 2 m acima destas se forem acessíveis.

- Permitir a circulação de ar nas tubulações de esgoto. Desta forma, evitam-se pressões negativas ou vácuos normalmente provocados por descargas de vasos sanitários, que poderiam esvaziar os fechos hídricos dos desconectores.

A NBR-8160 estabelece os seguintes critérios básicos para ventilar o sistema de esgoto:

a) Para prédios de um pavimento

Usar pelo menos 1 tubo ventilador DN100, ligado a uma caixa de inspeção, a um subcoletor ou a um ramal de esgoto de vaso sanitário, e prolongado até acima da cobertura.

Se o prédio for residencial e tiver 3 ou menos vasos sanitários, o tubo ventilador pode ser DN75.

b) Para prédios com dois ou mais pavimentos

Os tubos de queda devem ser prolongados por ventiladores primários (VP) até acima da cobertura ou até um barrilete de ventilação e todos os desconectores (sifões, vasos sanitários e caixas sifonadas) devem ser ventilados com ramais de ventilação (RV) ligados à coluna de ventilação (CV).

Na verdade, não é indispensável que todos os ramais de esgoto que saem dos desconectores sejam direta e individualmente ventilados, basta que a distância de cada desconector ao tubo ventilador mais próximo não ultrapasse as distâncias máximas indicadas na Tabela 2.7.

Tabela 2.7 – Distância máxima de um desconector ao tubo ventilador.

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

Assim, por exemplo, em banheiros de pavimentos altos normalmente é suficiente ligar o ramal de ventilação no ramal de esgoto que vem da caixa sifonada, antes de ele se juntar ao ramal de esgoto do vaso sanitário.

Os ramais de ventilação devem ser dimensionados com base na Tabela 2.8, sendo que no cálculo do número de UHC devem ser considerados as contribuições de todos os aparelhos e ralos direta ou indiretamente ventilados por esse ramal.

Tabela 2.8 – Dimensionamento dos ramais de ventilação

Grupo de aparelhos sem vasos sanitários		Grupo de aparelhos com vasos sanitários	
Número de UHC	DN do ramal de ventilação	Número de UHC	DN do ramal de ventilação
Até 12	40	Até 17	50
13 a 18	50	18 a 60	75
19 a 36	75	-	-

O ventilador primário (VP) deverá ter o mesmo diâmetro do tubo de queda, pois é um prolongamento deste.

Para a coluna de ventilação (CV) e os barriletes de ventilação, o dimensionamento deve ser feito de acordo à Tabela 2.9.

Tabela 2.9 – Dimensionamento de colunas e barriletes de ventilação

Diâmetro nominal do tubo de queda ou ramal de esgoto DN	Número de UHC	Diâmetro nominal mínimo do tubo de ventilação					
		40	50	60	75	100	150
		Comprimento máximo permitido para o tubo (m)					
50	12	23	61				
50	20	15	46				
75	10	13	46	110	317		
75	21	10	33	82	247		
75	53	8	29	70	207		
75	102	8	26	64	189		
100	43	-	11	26	76	229	
100	140	-	8	20	61	229	
100	320	-	7	17	52	195	
100	530	-	6	15	46	177	
150	500	-	-	-	10	40	305
150	1.100	-	-	-	8	31	238
150	2.000	-	-	-	7	26	201
150	2.900	-	-	-	6	23	183

2.6 Tratamento doméstico do esgoto : tanque séptico e sumidouro

Na falta de uma rede pública de esgotos, deve se procurar um outro destino para o esgoto sanitário. As três possibilidades legais são: a rede pública de drenagem pluvial, águas superficiais (lagoas, rios) ou o próprio terreno por infiltração.

Em Aracaju, na falta de rede pública de esgoto, a EMURB permite despejar o esgoto na rede de drenagem pluvial, desde que tratado previamente por fossa séptica e filtro anaeróbio. Este sistema pode ser melhorado com um tanque de decantação.

Se o esgoto será entregue a águas superficiais, o sistema deve ter pelo menos tanque séptico e filtro anaeróbio ou, no lugar deste último, valas de filtração, também chamadas trincheiras filtrantes.

Por outro lado, para infiltrar o esgoto no terreno, o sistema de tratamento doméstico deve constar de fossa séptica e um ou mais sumidouros. Se o lençol freático for muito alto e se houver disponibilidade suficiente de terreno não construído, o sumidouro pode ser substituído por valas de infiltração.

Nesta seção descrevem-se os dois elementos mais comuns dos sistemas de tratamento doméstico ou preliminar de esgoto: a fossa séptica e o sumidouro.

a) Tanque séptico

O tanque séptico ou fossa séptica é um compartimento totalmente impermeável que atenua a agressividade do esgoto, separando e transformando sua matéria sólida, antes de passar à próxima etapa do tratamento (filtração ou infiltração).

O funcionamento das fossas é o seguinte: o esgoto retido no tanque sofre a ação das bactérias anaeróbias, microrganismos que só atuam onde não circula ar. Mediante um processo de bio-digestão, a ação dessas bactérias converte parte da matéria orgânica sólida em gases ou em substâncias solúveis que, dissolvidas no líquido contido na fossa, são esgotadas para sua posterior infiltração ou filtração.

