



Livro-Texto

**INTRODUÇÃO AO PROJETO DAS
INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS E SANITÁRIAS
ARQUITETURA E URBANISMO - UFPE**

**Marcos José Vieira de Melo
Ronald Fernando Albuquerque Vasconcelos**

**INTRODUÇÃO AO PROJETO DAS
INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS E SANITÁRIAS
ARQUITETURA E URBANISMO – UFPE**

Marcos José Vieira de Melo
Ronald Fernando Albuquerque Vasconcelos

**INTRODUÇÃO AO PROJETO DAS
INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS E SANITÁRIAS
ARQUITETURA E URBANISMO – UFPE**



Recife, 2016

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS. Proibida a reprodução total ou parcial, por qualquer meio ou processo, especialmente por sistemas gráficos, microfilmicos, fotográficos, reprográficos, fonográficos e videográficos. Vedadas a memorização e/ou a recuperação total ou parcial em qualquer sistema de processamento de dados e a inclusão de qualquer parte da obra em qualquer programa juscibernético. Essas proibições aplicam-se também às características gráficas da obra e à sua editoração.

Catálogo na fonte:
Bibliotecária Kalina Lígia França da Silva, CRB4-1408

M528i Melo, Marcos José Vieira de.
 Introdução ao projeto das instalações hidráulicas e sanitárias,
 Arquitetura e Urbanismo - UFPE [recurso eletrônico] / Marcos
 José Vieira de Melo, Ronald Fernando Albuquerque
 Vasconcelos. – Recife : Ed. UFPE, 2018.

ISBN 978-85-4151-131-5 (online)

1. Instalações hidráulicas e sanitárias. 2. Arquitetura. 3.
Construção civil. I. Vasconcelos, Ronald Fernando
I. Título.

696.1 CDD (23.ed.) UFPE (BC2018-102)

SÉRIE LIVRO-TEXTO

A Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), pautada pelos princípios da democracia, transparência, qualidade e compromisso social, assume o Ensino Superior como um bem público e um direito de todos os cidadãos. Neste sentido, estimula a melhoria das condições de trabalho docente, a inserção de metodologias de ensino inovadoras e a articulação dos conhecimentos teóricos e práticos nas diferentes áreas do saber como instrumentos de promoção da formação científica, humanística e artística que prepare nossos estudantes para a intervenção na realidade, segundo o compromisso com o desenvolvimento integral e sustentável, a equidade e a justiça social.

Assim, a UFPE, por intermédio da Pró-Reitoria para Assuntos Acadêmicos (Proacad) e a Editora Universitária (EdUFPE), oferta à comunidade acadêmica e à sociedade mais dois títulos da Série Livro-Texto, com o objetivo de contribuir para a formação da biblioteca básica do estudante de graduação e divulgação do conhecimento produzido pelos docentes desta universidade.

Os livros desta série, que contemplam diferentes áreas do saber, foram selecionados segundo as condições estabelecidas no Edital de Apoio ao Ensino de Graduação, edição de 2012, e representam o esforço dos docentes e da universidade para a produção, sistematização e divulgação do conhecimento, um dos seus principais objetivos.

É, portanto, com grande satisfação que apresentamos o livro: *Introdução ao Projeto das Instalações Hidráulicas e Sanitárias*, organizado pelos professores Marcos José Vieira de Melo e Ronald Fernando Albuquerque Vasconcelos.

Recife, dezembro de 2012.

Profª. Ana Maria Santos Cabral
Pró-Reitora para Assuntos Acadêmicos

AGRADECIMENTOS

Nós autores agradecemos:

Aos nossos pais, por tudo que fizeram pela nossa formação intelectual;

Às nossas esposas e filhos, pelas horas que lhes privamos da nossa convivência;

Aos nossos alunos, por serem fonte constante de incentivo, reflexão e inspiração;

Aos alunos Juliana Santa Cruz, Janaína Montenegro Gilsoul, Ana Sara Assis, Sammires Gorete Santos Silva, César Araújo, Paloma Bonifácio e Izabela Cavalcanti, monitores da disciplina, por toda a ajuda prestada na digitação dos manuscritos e laboração de desenho que deram origem a esta publicação.

PREFÁCIO

Quando este Livro-Texto foi escrito, o objetivo dos professores foi preencher uma lacuna existente na disciplina Instalações Hidráulicas e Sanitárias, do curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Pernambuco. Até então, os alunos eram obrigados constantemente a recorrer a publicações especializadas que, além de escassas, geralmente expunham o assunto de forma não totalmente adequada aos objetivos da disciplina.

Este texto didático visa atender principalmente, aos estudantes do curso de arquitetura que desejam obter informações sobre o assunto. Expõe de forma simplificada e prática, os conceitos básicos, no nível predial, sobre instalações de água fria, instalações de esgotos, instalações de águas pluviais destino final dos efluentes de esgotos, dispendo sobre seus principais componentes, o seu dimensionamento e das tubulações, bem como sobre recomendações das normas pertinentes.

Apesar de não se pretender esgotar todo o assunto sobre a disciplina, acredita-se que este trabalho possa vir a ser útil na formação teórica e prática, tanto do estudante de arquitetura quanto do estudante de engenharia civil, considerando a importância do conhecimento do assunto tratado nesta publicação para a elaboração mais adequada do projeto de Instalações Hidráulicas e Sanitárias dos edifícios.

Os autores

FIGURAS

Figura 1 – Exemplo de Planta Baixa e ÁREAS MOLHADAS.

Figura 2– Exemplo de Planta Baixa e DESTAQUES DAS INSTALAÇÕES.

Figura 3 – Exemplo de Planta Baixa de Detalhe escala 1:20 ou 1:25.

Figura 4– Exemplo de Planta Baixa ou Detalhe de Esgotos escala 1:20 ou 1:25.

Figura 5 – Exemplo de Planta Baixa Isométrica escala 1:20 ou 1:25.

Figura 6 – Sistema em 3D adota nos projetos.

Figura 7 – Visualização das tubulações na vertical.

Figura 8 – Exemplo de Esquema Vertical de Água Fria.

Figura 1.4.1 – Exemplo de reservatório (Fonte: NBR 5626 – 1998).

Figura 1.5.1 – Distribuição de água externa ao lote tipo espinha de peixe.

Figura 1.5.2 – Esquema de uma ligação interna

Figura 1.5.3 – Sistema de distribuição predial direto.

Figura 1.5.4 – Sistema de distribuição predial indireto sem recalque.

Figura 1.5.5 – Sistema de distribuição predial indireto com recalque.

Figura 1.5.6 – Desenho esquemático de sistema indireto hidropneumático (CREDER, 2012).

Figura 1.5.7 – Exemplo de sistema indireto hidropneumático.

Figura 1.5.8 – Exemplo de sistema indireto hidropneumático misto.

Figura 1.5.9 – Exemplo de sistema misto com poço particular.

Figura 1.6.1 – Partes componentes de uma instalação predial.

Figura 1.6.2 – Corte de alimentador predial e ramal predial

Figura 1.6.3 – Perspectiva do alimentador predial e ramal predial

Figura 1.6.4 – Cavalete e hidrômetro.

Figura 1.6.5 – Cavalete e hidrômetro.

Figura 1.6.6 – Reservatório superior individual com suas tubulações

Figura 1.6.7 – Casa de bombas em série – Fonte: Edifício JCPM

Figura 1.9.1.1 – Anexo III do Código de Obras do Município do Recife.

Figura 1.9.1.2 – Principais artigos do Código de Prevenção e Controle de Incêndios.

Figura 1.9.1.3 – Principais artigos do Código de Prevenção e Controle de Incêndios.

Figura 1.9.1.4 – Classes de Incêndios e Reservação hídrica de acordo com o CBPMPE.

Figura 1.9.1.5 – Classes de Incêndios e Reservação hídrica de acordo com o CBPMPE.

Figura 1.11.1 – Vazões em função das somas dos pesos (NBR 5626 – 1982).

Figura 1.12.3.1 – Exemplo de Prospecto Técnico (Disponível em www.cadal.com.br).

Figura 1.12.3.2 – Exemplo de Prospecto de uso de Válvulas de Descarga sob pressão.

Figura 1.12.4.1 – Tubos em pedra Museu da Água em Lisboa (Fonte: o autor)

Figura 1.12.4.2 – Tipologias e bitolas de tubulações de PVC.

Figura 1.12.4.3 – Conexão soldável e soldável com rosca metálica.

Figura 1.12.4.4 – Conexão soldável e roscável e seus diâmetros.

Figura 1.12.5.1 – Planta Baixa de um banheiro simples.

Figura 1.12.5.2 – Indicação do sistema de distribuição.

Figura 1.12.5.3 – Indicação do sistema de distribuição em AUTOCAD.

Figura 1.12.5.4 – Detalhe Isométrico em AUTOCAD.

Figura 1.12.5.5 – Vista frontal do projeto.

Figura 1.12.5.6 – Detalhes com cotas de bacia com caixa e lavatório.

Figura 1.12.6.1 – Detalhes com a definição dos trechos AB e BC.

Figura 1.12.6.2 – Dimensionamento no Método Máximo Possível.

Figura 1.12.7.1 – Planilha de Dimensionamento de Coluna.

Figura 1.12.7.2 – Ábaco para tubulações de Cobre e PVC Fair-Whipple-Hsiao.

Figura 1.12.7.3 – Ábaco de Flamant para tubulações de Cobre e PVC.

Figura 1.12.7.4 – Ábaco de Hazen-Willians para tubulações de Cobre e PVC.

Figura 1.12.7.5 – Esquema vertical definido por LETRAS em cada nó.

Figura 1.12.7.6 – Conexões observadas do trecho AE da tubulação.

Figura 1.12.7.7 – Potencial de pressão da Reserva Útil de Abastecimento.

Figura 1.12.7.8 – Pressão Requerida.

Figura 1.12.8.1 – Barrilete Superior e Inferior.

Figura 1.12.8.2 – Barrilete Ramificado.

Figura 1.12.8.3 – Barrilete Concentrado.

Figura 1.12.8.4 – Barrilete Misto.

Figura 1.12.8.5 – Barrilete Concentrado do Exemplo.

Figura 1.12.8.6 – Ábaco em PVC Fair-Whipple-Hsiao com Q e J do exemplo.

Figura 1.13.1 – Esquema típico de instalação de um conjunto motor-bomba.

Figura 1.13.2 – O Parafuso de Arquimedes.

Figura 1.13.3 – Bombas Alternativas.

Figura 1.13.4 – Bombas Rotativas.

Figura 1.13.5 – Bombas Centrífugas.

Figura 1.13.6 – Bomba Injetora.

Figura 1.13.7 – Bomba Ar Comprimido.

Figura 1.13.8 – Carneiro Hidráulico.

Figura 1.13.2.1.1 – Ábaco para a determinação do diâmetro econômico (Forchheimer).

Figura 1.13.2.2.1 – Ábaco de Forchheimer do exemplo.

Figura 1.13.3.1 – Escoamento de um líquido real em um conduto forçado.

Figura 1.13.3.2 – Escoamento em um conduto forçado de diâmetros diferentes.

Figura 1.13.3.3 – Altura Manométrica de recalque convencional.

Figura 1.13.3.4 – Gráfico de Sulzer (Macintyre, 2010).

Figura 1.13.4.1 – Exemplo de gráfico de escolha de bomba 1.

Figura 1.13.4.2 – Exemplo de gráfico de escolha de bomba 2.

Figura 1.13.4.3 – Exemplo de gráfico de escolha de bomba 1.

Figura 1.13.4.4 – Projeto exemplo de medição individualizada.

Figura 1.13.4.5 – Gráfico do diâmetro da tubulação de recalque

Figura 1.13.4.6 – Comprimentos equivalentes em metros de canalização de PVC rígido ou cobre.

Figura 1.13.4.7 – Cálculo do dimensionamento do conjunto motor bomba

Figura 1.13.4.8 – Cálculo do dimensionamento do conjunto motor bomba

Figura 1.13.4.9 – Conexões no recalque 1”

Figura 1.13.4.10 – Projeto exemplo do dimensionamento conjunto motor bomba

Figura 1.13.4.11 – Conexões no recalque 1 1/2”

Figura 1.13.4.12 – Conexões no sucção 2”

Figura 2.3.1 – Projeto de esgoto

Figura 2.3.2 – Sifão

Figura 2.3.3 – Partes componentes de instalação de esgoto

Figura 2.3.4 – Detalhe de ventilação

Figura 2.5.1 – Afastamento de coluna de ventilação de janelas, vãos, portas, etc.

Figura 2.5.2 – Ligações do tubo ventilador

Figura 2.6.5 – Esquema mostrando coletor e sub-coletores de um edifício

Figura 2.6.6 – Corte de caixa de gordura
Figura 3.3.1 - Rufo de concreto
Figura 3.3.2 - Calha de concreto
Figura 3.3.3 - Calha de alumínio
Figura 3.3.4 – Mostra Condutor em Concreto e em tubos de PVC
Figura 3.3.5 – Gárgula em concreto
Figura 3.3.6 – Buzinote em tubo de PVC
Figura 3.3.7 – Buzinote em tubo de amianto
Figura 3.3.8 – Gárgula em concreto
Figura 3.3.9 – Pingadeira no concreto
Figura 3.5.1 - Esquema de componentes
Figura 3.6.1.1 - Esquema de áreas de contribuição de vazão
Figura 3.6.1.2 – Influência do vento na inclinação da chuva
Figura 3.6.2.1 – Calha de seção retangular
Figura 3.6.3.1 – Ábaco: Calha com saída em aresta viva
Figura 3.6.3.2 – Ábaco: Calha com saída em aresta viva
Figura 4.3.4.10 – Geometria dos Tanques Sépticos
Figura 4.4.1 – Geometria das Valas de Infiltração
Figura 4.4.2 – Geometria dos Sumidouros
Figura 4.4.3 – Geometria dos Filtros Anaeróbios

TABELAS

Tabela 1.3.1 – Instalações e equipamentos de apoio. Fonte: Código de Obras do Recife.

Tabela 1.9.1– Previsão de população segundo a área adotada (CREDER, 2012).

Tabela 1.9.2 – Consumo predial diário por tipologia de edificação.

Tabela 1.10.1.1 – Consumo predial diário por tipologia de edificação.

Tabela 1.11.1 – Vazões de projeto e pesos relativos dos pontos de utilização.

Tabela 1.11.2 – Vazões de projeto e pesos relativos dos pontos de utilização ATUAL.

Tabela 1.11.3 – Seções equivalentes em capacidade equivalentes de vazão em canalizações.

Tabela 1.11.4 – Probabilidade de uso simultâneo dos aparelhos sanitários sob condições normais.

Tabela 1.12.1.1 – Velocidades e vazões máximas nas tubulações.

Tabela 1.12.3.1 – Pressões Estáticas e Dinâmicas nos pontos de utilização.

Tabela 1.12.4.1 – Bitola das tubulações em PVC.

Tabela 1.12.5.1 – Diâmetros mínimos das ligações.

Tabela 1.12.7.1 – Passos para dimensionamento da coluna.

Tabela 1.12.7.2 – Comprimentos equivalentes para tubulações em cobre e PVC.

Tabela 1.12.7.3 – Comprimentos equivalentes para tubulações em Ferro Galvanizado.

Tabela 1.12.7.4 – Valores de C da Fórmula de Hazen-Willians.

Tabela 1.12.7.5 – Preenchimento das colunas de 0 a 3 da planilha.

Tabela 1.12.7.6 – Somatório dos pesos unitários em um pavimento Col. 1 do Projeto.

Tabela 1.12.7.7 – Somatório dos pesos unitários em um pavimento Col. 2 do Projeto.

Tabela 1.12.7.8 – Somatório dos pesos unitários em um pavimento Col. 3 do Projeto.

Tabela 1.12.7.9 – Preenchimento das colunas de 4 a 7 da planilha.

Tabela 1.12.7.10 – Comprimento equivalente das tubulações conforme o diâmetro adotado.

Tabela 1.12.7.11 – Preenchimento das colunas de 8 a 15 da planilha.

Tabela 1.12.7.12 – Comprimento equivalente adotado em novas opções.

Tabela 1.12.7.13 – Comprimento equivalente das tubulações da Coluna 2.

Tabela 1.12.7.14 – Comprimento equivalente adotado em nova opção na Coluna 2.

Tabela 1.12.7.15 – Comprimento equivalente adotado na Coluna 3.

Tabela 1.12.7.16 – Comprimento equivalente adotado em nova opção na Coluna 3.