Durante o processo, depositam-se, no fundo da fossa, as partículas minerais sólidas (lodo) e forma-se, na superfície do líquido, uma camada de espuma ou crosta constituída de substâncias insolúveis mais leves que contribui para evitar a circulação de ar, facilitando a ação das bactérias. O uso de septos ou chicanas reduz a velocidade e desvia o fluxo do esgoto dentro da fossa, facilitando a decantação e retenção da matéria sólida.

A Figura 2.7 apresenta a seção e vista superior de um tanque séptico de seção retangular

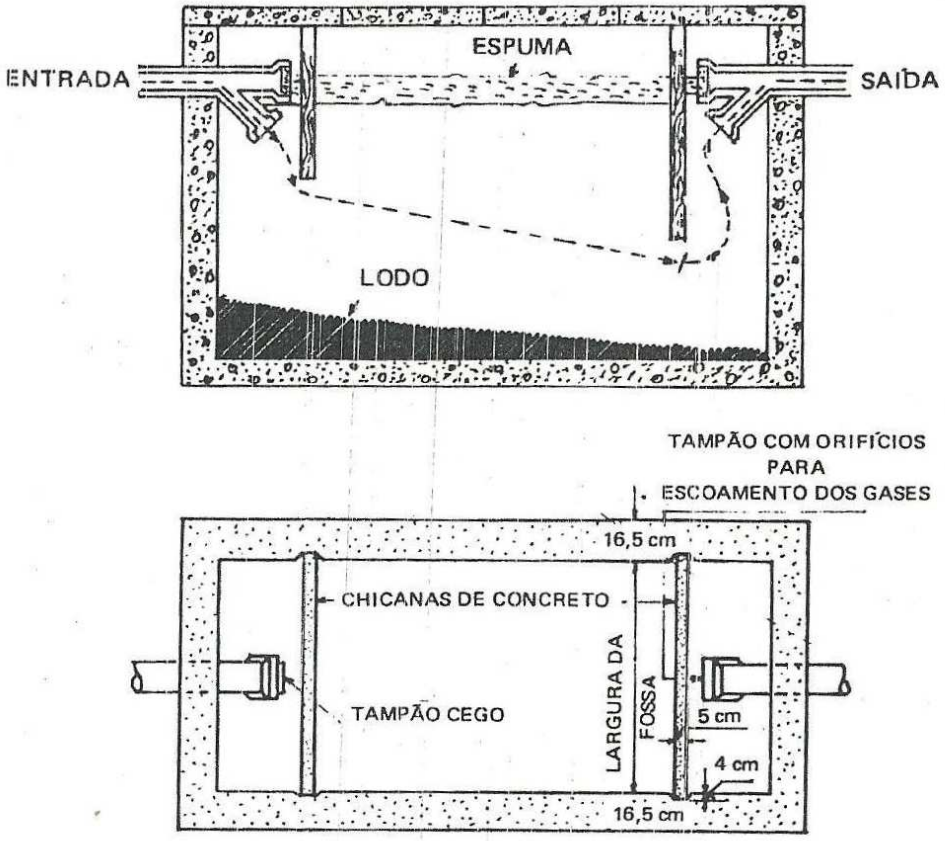


Figura 2.8 – Seção e vista superior de uma fossa séptica.

As fossas devem ser localizadas perto da casa, distanciadas no mínimo 15 m de qualquer manancial de água (poço, cisterna, etc). A parte superior da fossa deverá ficar um pouco abaixo do nível de terreno, cobrindo a laje superior da fossa com terra, vegetação, grama, brita ou areia.

Considerando a possibilidade de, no futuro, a fossa séptica ser substituída por, ou ligada à, rede pública de esgoto, é conveniente localizar a fossa na parte frontal do terreno, de forma a manter as declividades dos subcoletores e profundidades das caixas de inspeção, quando ocorrer a mudança para a rede pública. Além disso, facilitam-se as eventuais limpezas da fossa.

Uma fossa bem dimensionada irá requerer de uma limpeza periódica (retirada do lodo), a cada dois anos ou pouco mais.

Há vários tipos de fossas sépticas, alguns dos quais patenteados, como as fossas OMS (Otto Mohr System), de construção mais simples, e IMHOFF (Karl Imhoff), mais complexas e caras. As fossas também podem ser de câmara única, de duas câmaras sobrepostas ou de duas câmaras em série.

Qualquer que seja ou tipo de fossa, a altura molhada, isto é a altura entre o nível da entrada ou da saída, que são iguais, e o fundo da fossa, deve ser de pelo menos 1,20m, deixando mais 30cm até a parte inferior da laje superior, para formação da espuma.

As chicanas deverão ser construídas na largura toda da fossa (entre as paredes longitudinais), e estarão separadas aproximadamente 40 cm das paredes laterais da fossa. Sugere-se dar alturas diferentes de 70cm e 90cm para as chicanes de entrada e de saída, respectivamente.