Tabela 1.12.7.17 – Preenchimento completo das colunas da planilha até a coluna 7.

Tabela 1.12.7.18 – Preenchimento completo das colunas da planilha até a coluna 8 até a15.

Tabela 1.12.8.1 – Pesos e diâmetros das colunas do exemplo de barrilete.

Tabela 1.12.8.2 – Pesos e diâmetros das colunas do exemplo de barrilete.

Tabela 1.12.8.3 – Diâmetros dos trechos do barrilete em Seções Equivalentes.

Tabela 1.13.2.1.1 – Diâmetros das Tubulações de Recalque.

Tabela 1.13.2.2.1 – Diâmetros das Tubulações de Recalque do exemplo.

Tabela 1.13.3.1 – Rendimentos hidráulicos aproximados de bombas centrífugas.

Tabela 1.13.3.2 – Margem de segurança na escolha das bombas.

Tabela 1.13.3.3 – Potência dos motores de bombas nacionais em CV..

Tabela 2.4.1 – Materiais empregados

Tabela 2.5.1 – Distância máxima de um desconector ao tubo ventilador

Tabela 2.6.1.1 – Unidades Hunter de Contribuição (UHC) dos aparelhos sanitários.

Tabela 2.6.2.1 – Dimensionamento de ramais de esgoto

Tabela 2.6.3.1 – Dimensionamento de tubo de queda

Tabela 2.6.4.1 – Dimensionamento de ramal de ventilação

Tabela 2.6.4.2– Dimensionamento de coluna de ventilação

Tabela 2.6.4.3 – Distância de um desconector ao tubo de ventilação que o serve.

Tabela 2.6.5.1 – Dimensionamento de coletor predial e subcoletor

Tabela 3.6.1.1 – Índice pluviométrico

Tabela 3.6.2.1 - Coeficientes de rugosidade

Tabela 3.6.2.2 - Coeficientes multiplicativos da vazão de projeto

Tabela 3.6.2.3 – Vazões em l/mim em calhas retangulares de concreto liso, lâmina d'água a meia altura

Tabela 3.6.4.1 – Capacidade de condutores horizontais de seção circular (vazões em l/mim)

Tabela 4.3.4.3.1 – Contribuições unitárias de esgotos (C) e de lodo fresco (Lf) por tipo de prédio e de ocupantes.

Tabela 4.3.4.4.1 – Tempo de Detenção

Tabela 4.4.1.1 – Taxa de Absorção dos principais tipos de solo.

EQUAÇÕES

Equação 1.3.1– Consumo Diário

Equação 1.3.2 – Reservação Total

Equação 1.3.3 – Reservação Total Completa

Equação 1.3.4 – Volume do Reservatório Inferior

Equação 1.3.5 – Volume do Reservatório Superior

Equação 1.9.1 – Consumo diário total predial

Equação 1.9.1.1– Reservatório Inferior Código Obras

Equação 1.11.1 – Vazão das Tubulações

Equação 1.12.1.1 – Velocidade Máx. das Tubulações

Equação 1.12.1.2 – Velocidade das Tubulações sob Pressão

Equação 1.12.7.1 – Vazão em Tubos FG, F-W-H

Equação 1.12.7.2 – Perdas de Carga em Tubos FG, F-W-H

Equação 1.12.7.3 – Vazão em Tubos Cobre c/ AQ, F-W-H

Equação 1.12.7.4 – Vazão em Tubos PVC AF, F-W-H

Equação 1.12.7.5 – Perdas de Carga em Tubos PVC AF, F-W-H

Equação 1.12.7.6 – Perdas de Carga em Tubos FG, FLAMANT

Equação 1.12.7.7 – Perdas de Carga em Tubos FG, FLAMANT

Equação 1.12.7.8 – Perdas de Carga em Tubos PVC, FLAMANT

Equação 1.12.7.9 – Vazão em Tubos PVC AF, FLAMANT

Equação 1.12.7.10 – Vazão em Tubos AF, Hazen-Willians

Equação 1.12.7.11 – Velocidade em Tubos AF, Hazen-Willians

Equação 1.12.7.12 – Perdas de Carga em Tubos AF, Hazen-Willians

Equação 1.13.2.1.1 – Diâmetro de Recalque (Fórmula de Forchheimer)

Equação 1.13.2.1.2 – Diâmetro de Recalque com Cd e h (Fórmula de Forchheimer)

Equação 1.13.3.1 – Equação de Bernouilli.

Equação 1.13.3.2 – Perdas de carga.

Equação 1.13.3.3 – Comprimento da Tubulação.

Equação 1.13.3.4 – Altura Manométrica.

Equação 1.13.3.5 – Altura Manométrica Total.

Equação 1.13.3.6 – Potência hidráulica do Motor-Bomba.

Equação 1.13.3.7 – Potência do Motor-Bomba em CV.

Equação 1.13.3.8 – Potência do Motor-Bomba em CV.

Equação 1.13.3.9 – Rendimento do conjunto Motor-Bomba.

Equação 1.13.3.10 – NPSH disponível.

Equação 1.13.3.11 – Condição de funcionamento do NPSH.

Equação 2.6.6.1 – Volume da Caixa de Gordura

Equação 3.5.1 – Raio Hidráulico

Equação 3.6.1.1 – Vazão para Dimensionamento das Calhas

Equação 3.6.2.1 – Vazão da Calha pela Fórmula de Manning-Strickler

Equação 4.3.4.1.1 – Volume Útil da Fossa Séptica

Equação 4.4.1.1.1 – Área de Absorção

Equação 4.4.3.1.1 – Volume Útil do Filtro Anaeróbio

INTRODUÇÃO

As Instalações Hidráulicas e Sanitárias Prediais são fundamentais para a salubridade, funcionamento adequado e conforto de uma edificação.

Com as novas concepções construtivas, inovações tecnológicas e renovação das normas técnicas, são de fundamental importância para um profissional da área, o pleno conhecimento dos conceitos básicos de Instalações Hidráulicas, que possibilitem a adoção de alternativas inovadoras para a solução dos novos problemas que se apresentam.

A concepção de um projeto de instalações hidráulicas tem como base o projeto de arquitetura. O projeto deve conter as condições mínimas que possibilitem a elaboração dos demais projetos complementares e de apoio ao de arquitetura. Todos são importantes para o perfeito funcionamento da edificação ao longo do tempo.

O desconhecimento de conceitos essenciais de instalações e a falta de entrosamento entre os vários profissionais envolvidos na execução da edificação e na sua construção, normalmente acarretam defeitos construtivos que terão uma repercussão negativa para o usuário final. Acontece que, temos hoje no País, leis cada vez mais rígidas, incluindo-se dentre e elas a Lei do Consumidor, que obriga aos responsáveis por falhas construtivas o seu conserto e correção sem custos para o comprador ou usuário final.

Nas cidades em desenvolvimento e grandes metrópoles é grande o número de empreendimentos construtivos voltados para a utilização humana.

No caso específico de Instalações Hidráulicas, os órgãos fiscalizadores do estado de Pernambuco tais como: CREA – Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia, COMPESA – Companhia Pernambucana de Saneamento, CPRH – Companhia Pernambucana de Controle dos Recursos Hídricos de Pernambuco, CBPMPE – Corpo de Bombeiros da Polícia Militar de Pernambuco e a PCR – Prefeitura da Cidade de Recife, têm atuação restrita durante a execução do projeto.

Além da deficiência na fiscalização dos serviços quando da sua execução pelos órgãos públicos já citados, capazes de exigir uma perfeita elaboração dos projetos e obras, percebe-se a pequena quantidade de escolas voltadas para o ensino e a preparação de profissionais da área de construção, com

especialização em instalações hidro-sanitárias.

O encanador ou bombeiro hidráulico é formado quase sempre dentro da construção, por simples acompanhamento de um profissional mais antigo no ofício. No entanto, todas as responsabilidades decorrentes dos seus serviços são atribuídas ao Engenheiro ou Arquiteto responsável pela construção junto aos órgãos fiscalizadores e ao futuro usuário final.

A grande maioria das construções urbanas apresenta falhas construtivas observadas nos primeiros anos de utilização. Levantamentos sobre problemas construtivos demonstram que o maior percentual destes vícios se observa nos problemas decorrentes de instalações hidráulicas, tais como:

- 1) Vazamentos diversos entre pavimentos (tubulações de água fria, esgotos e águas pluviais);
- 2) Infiltrações, entupimentos e alagamentos decorrentes das Instalações de Águas Pluviais;
- 3) Problemas com a ventilação dos esgotos, com a presença de um constante odor provocado pelo retorno dos gases existentes nas tubulações;
- 4) Infiltrações e vazamentos ao nível de piso, de extremo risco, visto que resultam em afundamentos da pavimentação e agressão as fundações existentes.