A Tabela 2.10 apresenta as dimensões das fossas sépticas tipo OMS de câmara única, em função do número de ocupantes do prédio. O comprimento deve coincidir com o sentido do fluxo.

Tabela 2.10 -- Fossas sépticas de câmara única, de seção retangular.

Número de pessoas	Dimensões internas			Capacidade (litros)
	Comprimento (m)	Largura (m)	Altura (m)	
Até 7	1,60	0,80	1,50	1.535
Até 9	1,80	0,90	1,50	1.945
Até 12	2,10	1,05	1,50	2.645
Até 15	2,35	1,15	1,50	3.240
Até 20	3,00	1,20	1,50	4.320

Para um número de pessoas maior que 20, as fossas de câmara única de seção retangular (aconselhável) ou circular, podem ser dimensionadas com a seguinte expressão:

$$\mathbf{Vol = 1000 + N\,(CT + K\,Lf) \geq 1.250\ lt}$$

onde: *Vol: é a capacidade necessária da fossa em litros;*
N: número de pessoas contribuintes;
C: contribuição per cápita (Tabela 2.12);
T: período de detenção em dias (Tabela 2.13);
K: taxa de acumulação de lodo fresco em dias (Tabela 2.14)
Lf: contribuição de lodos frescos (Tabela 2.12);

O volume assim calculado deve ser igualado ao volume geométrico para determinar o diâmetro ou o comprimento e largura necessários para a fossa. O diâmetro mínimo das fossas cilíndricas é de 1,10m e nas de seção retangular a largura mínima é de 0,80m. A relação entre o comprimento e a largura deverá ser no mínimo de 2:1 e no máximo de 4:1. Quanto à profundidade útil ou altura molhada, os valores mínimos e máximos são os seguintes:

Tabela 2.11 – Profunidade útil mínima e máxima, por faixa de volume útil.

Volume Útil (m^3)	Profundidade Útil (m)	
	Mínima	Máxima
Até 6,0	1,20	2,20
De 6,0 a 10,0	1,50	2,50
Mais que 10,0	1,80	2,80

Tabela 2.12 – Contribuição diária de esgoto C e de lodo fresco (Lf) por tipo de prédio e de ocupantes

Prédio	Unidade	*Contribuição de* esgoto C (litros/dia)	Contribuição de lodo fresco Lf (litros/dia)
1. Ocupantes permanentes			
Residências Padrão Alto	Pessoa	160	1
Residências Padrão Médio	Pessoa	130	1
Residências Padrão Baixo	Pessoa	100	1
Hotéis s/cozinha e lavanderia	Pessoa	100	1
Alojamentos provisórios	Pessoa	80	1
2. Ocupantes temporários			
Fábricas em geral	Operário	70	0,30
Escritórios	Pessoa	50	0,20
Edifícios públicos ou comerciais	Pessoa	50	0,20
Escolas	Pessoa	50	0,20
Bares	Pessoa	6	0,10
Restaurantes e similares	PessxRefeição	25	0,10
Cinemas e teatros	Lugar	2	0,02
Sanitários públicos	Vaso sanitário	480	4

Tabela 2.13 – Período de detenção (T) em fossas sépticas de câmara única

Contribuição = NC (litros/dia)	Período de detenção	
	Horas	Dias
Até 1500	24	1
De 1501 a 3000	22	0,92
De 3001 a 4500	20	0,83
De 4501 a 6000	18	0,75
De 6001 a 7500	16	0,67
De 7501 a 9000	14	0,58
Acima de 9000	12	0,50

Tabela 2.14 – Taxa de acumulação total de lodo (K), em dias

Intervalo entre limpeza (Anos)	Valores de K por faixa de Temperatura (t) , em °C		
	$t \leq 10$	$10 \leq t \leq 20$	$t > 20$
1	94	65	57
2	134	105	97
3	174	145	137
4	214	185	177
5	254	225	217

b) Sumidouros

Também chamado de poço absorvente, o sumidouro tem a função de infiltrar no terreno o efluente que provém da fossa séptica. Consiste num buraco de seção circular ou retangular cavado no solo. Para evitar desmoronamentos, sem comprometer sua função de infiltrar água no terreno, as paredes do sumidouro podem ser revestidas com:

- alvenaria com tijolos comuns em crivo (assentes com junta livre)
- tijolo furado assente transversalmente (com os furos servindo como drenos)
- anéis pré-moldados de concreto com furos espaçados a no máximo 20cm (diâmetro mínimo dos furos = 1,5cm.)

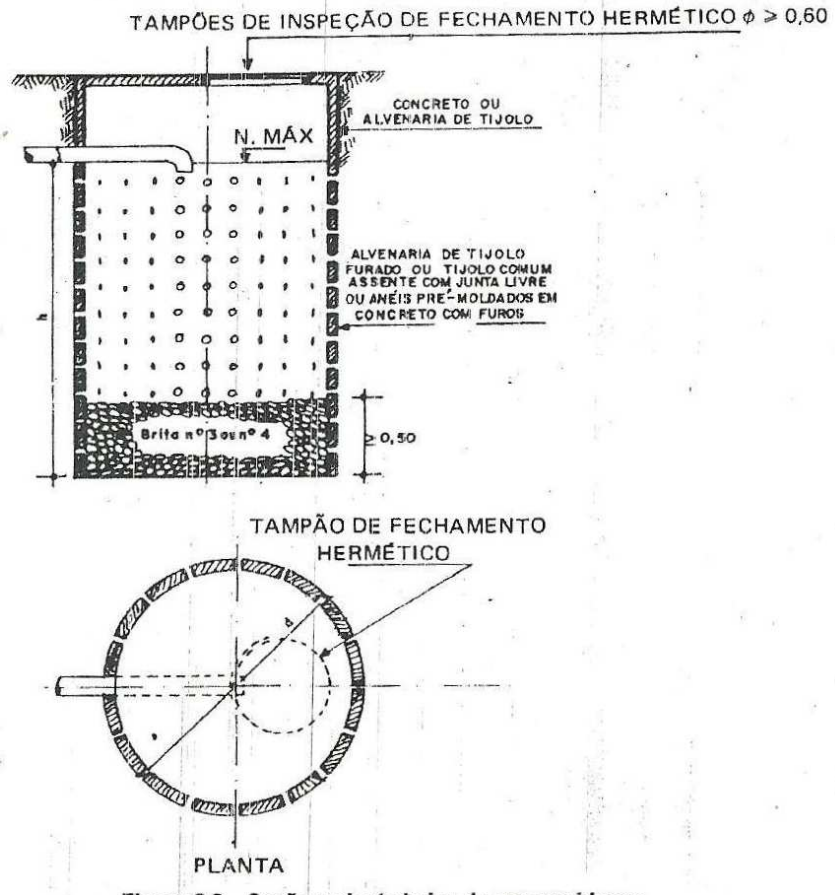


Figura 2.8 – Seção e planta baixa de um sumidouro.

Na parte superior do sumidouro, acima do nível da entrada de água, deve-se usar alvenaria comum ou concreto sem furos para suportar a laje superior.

A infiltração se produz também pelo fundo do sumidouro, onde deverá ser colocada uma camada de pelo menos 50 cm de brita Nº 3 ou Nº 4 (ver Figura 2.9).

Teoricamente, o fundo do sumidouro devia estar pelo menos 1,5m acima do lençol freático, para reduzir o risco de poluição das águas subterrâneas. Em grande parte de Aracaju dificilmente pode-se cumprir com esta recomendação, devido ao baixo nível dos terrenos com relação ao nível do mar. O mais importante é que o fundo do sumidouro esteja acima do mais alto nível do lençol freático, que ocorrerá como consequência de uma forte chuva e no horário de maré cheia. Senão, ao invés do sumidouro infiltrar água no terreno, pode ocorrer exatamente o contrário.

O dimensionamento dos sumidouros é baseado na área de infiltração e na capacidade de absorção do solo, medido através do seu coeficiente de infiltração. A área de infiltração necessária deve ser calculada com a seguinte expressão:

Ain = V/Ci onde: Ain = área de infiltração necessária em m²
V = volume de contribuição diária em litros/dia (consumo diário)
Ci = coeficiente de infiltração em litros/m²/dia (ver Tabela 2.15)

Tabela 2.15 – Faixas de variação do Coeficiente de Infiltração

Constituição dos Solos	Coeficiente de Infiltração (lt/m²/dia)
Rochas, argilas compactas de cor branca, cinza ou preta, variando a rochas alteradas e argilas medianamente compactas de cor avermelhada.	Menor que 20
Argilas de cor amarela, vermelha ou marrom medianamente compacta, variando a argilas pouco siltosas e/ou arenosas	20 a 40
Argilas arenosas e/ou siltosas, variando a areia argilosa ou silte argiloso de cor amarela, vermelha ou marrom	40 a 60
Areia ou silte pouco argiloso, ou solo arenoso com humos e turfas, variando a solos constituídos predominantemente de areias e siltes	60 a 90
Areia bem selecionadas e limpa, variando a areia grossa com cascalhos.	maior que 90

Como a infiltração nos sumidouros é feita pelo fundo e pelas paredes, a área de infiltração efetiva do sumidouro será a soma da área da base mais a área das paredes até o nível da entrada de água que vem da fossa. Assim a área de infiltração efetiva (Aie) do sumidouro, em m², será:

Aie = $D^2\pi/4 + D\pi H$, para sumidouros cilíndricos onde:
D = diâmetro do sumidouro (em m)
H = altura até o nível da entrada de água (em m).

Aie = AB + (2A+2B)H, para sumidouros de seção retangular onde:
A e B = comprimento e largura do sumidouro (em m)
H = altura até o nível da entrada de água (em m)

O dimensionamento do sumidouro é feito igualando-se a área de infiltração necessária (Ain) com a área de infiltração efetiva (Aie), e impondo a altura H em função do nível crítico do lençol freático. Assim, o diâmetro ou o comprimento e largura do sumidouro podem ser determinados.