O posicionamento inadequado de área de manutenção (**shafts**) de instalações hidráulicas, já oferece não só um custo maior na construção, como uma maior dificuldade de manutenção predial ao longo do tempo da vida útil da edificação.

O projeto das instalações prediais, em sua elaboração e responsabilidade técnica, deve ser feito por projetista com formação profissional de **nível superior**, legalmente habilitado e qualificado, com experiência em execução de obras comprovada.

Em todas as peças gráficas do projeto, em qualquer nível do seu desenvolvimento a) estudo preliminar; b) projeto básico; c) projeto executivo e d) projeto realizado ou *As Built* (é uma expressão inglesa que significa “como construído”), devem constar os dados de registro do profissional responsável junto ao CREA (Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia) ou ao CAU (Conselho de Arquitetura e Urbanismo), a saber:

número da carteira e da região.

Nos projetos, é muito importante que estes sejam elaborados de maneira a permitir uma fácil compreensão e leitura, facilite a execução construtiva e posterior manutenção quando requerida, tudo dentro dos padrões de norma e perfeito funcionamento.

Os projetos serão definidos de acordo com sua finalidade e uso. No geral, tem-se a necessidade de elaboração de projetos independentes para:

- a) Instalações de água fria, potável e não potável e água quente;
- b) Instalações de Prevenção e Combate a Incêndios;
- c) Esgotos;
- d) Destino final dos esgotos;
- e) Águas pluviais.

Em cada um dos projetos já mencionados, existem situações que requerem mais projetos específicos e detalhados, que serão apresentados no decorrer do texto. É importante salientar, a independência que estes projetos passam a ter, não podendo fugir de sua total interligação com os demais projetos e a obediência ao de arquitetura.

Na grande maioria das vezes o bom entrosamento entre vários profissionais envolvidos, permite modificações na concepção original arquitetônica que proporcionarão um menor custo e uma melhoria da qualidade final da construção.

O conhecimento sobre as normas vigentes é de fundamental importância. Existe, no entanto, a flexibilidade decorrente do uso de normas brasileiras, municipais, locais e internacionais, além da existência de peças e equipamentos que permitem a criatividade na elaboração integral do projeto como foi concebido.

A segurança e o bem estar do usuário devem ser um dos principais objetivos a serem alcançados na elaboração de um projeto. A norma pode até estar sendo obedecida, porém, se o resultado final provoca prejuízos ao usuário, esta norma deverá ser revista e o atendimento as necessidades completas que se fazem necessário é que deve prevalecer.

As normas funcionam como um orientador de padrão mínimo de execução. O bom senso e o atendimento as necessidades da construção e suas particularidades de bem estar e conforto é que devem prevalecer.

PROJETOS COMPONENTES DE UM SISTEMA DE INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS

Definido o projeto de Arquitetura com as suas características de uso e destinação, o Engenheiro Civil, Arquiteto, Técnico em edificações, todos habilitados junto ao CREA, e com conhecimentos técnicos suficientes para uma boa elaboração do projeto de Instalações Hidráulicas, adotará os seguintes passos:

- 1) Definir as áreas molhadas;
- 2) Destacar estas áreas e suas respectivas peças de uso;
- 3) Planejar a apresentação do projeto de Instalações Hidráulicas que deverão possuir as seguintes PLANTAS (variando de projeto para projeto):

3.1) PLANTAS GERAIS

- PLANTA BAIXA DE CADA PAVIMENTO (escala 1:50)
- PLANTA DE LOCAÇÃO E SITUAÇÃO (escala 1:50)
- PLANTA DE COBERTA, COM DESTAQUE PARA AS CALHAS, BARRILETE DE DISTRIBUIÇÃO E CHEGADA DAS TUBULAÇÕES DE ESGOTO (escala 1:50)

3.2) PROJETO DE ÁGUA FRIA

- PLANTA DE DETALHE ISOMÉTRICO DE ÁGUA FRIA E ÁGUA QUENTE (escala 1:25 ou 1:20)
- PLANTA DE ESQUEMA VERTICAL (escala 1:50)
- PLANTA DE DETALHES ESPECÍFICOS (escala 1:25 ou 1:20)

3.3) PROJETO DOS ESGOTOS E ÁGUAS PLUVIAIS

- PLANTA DE DETALHE DOS ESGOTOS (escala 1:25 ou 1:20)
- PLANTA DE ESQUEMA VERTICAL (escala 1:50)
- PLANTA DE DETALHES ESPECÍFICOS (escala 1:25 ou 1:20)

3.4) PLANTA DOS DESTINOS FINAIS DOS ESGOTOS

- PLANTA DE LOCAÇÃO E SITUAÇÃO (escala 1:50)
- PLANTA DE DETALHES ESPECÍFICOS (escala 1:25 ou 1:20)

Obs.: Quando necessário podemos inclusive separar Esgotos de Águas Pluviais

- 4) Desenvolver o memorial descritivo do projeto;
- 5) Apresentar a memória de cálculo do projeto.

ÁREAS DEFINIDAS COMO MOLHADAS

Para uma perfeita compreensão do projeto é importante se destacar nas plantas baixas e demais plantas arquitetônicas os trechos considerados ÁREAS MOLHADAS, para facilitar a sua identificação e limitação (Figura1).

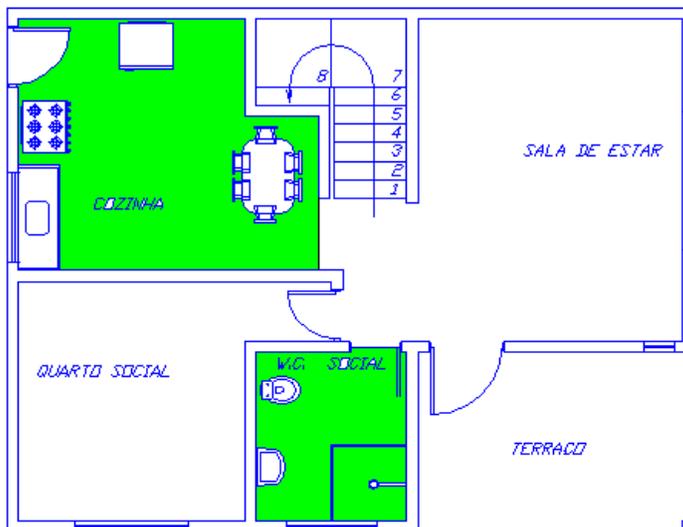


Figura 1 – Exemplo de Planta Baixa e ÁREAS MOLHADAS.

Em qualquer projeto de prédio, devemos destacar as áreas onde serão necessárias as instalações hidráulicas, e suas principais informações serão salientadas do Projeto de Arquitetura, tornando assim fácil sua visualização e fiscalização.

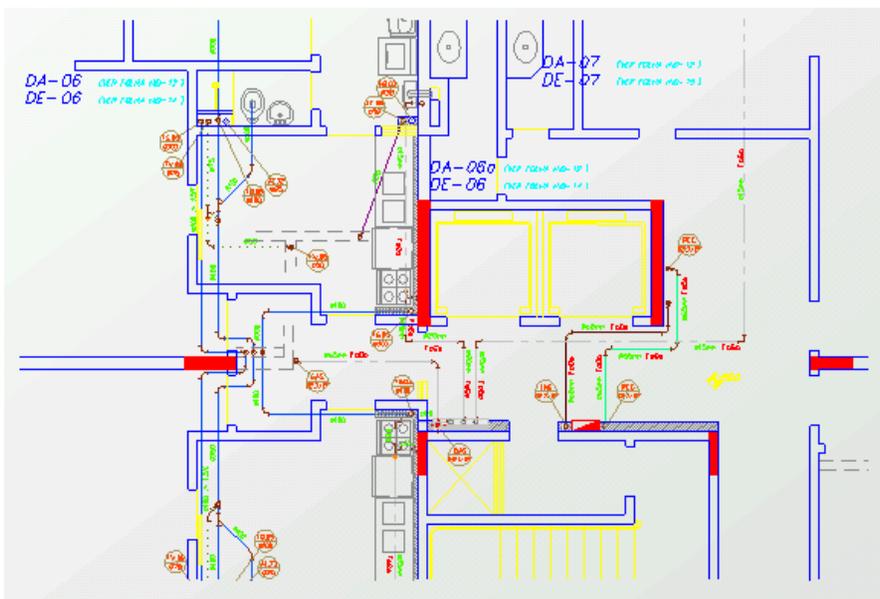


Figura 2– Exemplo de Planta Baixa e DESTAQUES DAS INSTALAÇÕES.