As vezes, devido a limitação da altura por causa do lençol freático, obtem-se como resultados sumidouros de área muito grande que são anti-econômicos ou às vezes inviáveis. Nesses casos, pode-se optar por construir vários sumidouros ou valas de infiltração, cujas áreas de infiltração efetiva devem ser somadas para equiparar a área de infiltração necessária.

Quando se utilizam vários sumidouros, o efluente da fossa deve passar por uma caixa de distribuição para depois ser distribuído nos sumidouros. A distância entre eles deve ser maior que 3 vezes o diâmetro dos mesmos e nunca menor que 6 m.

2.7 Simbologia e projeto de uma instalação de esgoto

Nos desenhos de um projeto de instalações de esgoto sanitário é necessário utilizar uma simbologia que permita interpretar de forma inequívoca todos seus elementos. Junto a cada símbolo gráfico convém acrescentar alguma abreviatura que facilite ainda mais a interpretação.

A Tabela 2.16 apresenta os símbolos e abreviaturas mais usados nas instalações prediais de esgoto sanitário. O projetista pode acrescentar outros ou até substituir alguns, desde que seu significado conste numa legenda em cada prancha do projeto.

Tabela 2.16 – Simbologia de um projeto de instalação de esgoto sanitário.

ESGOTO					
	TUBULAÇÃO PRIMÁRIA	TP		LAVATÓRIO	
	TUBO VENTILADOR	TV			
	TUBULAÇÃO SECUNDÁRIA	TS		PIA DE COZINHA	
	TUBO QUE SOBE				
	TUBO QUE DESCE			BANHEIRA	
TQ	TUBO DE QUEDA	T.Q.			
TV	TUBO VENTILADOR	TV		POÇO DE VISITA	PV
TO	TUBO OPERCULADO	T.O.			
	PLUG	P		CAIXA RETENTORA ESPECIAL	CRE
	VÁLVULA DE RETENÇÃO	VR		CAIXA DE INSPEÇÃO	CI
	RALO SIFONADO OU CAIXA SIFONADA COM GRELHAS	RS		SIFÃO	S
	RALO	R		CAIXA SIFONADA	CS
	BIDÊ			CAIXA RETENTORA DE GORDURA (SIMPLES)	CGS
				CAIXA RETENTORA DE GORDURA (DUPLA)	CGD
	VASO SANITÁRIO			FOSSA	F
				CAIXA DE PASSAGEM	CPs

Um **Projeto de Esgoto Sanitário** completo, consta dos seguintes elementos:

a) **Memorial descritivo**: é uma explicação textual e resumida dos principais critérios, normas e hipóteses de cálculo adotados para a realização do projeto. Este item, a depender da concessionária, não é exigido para edificações de pequeno e médio porte.

b) **Memória de cálculo**: contém de forma organizada os dados, cálculos numéricos, tabelas utilizadas e resultados. A memória é fundamental para o projetista se proteger na eventualidade de algum problema posterior na instalação.

c) **Parte gráfica**: é o conjunto de pranchas necessárias para o total entendimento e execução da instalação projetada. A legenda com a simbologia utilizada deve aparecer em todas as pranchas. O número de desenhos e pranchas dependerá do tipo e tamanho de projeto, sendo os principais os seguintes:

- Planta baixa com o traçado das tubulações (para cada pavimento tipo). No térreo podem constar as caixas de inspeção, subcoletores, coletor predial, fossa séptica e sumidouro.

- Detalhes em corte e planta baixa da caixa de inspeção tipo, fossa séptica, sumidouro.

- Outros detalhes acordados com o cliente.

d) **Especificações técnicas**: compreendem a especificação dos materiais e descrição dos procedimentos construtivos necessários para o correto funcionamento da instalação.

e) **Quantitativo de materiais**: é uma listagem com as quantidades de tubos e conexões classificados por diâmetros, ralos, caixas sifonadas, caixas de gordura e todos os dispositivos da instalação. Pode ser usado para orçamentar a instalação ou apenas para facilitar a compra e controle de materiais na obra.

f) **Orçamento**: Ela pode formar parte do projeto hidráulico, ou feito posteriormente por quem irá construir a instalação. O orçamento pode ser feito de duas formas: por empreitada com preço global ou por preço unitário, conforme se indicou para o projeto hidráulico.

2.8 Esgotamento de águas pluviais

Águas pluviais são aquelas provenientes da chuva e para lidar com elas existem duas alternativas:

a) Deixar que as águas escoem livremente por telhados inclinados e pisos com declividades apropriadas até despejar essas águas fora do terreno ou até infiltrá-las no solo através de canteiros, jardins e outras áreas não revestidas.

b) Recolher as águas pluviais de terraços, marquises, telhados, varandas, pátios e quintais mediante ralos, calhas e tubos condutores, de forma a providenciar seu esgotamento de forma mais rápida e segura até o seu destino.

A primeira alternativa dispensa o sistema de esgotamento de águas pluviais, mas pode acarretar problemas de funcionalidade, conforto e manutenção. Nesta seção é estudada a segunda alternativa, que prevê a instalação de um sistema de esgotamento de águas pluviais.