As ÁREAS MOLHADAS serão trabalhadas com instalações hidráulicas que viabilizarão o seu perfeito funcionamento e a existência da edificação para a finalidade desejada.

Quanto melhor sua concentração; digamos maior sua proximidade; maior será sua economia em termos de metragem de peças utilizadas (otimizando assim as instalações).

PLANTAS DE DETALHES

Deverão ser feitas tantas plantas de detalhes quanto se fizerem necessárias para uma perfeita compreensão do projeto.

Deverão ser construídas as tubulações em função do seu diâmetro, com especificação da declividade e o sentido do fluxo, levando-se em consideração as peças definidas e seus respectivos gabaritos de instalação.

Observem também que existe o destaque das Instalações definidas do projeto de Arquitetura propriamente dito.

PENAS ADOTADAS:

- Arquitetura - 0,01
- Instalações - de 0,1 a 0,7

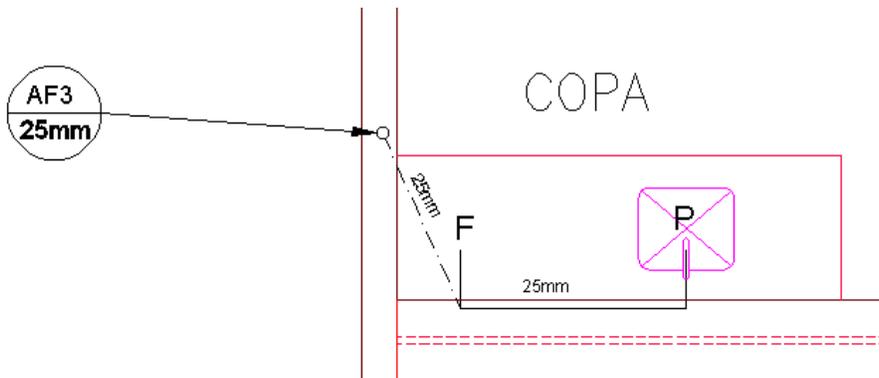


Figura 3 – Exemplo de Planta Baixa de Detalhe escala 1:20 ou 1:25.

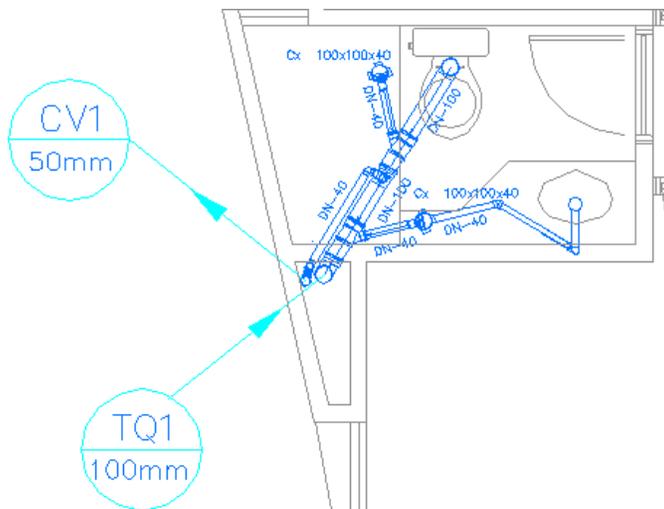


Figura 4– Exemplo de Planta Baixa ou Detalhe de Esgotos escala 1:20 ou 1:25.

Existe uma PLANTA DE DETALHE ISOMÉTRICO, que é adotado em projetos de Água Fria de forma mais comum, em virtude da necessidade de se conhecer melhor as instalações existentes, dimensões e posicionamento das peças.

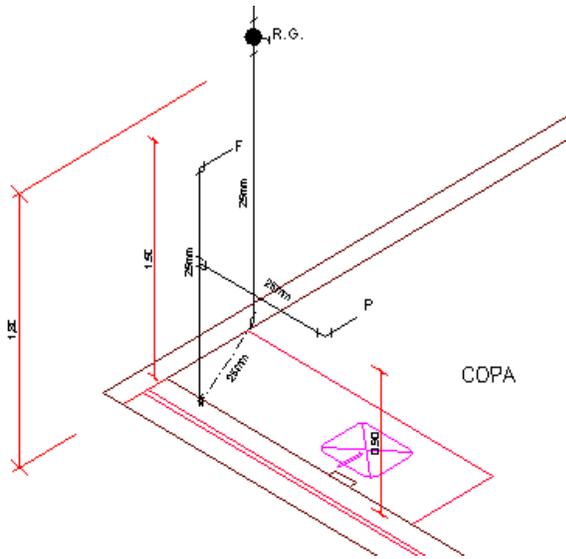


Figura 5 – Exemplo de Planta Baixa Isométrica escala 1:20 ou 1:25.

A planta pode adotar o detalhe que melhor lhes proporcione a visão do sistema a ser aplicado. Sempre com a projeção no piso das peças arquitetônicas envolvidas.

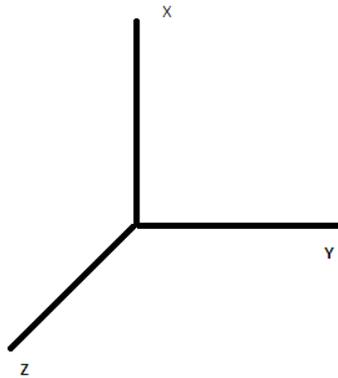


Figura 6 – Sistema em 3D adota nos projetos.

ESQUEMA VERTICAL

Tem-se ainda um projeto importantíssimo, que é o ESQUEMA VERTICAL.

Neste projeto, se destacam as tubulações verticais, facilitando assim sua mensuração e caminhos a serem percorrido verticalmente. A forma de expressar o que se observa verticalmente depende da melhor maneira de posicionar a visão da edificação. Não importa que o prédio tenha várias unidades em um mesmo pavimento e com tubulações que visualizando de fora estariam coincidentes, o que se faz é reproduzir as tubulações de forma que não coincidam e que permita sua exata quantificação e compreensão.

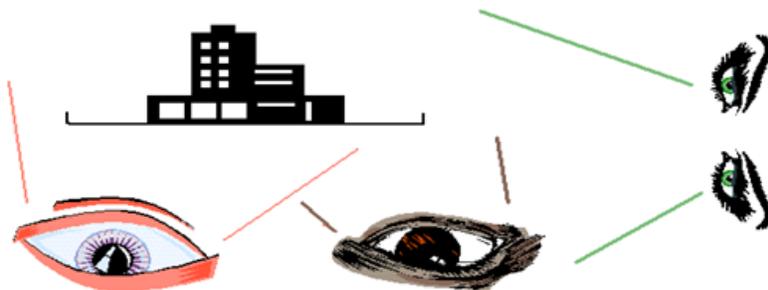


Figura 7 – Visualização das tubulações na vertical.

PARTES COMPONENTES DE INSTALACOES PREDIAIS DE ÁGUA FRIA

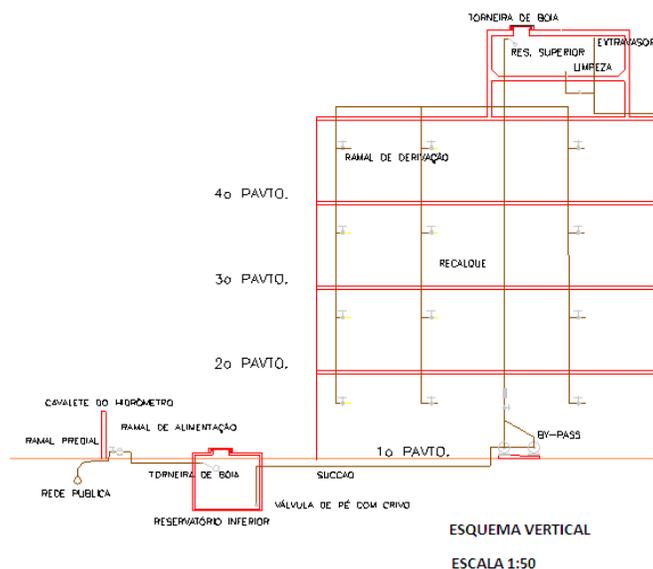


Figura 8 – Exemplo de Esquema Vertical de Água Fria.

CAPITULO 1: INSTALAÇÕES PREDIAIS DE ÁGUA FRIA

1.1 CONCEITO

É o conjunto de tubulações, conexões, peças, aparelhos sanitários, que permitem levar a água da rede pública até os pontos de consumo ou de utilização dentro da edificação em quantidade e qualidade suficientes. A instalação predial começa na tomada inicial da água, geralmente no ramal predial, estendendo-se até as peças de utilização de água fria.

1.2 NORMAS

Lei de Edificações e Instalações da cidade do Recife - Lei Nº 16. 292 (Código de Obras do Recife), NBR 5626-1982 e NBR 5626-1998

O desenvolvimento do projeto é regulado pelas normas e exigências definidas pelos órgãos responsáveis pelo abastecimento predial do município, pela própria edilidade municipal, através do Código de Obras de onde será executada a construção, e pelas condições técnicas locais existentes, tendo como princípio à orientação definida na norma técnica brasileira.

No que diz respeito aos projetos, a NBR-5626 de 1998 traz informações preliminares que deverão ser levantadas pelo projetista:

- a) características do consumo predial (volumes, vazões máximas e médias, características da água, etc.);
- b) características da oferta de água (disponibilidade de vazão, faixa de variação das pressões, constância do abastecimento, características da água, etc.);
- c) necessidades de reservação, inclusive para combate a incêndio;
- d) no caso de captação local de água, as características da água, a posição do nível do lençol subterrâneo e a previsão quanto ao risco de contaminação.

1.3 CONSUMO DIÁRIO

Primeiro item a ser analisado pelo projetista, com repercussão em todo o projeto. De acordo com o Código de Obras do Recife o consumo de água é dado (Equação 1):

$$Cd = C \times P$$

Equação 1.3.1– Consumo Diário

Onde:

Cd é o consumo diário total predial, em litros por dia (l/dia);

C é o consumo diário por pessoa estimado; e

P é a população da edificação.

OBS: É muito comum na maioria das cidades brasileiras adotar-se a seguinte proporção populacional:

- 1 Quarto social ou reversível = 2 Pessoas
- 1 Quarto de serviço= 1 Pessoa
- Zeladoria = varia de acordo com o número de zeladores por turno de trabalho.

Atenção: Estes valores e definições podem variar de cidade para cidade devido às suas peculiaridades

Para encontrar os valores do consumo diário por pessoa estimado e a população da edificação, o “Código de Obras” estabelece em seus artigos 133, 134 e 135 dados e exigências de importância para os projetos elaborados na Cidade do Recife.

Art. 133. As edificações deverão dispor de reservatórios superior e inferior, destinados a acumular a água necessária ao consumo dos seus ocupantes.

Parágrafo Único. Para cálculo do volume dos reservatórios, deve ser tomado por base o estabelecido no Anexo III, **Tabela I**, da presente Lei.

USOS	ATIVIDADES	DENSIDADE POPULACIONAL	RESERVATÓRIO DE ÁGUA SUPERIOR (1) Volume / Pessoa (2)
HABITACIONAL	UNIFAMILIAR E MULTIFAMILIAR	02 pessoas por quarto	150L por pessoa
NÃO HABITACIONAL	Comércio varejista	01 pessoa a cada 7m ² de área construída	80L por pessoa
	Comércio atacadista	01 pessoa a cada 30m ² de área construída	80L por pessoa
	Serviços técnicos, financeiros, pessoais, de reparação, diversionais e religiosos e serviço público (governamental)	01 pessoa a cada 7m ² de área construída	80L por pessoa
	Serviço de saúde	2,5 pessoas por leito	160L por pessoa
	Serviço de educação	01 aluno a cada 1,5m ² de sala	40L por aluno
	Serviço de hotelaria	02 pessoas por quarto	200L por pessoa
	Indústrias	01 pessoa a cada 30m ² de área construída	80L por pessoa
MISTO	Habitacional + Não habitacional	obs.3	obs.4
	Não habitacional + Não habitacional	obs.3	obs.4
OBSERVAÇÕES:			
1. O reservatório d'água inferior deverá ter o dobro do volume calculado para o reservatório superior.			
2. Os volumes dos reservatórios d'água inferior serão acrescidos de uma reserva para preservação de incêndio, de acordo com as normas do Corpo de Bombeiros do Estado de Pernambuco.			
3. A densidade populacional deverá ser aquela específica para as atividades inseridas na edificação.			
4. As quantidades estabelecidas para o volume por pessoa deverão atender as quantidades indicadas para as atividades inseridas na edificação			

Tabela 1.3.1 – Instalações e equipamentos de apoio. Fonte: Código de Obras do Recife.

Art. 134. Ficam dispensadas da exigência de que trata o artigo anterior, as edificações destinadas a:

I – usos unifamiliares, de até 02 (dois) pavimentos;

II – usos unifamiliares, acoplados por superposição ou justaposição, de até 02 (dois) pavimentos;

III – conjunto de edificações de uso habitacional, isoladas ou acopladas de até 02 (dois) pavimentos, desde que o número de unidades seja igual ou inferior a 12 (doze).

Art. 135. Nas edificações de uso habitacional, não habitacional ou misto, para as quais sejam exigidas reservas de água para combate a incêndio, os volumes dos reservatórios superiores devem ser acrescidos da reserva prevista nas normas do Corpo de Bombeiro Militar do Estado de Pernambuco.

Parágrafo Único. O volume de água a ser acrescido aos reservatórios das edificações, na forma prevista neste artigo, deverá obedecer aos parâmetros estabelecidos pelas normas regulamentadoras do Corpo de Bombeiros.

Além do Código de Obras temos as Normas Brasileiras Regulamentadas NBR-5626 de 1982 e de 1998. Estas Normas são aplicáveis à instalação predial que possibilita o uso doméstico da água em qualquer tipo de edifício, residencial ou não, e prevê a possibilidade de uso de água potável e de água não potável.

Apesar da NBR5626 de 1982 ter sido substituída é importante estudá-la visto que é de grande contribuição para a concepção de um projeto dentro de princípios de bom desempenho da instalação e da garantia de potabilidade da água. O uso da Equação 2, permite uma melhor proteção para situações desconhecidas e de problemas possíveis de ocorrer no abastecimento de água da edificação.

De acordo com a NBR 5626-1982:

$$1Cd \leq Rt \leq 3Cd$$

Equação 1.3.2 – Reservação Total

Onde:

Cd é o consumo diário; e

Rt é a reservação total recomendada.

Em caso de desconhecimento das particularidades locais de fornecimento de água existente:

Rs – Reservatório Superior = 2/5 Rt ou 0,4Rt

Ri – Reservatório Inferior = 3/5 Rt ou 0,6Rt

A norma brasileira NBR5626 de 1998 estabelece recomenda uma maior apreciação das possíveis necessidades de reservação resultando uma variação da equação anterior na Equação 3:

$$R_{tc} = V_{ri} + V_{rs}$$

Equação 1.3.3 – Reservação Total Completa

O que resulta em:

$$V_{ri} = 0,6 Cd + Nd Cd + (V_{cis} + V_{ac})$$

Equação 1.3.4 – Volume do Reservatório Inferior

$$V_{rs} = 0,4 Cd + V_{cih} + (V_{ac})$$

Equação 1.3.5 – Volume do Reservatório Superior

Onde:

Rt é a reservação total recomendada.

Vri é o volume do reservatório inferior;

Cd é o consumo diário;

Vrs é o volume do reservatório superior;

Nd é o número de dias onde ocorre falta d' água;

Vcis é o volume para combate a incêndio com sprinklers;

Vcih é o volume para combate a incêndio com hidrantes; e

Vac é o volume necessário para o sistema de ar condicionado.