O sistema de esgotamento de águas pluviais, quando for previsto, deverá atender à NBR-10.844/89 e será totalmente independente da instalação de esgotos sanitários, sendo seu destino final um dos seguintes:

- a rede pública de drenagem pluvial;
- as linhas de água (sargetas) da rua;
- o solo através de infiltração por sumidouros ou valas de infiltração;.
- cisternas para o posterior reaproveitamento das águas pluviais;
- diretamente em córregos, rios ou lagoas, se a topografia do terreno permitir.

Do ponto de vista da hidrologia, um sistema de esgotamento pluvial deve ser capaz de escoar, o mais rapidamente possível, toda a água recolhida nas áreas construídas ou revestidas do terreno, na ocorrência de chuvas críticas ou intensas, previstas para o local onde o prédio será edificado. Esta definição resulta na expressão que permite calcular a vazão de projeto do sistema pluvial:

$$Q = i\,A\,/\,60$$ onde: Q = vazão de projeto em lt/min;
i = intensidade pluviométrica, em mm/h;
A = área de contribuição, em m².

A intensidade pluviométrica (i), dependerá do período de retorno (T) previsto para as chuvas denominadas intensas. A NBR-10.844/89 fixa os tempos de retorno, isto é, o grau de segurança hidrológico, para os diferentes tipos de obra:

- T = 1 ano, para obras externas onde um eventual alagamento pode ser tolerado
- T = 5 anos, para coberturas e telhados
- T = 25 anos, para locais onde um empoçamento é inaceitável.

Na prática, em quase todas as situações pode-se adotar a chuva intensa correspondente a um período de retorno de 5 anos. Na falta de dados meteorológicos confiáveis para o local do projeto, e para obras com áreas cobertas de até 100 m², sugere-se adotar a medida de chuva padrão de 150 mm/h de intensidade, cuja duração prevista é de 5 minutos.

Em Aracaju, os valores da intensidade pluviométrica das chuvas intensas previstas para 1, 5 e 25 anos são, respectivamente: 116, 122 e 126 mm/h.

A vazão de águas pluviais deve ser calculada para cada elemento do sistema de águas pluviais: calhas, condutores horizontais e verticais, em função da forma, tamanho e declividade das áreas que recebem águas de chuva e as entregam nesses elementos.

A Figura 2.9 mostra diferentes arquiteturas de telhados e coberturas, e a maneira de calcular a área de contribuição, considerando o fato da chuva nem sempre cair verticalmente, devido à influência do vento.

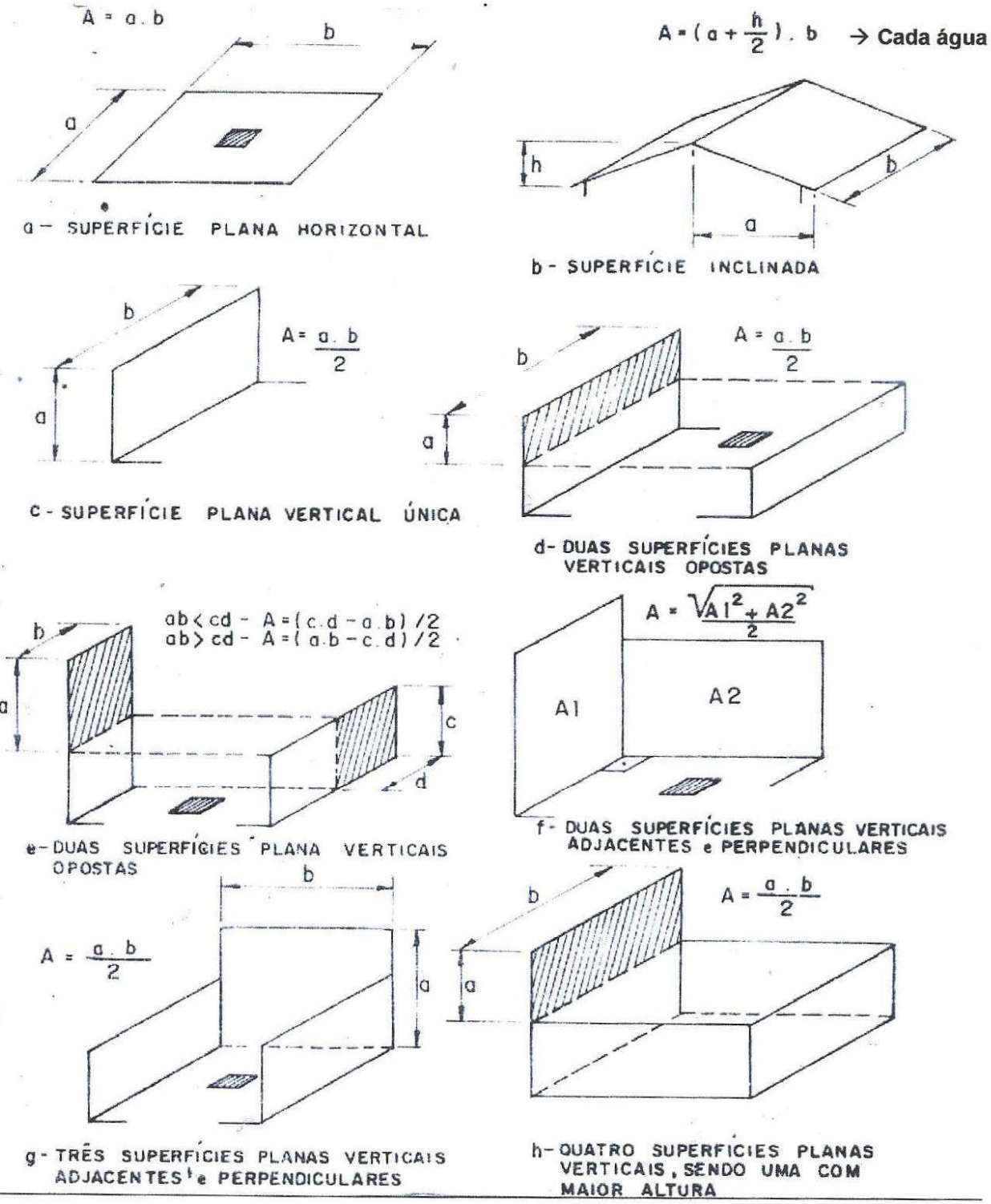
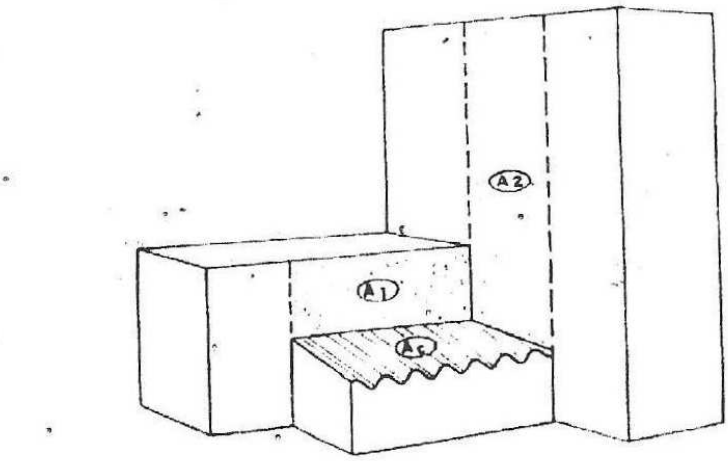