1.4 RESERVATÓRIOS

Devem ser projetados e construídos de maneira que:

- Sejam perfeitamente estanques;
- Possuem paredes lisas, executadas com materiais que não alterem a qualidade da água e que resistam ao ataque de substâncias que possam estar na água;
- Impossibilitem o acesso de elementos que poluam ou contaminem a água;
- Com abertura para inspeção, limpeza e eventuais reparos, em dimensões mínimas de 0,60m x 0,60m ou superior, que permita seu acesso fácil e seguro;
- Dotados de extravasor; e,
- Adotem canalização para esgotamento e limpeza. Lembrando ainda que quando a área do fundo for superior a 2 m², esta deverá ser inclinada a fim de permitir o seu perfeito esvaziamento.

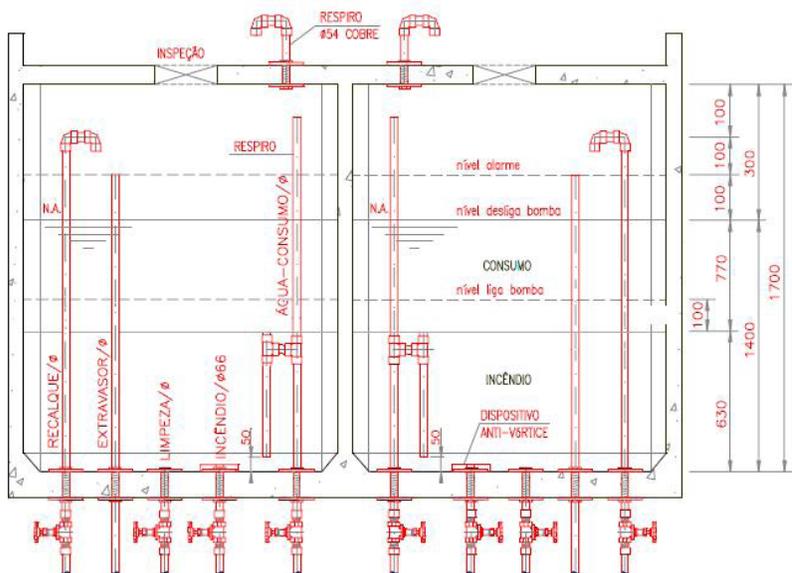


Figura 1.4.1 – Exemplo de reservatório (Fonte: NBR 5626 – 1998).

De acordo com a NBR 5626-1998 deve-se observar os seguintes parágrafos:

5.2.5.1 A capacidade dos reservatórios de uma instalação predial de água fria deve ser estabelecida levando-se em consideração o padrão de consumo de água no edifício e, onde for possível obter informações, a frequência e duração de interrupções do abastecimento. Algumas vezes, a interrupção do abastecimento é caracterizada pelo fato de a pressão na rede pública atingir valores muito baixos em determinados horários do dia, não garantindo o abastecimento dos reservatórios elevados ou dos pontos de utilização. O volume de água reservado para uso doméstico deve ser, no mínimo, o necessário para 24h de consumo normal no edifício, sem considerar o volume de água para combate a incêndio. No caso de residência de pequeno tamanho, recomenda-se que a reserva mínima seja de 500 L. O autor considera este valor mínimo pouco conveniente, sugerindo o mínimo de 1.000 litros. Para o volume máximo de reservação, recomenda-se que sejam atendidos dois critérios: garantia de potabilidade da água nos reservatórios no período de detenção médio em utilização normal e, em segundo, atendimento à disposição legal ou regulamento que estabeleça volume máximo de reservação. A concessionária deve fornecer ao projetista o valor estimado do consumo de água por pessoa por dia, em função do tipo de uso do edifício.

5.2.5.2 Nos casos em que houver reservatórios inferior e superior, a divisão da capacidade de reservação total deve ser feita de modo a atender às necessidades da instalação predial de água fria quando em uso normal, às situações eventuais onde ocorra interrupção do abastecimento de água da fonte de abastecimento e às situações normais de manutenção. O estabelecimento do critério de divisão deve ser feito em conjunto com a adoção de um sistema de recalque compatível e com a formulação de procedimentos de operação e de manutenção da instalação predial de água fria.

5.2.5.3 Reservatórios de maior capacidade devem ser divididos em dois ou mais compartimentos para permitir operações de

manutenção sem que haja interrupção na distribuição de água. São excetuadas desta exigência as residências unifamiliares isoladas. O autor considera de maior capacidade um reservatório a partir de 2.000 litros.

5.2.5.5 O posicionamento relativo entre entrada e saída de água deve evitar o risco de ocorrência de zonas de estagnação dentro do reservatório. Assim, no caso de um reservatório muito comprido, recomenda-se posicionar a entrada e a saída em lados opostos relativamente à dimensão predominante. Nos reservatórios em que há reserva de água para outras finalidades, como é o caso de reserva para combate a incêndios, deve haver especial cuidado com esta exigência. Quando a reserva de consumo for armazenada na mesma caixa ou célula utilizada para reserva de combate a incêndio, devem ser previstos dispositivos que assegurem a recirculação total da água armazenada.

5.2.5.6 A extremidade da tomada de água no reservatório deve ser elevada em relação ao fundo deste reservatório para evitar a entrada de resíduos eventualmente existentes na rede predial de distribuição. A altura dessa extremidade, em relação ao fundo do reservatório, deve ser relacionada com o diâmetro da tubulação de tomada e com a forma de limpeza que será adotada ao longo da vida do reservatório. Em reservatório de pequena capacidade (por exemplo: para casas unifamiliares, pequenos edifícios comerciais, etc.) e de fundo plano e liso, recomenda-se uma altura mínima de 2 cm. No caso específico de reservatório de fibrocimento (cimento-amianto), a NBR 5649 dispõe que a tomada de água esteja 3 cm acima da região mais profunda do reservatório.

1.5 TIPOS DE SISTEMA DE ABASTECIMENTO D'ÁGUA

Há dois tipos de classificação:

i) De acordo com a distribuição externa ao lote: (abastecimento predial):

Temos como exemplo a figura 1.5.1, tipo de abastecimento denominado espinha de peixe.

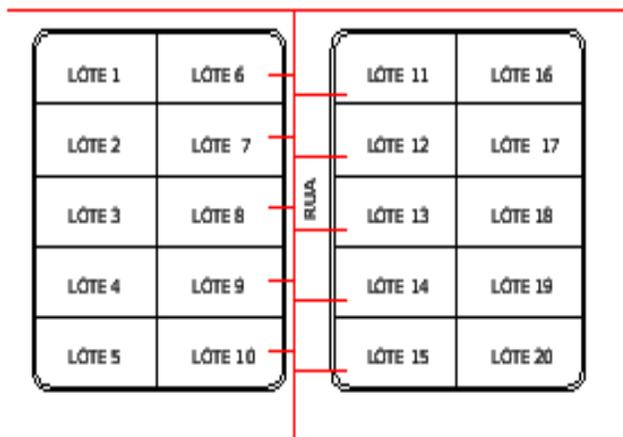


Figura 1.5.1 – Distribuição de água externa ao lote tipo espinha de peixe.

- Público – fornecido por uma concessionária local garantindo a potabilidade da água;
- Privado – por um fornecedor privado ou do próprio lote em caso de poço ou captação de um curso de água existente;
- Misto – quando se adota um público e o outro privado que pode ser um poço particular para determinadas atividades alimentando só algumas áreas da edificação, de águas pluviais (água não potável) ou ainda da captação de uma fonte de água existente.

A maior parte das edificações multifamiliares verticais de alto poder aquisitivo em Recife possui um poço particular para complementar o abastecimento da concessionária, sendo considerado, portanto uma distribuição no lote de tipo mista.

ii) De acordo com a distribuição interna do lote: (sistema de distribuição predial)

As ligações nos lotes normalmente possuem os elementos apresentados na figura 1.5.2, podendo ser o hidrômetro aplicado na calçada ou em muro frontal de divisa da edificação.

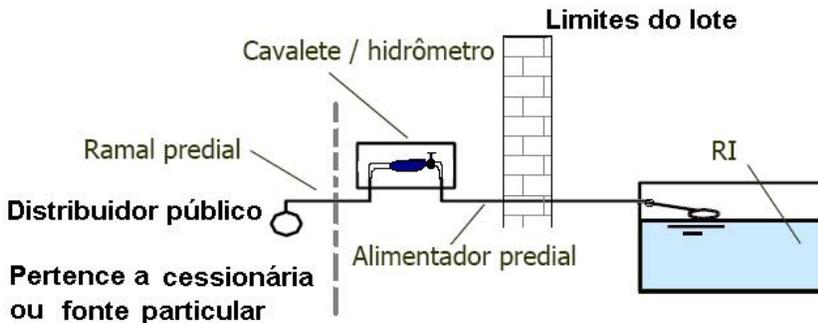


Figura 1.5.2 – Esquema de uma ligação interna

a) **Sistema direto:** é o sistema ideal, porém raramente é encontrado nas grandes cidades.