Figura 2.9 – Áreas de contribuição de águas pluviais.

A Figura 2.10 apresenta um exemplo onde é necessário somar várias áreas de contribuição para obter a vazão de projeto da calha coletora.



$$A = A_c + \frac{\sqrt{A_1 + A_2}}{2}$$

Figura 2.10 – Exemplo de somatório de áreas de contribuição.

A seguir são apresentados uma descrição e a forma de dimensionamento dos elementos que compõem um sistema de esgotamento de águas pluviais:

- **Ralos**: utilizados em terraços planos, varandas, pátios e quintais para captar água de chuva e levá-la às tubulações. Existem dois tipos de ralos: planos com tampa grelhada e hemisféricos. Estes últimos são grelhas esféricas que reduzem o risco de entupimentos na entrada de água.

- **Buzinotes**: são tubos curtos de PVC, com diâmetro mínimo de 50 mm, que servem para esgotar águas de terraços e marquises, atravessando as platibandas e despejando á água recolhida livremente ou em calhas coletoras. Deve-se usar um buzinote por cada 13,5 m², sendo um mínimo de dois, para cada terraço ou marquise.

- **Calhas**: são canais abertos de seção semi-circular, retangular ou trapezoidal, pré-fabricados em PVC, cobre, latão, aço galvanizado, ou construídos in loco com alvenaria ou concreto revestidos, cuja principal função é recolher as águas pluviais provenientes de telhados e conduzi-las aos condutores verticais.

  Do ponto de vista arquitetônico, existem três tipos de calhas: as de beiral e as de platibanda que recebem contribuição direta de uma água de telhado; e as centrais que recebem contribuição de duas águas de telhados diferentes. Nestas últimas a vazão de projeto deverá ser calculada somando-se ás áreas de contribuição dos dois telhados.

  A declividade mínima para as calhas é de 0,5%, sendo que quanto maior essa declividade maior será a capacidade de calha.

  Outro fator que interfere na capacidade de escoamento de uma calha é a existência de curvas quando esta serve a duas ou mais águas do telhado. Essas curvas acabam reduzindo a capacidade hidráulica das calhas e, para considerar este fato, a NBR 10.844/89 optou por aumentar a vazão de projeto por um fator maior que 1. O fator depende do tipo de curva (canto reto ou arredondado) e da distância da curva à saída mais próxima. Se a curva estiver a mais de 4 m de uma saída, a vazão não precisa ser incrementada.

Tabela 2.17 – Fatores multiplicativos da vazão de projeto de calhas.

Tipo da Curva	Curva a menos de 2 m da saída	Curva entre 2 e 4 m da saída

Canto reto	1,20	1,10
Canto arredondado	1,10	1,05

O dimensionamento das calhas, qualquer que seja sua seção, pode ser feito com a fórmula de Manning Strickler, válida para qualquer escoamento laminar em tubo fechado ou a céu aberto.

$$Q = K\frac{S}{n} R_h^{2/3} d^{1/2}$$

onde: Q = capacidade da calha em lt/min (vazão de projeto)
K = 60.000
S = área da seção molhada em m²
n = coeficiente de rugosidade (Tabela 2.16)
R_h = raio hidráulico em m = S/P
P = perímetro molhado em m
D = declividade da calha em m/m

Tanto a área molhada S, como o perímetro molhado P e o raio hidráulico R_h, dependem da altura da lâmina de água que, por segurança, não pode estar próxima do nível máximo de água na calha. Sugere-se limitar a lâmina d'água à metade da altura do nível de transbordamento.

Tabela 2.18 – Coeficientes de rugosidade

Material	n
Plástico, fibrocimento, alumínio, cobre, latão, aço inoxidável, aço galvanizado.	0,011
Ferro fundido, concreto alisado, alvenaria revestida.	0,012
Cerâmica e concreto não alisado	0,013
Alvenaria de tijolos não-revestida	0,015

Para calhas semicirculares com n = 0,011 (PVC, cobre, latão, etc), considerando uma lâmina d'água igual a ½ do diâmetro interno, a Tabela 2.19 apresenta a capacidade das calhas para diferentes diâmetros e declividades.

Tabela 2.19 – Capacidade de Calhas Semicirculares (n=0,011; h=∅/2)

Diâmetro interno (mm)	Vazões (litros/min)		
	Dec=0,5%	Dec=1%	Dec=2%
100	130	183	256
125	236	333	466
150	384	541	757
200	829	1.167	1.634

- **Condutores verticais**: são tubulações verticais, de preferência em uma só prumada, encarregados de levar as águas pluviais das calhas ou condutores horizontais de terraços e marquises às caixas coletoras no térreo.

Para condutores verticais circulares, o diâmetro mínimo permitido é de 70 mm que na prática vem a ser o tubo de 75 mm. O dimensionamento deve ser feito nos ábacos da Figura 17 dos ANEXOS, a partir dos seguintes dados:

Q = vazão de projeto acumulada no condutor vertical, em litros/min.
L = altura total do condutor vertical em m.
H = altura da lâmina d'água em mm, prevista para a calha ou condutor horizontal que alimenta o condutor vertical.

Em função da forma de conexão entre calhas e condutor vertical, dois ábacos são apresentados: saída em aresta viva e saída em funil. Deve-se entrar no eixo horizontal com o valor da vazão Q, levantar uma vertical até encontrar as curvas de H e L correspondentes e

transportar a interseção mais alta até o eixo D. Escolher o diâmetro nominal comercial igual ou superior ao valor encontrado.

Para condutores verticais com outras seção que não a circular, pode-se optar por dimensionar o condutor como se fosse circular e depois determinar as dimensões para que o condutor tenha uma área igual ou maior que a da seção circular encontrada.

- **Condutores horizontais**: são tubulações quase horizontais, com declividade mínima de 0.5%, usadas para levar águas pluviais de ralos até os condutores verticais em coberturas planas, e dos condutores verticais às caixas coletoras ou entre elas, no térreo.

Os condutores horizontais de seção circular devem trabalhar com lâmina de altura não maior que 2/3 do diâmetro interno do tubo. A capacidade destes tubos para diferentes rugosidades e declividades está na seguinte tabela.

Tabela 2.20 – Capacidade de Condutores Horizontais de Seção Circular (h=2/3 ∅)
(Vazões em lt/min)

Diâmetro interno (mm)	n = 0,011				n = 0,012				n = 0,013			
	0,5%	1%	2%	4%	0,5%	1%	2%	4%	0,5%	1%	2%	4%
50	32	45	64	90	29	41	59	83	27	38	54	76
75	95	133	188	267	87	122	172	245	80	113	159	226
100	204	287	405	575	187	264	372	527	173	243	343	486
125	370	521	735	1.040	339	478	674	956	313	441	622	882
150	602	847	1.190	1.690	552	777	1.100	1.550	509	717	1.010	1.430
200	1.300	1.820	2.570	3.650	1.190	1.670	2.360	3.350	1.100	1.540	2.180	3.040
250	2.350	3.370	4.660	6.620	2.150	3.030	4.280	6.070	1.990	2.800	3.950	5.600

A tabela foi construída usando a fórmula de Manning e Strickler, que também pode ser usada para dimensionar condutores horizontais com qualquer outra seção.

Nas tubulações aparentes devem ser previstas inspeções sempre que houver conexões com outra tubulação, mudança de declividade, mudança de direção ou, ainda, a cada 20 m nos percursos retilíneos.

A ligação entre condutores verticais e horizontais será sempre feita por curva de raio longo, com visita ou inspeção em tubo operculado, ou caixa de areia, conforme o tubo esteja aparente ou enterrado.