Característica principal de distribuição:

- Boa pressão
- Constância no fornecimento

Ocorre nos casos em que a pressão do alimentador público é suficiente para fornecer uma capacidade de distribuição ascendente e existe a constância no fornecimento. Neste caso não é necessária a existência de reservatório superior nem inferior, sistema de recalque e sucção e nem conjunto motor-bomba, o que resulta em redução de custos significativos na construção. Lembrando também que sem o reservatório superior, inexistem cargas a serem distribuídas à estrutura (Figura 1.5.3).

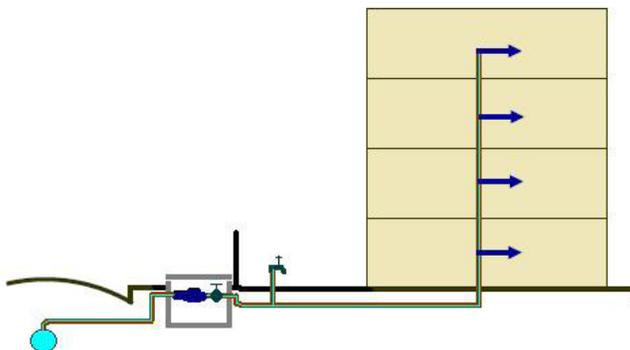


Figura 1.5.3 – Sistema de distribuição predial direto.

Neste sistema todas as peças serão abastecidas diretamente pela rede pública tendo apenas o hidrômetro e registros como itens de obstáculo à alimentação das peças.

Uma proposta nos dias de hoje muito comum é um projeto de condomínio residencial em área privativa, onde se prevê o abastecimento de cada lote de tal forma que atenda as residências até dois pavimentos com o uso de sistema direto, reduzindo assim o custo na execução predial.

b) Sistema indireto: Neste sistema existem várias situações e é muito comum nas nossas cidades.

Característica principal de distribuição:

Situação 1: sem recalque

- Boa pressão;
- Intermitência no fornecimento.

Nesta situação em virtude da boa pressão se faz necessário garantir o fornecimento no período de falta de abastecimento com a aplicação de reservatório superior (Figura 1.5.4).

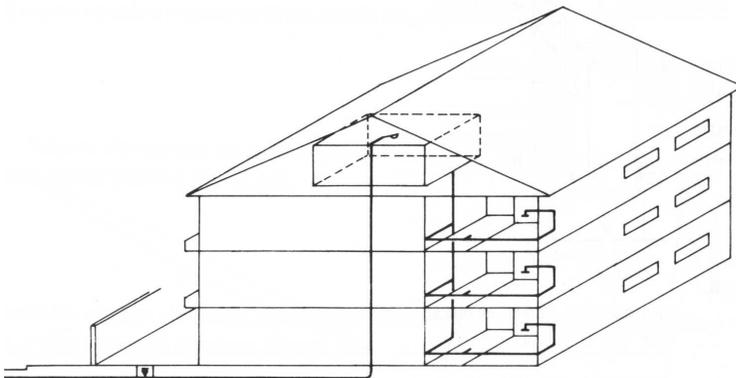


Figura 1.5.4 – Sistema de distribuição predial indireto sem recalque.

Situação 2: com recalque

- Pouca pressão;
- Constância no fornecimento.

Situação 3: com recalque

- Pouca pressão;
- Intermitência no fornecimento.

Na segunda e terceira situação teremos necessidade de reservatórios superior e inferior, já que o sistema não consegue atender as peças de forma ascendente devido a pouca pressão. A sua principal diferença reside no fato de que a constância de fornecimento, que é a situação 2, permite o uso de alguns trechos com ligação direta da distribuição em áreas como os jardins, em que é suficiente seu uso sem grande pressão de serviço (Figura 1.5.5).

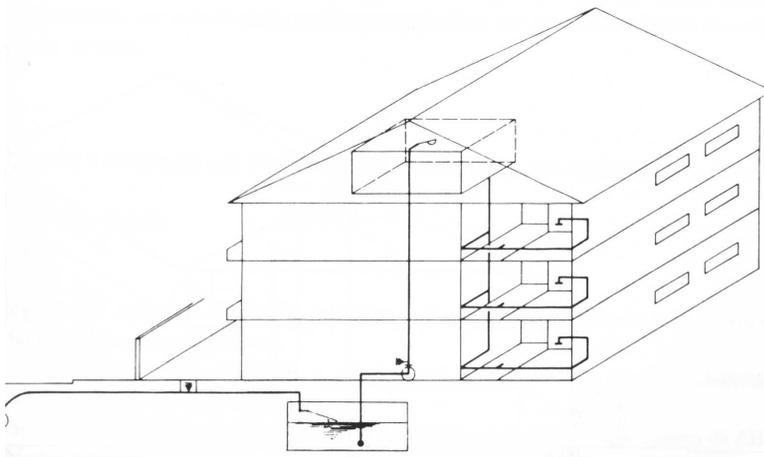


Figura 1.5.5 – Sistema de distribuição predial indireto com recalque.

Os casos denominados especiais no sistema indireto ocorrem também na situação dois e três, que são:

- c) Sistema hidropneumático ou de pressurização de água – caso em que a área exige um gabarito técnico que limita a altura da edificação (áreas de aeroportos) ou da estrutura (carga máxima do solo) e que não permite a execução de reservatório superior. Neste caso adota-se a aplicação de um equipamento de reservação inferior que pode ser pressurizado de várias formas e assim alimentar as peças de forma ascendente (Figura 1.5.6 e Figura 1.5.7).

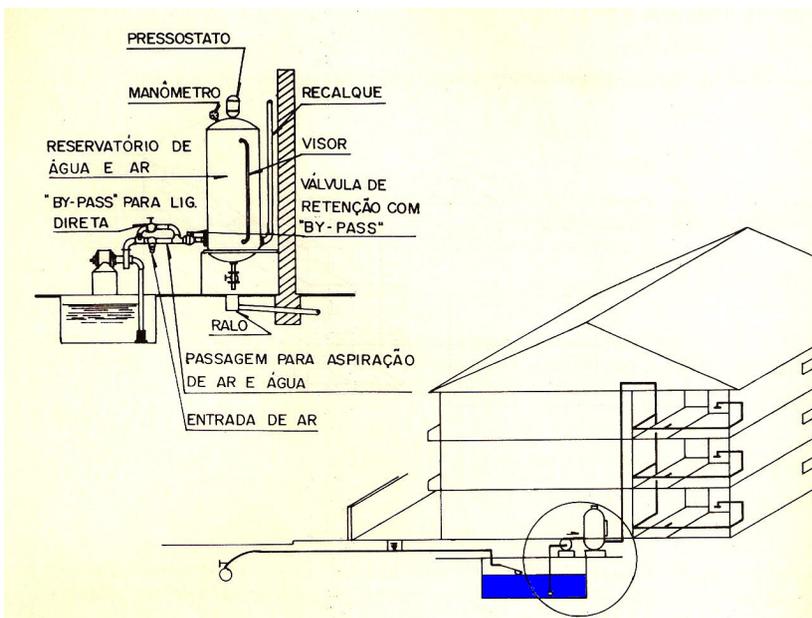


Figura 1.5.6 – Desenho esquemático de sistema indireto hidropneumático (CREDER, 2012).

Grupos hidropneumáticos Hydro Solo E

A Grundfos alargou a sua abrangente gama Hydro de sistemas de pressurização, com o novo modelo Hydro Solo E.

Trata-se de um sistema compacto, robusto e silencioso sem arranques bruscos para instalação rápida e pronto a funcionar (basta ligar às tubagens e à alimentação eléctrica).

Destina-se a manter a água sobre uma pressão constante, a um consumo (caudal) variável, com sistema de variação de velocidade incorporado na bomba.



Figura 1.5.7 – Exemplo de sistema indireto hidropneumático.

- a) Sistema com bombeamento direto – caso em que se faz o uso de bombas em paralelo e ou de rotores em série, que com sistemas elétricos interligados a comandos e pressostatos mantêm a pressão constante e dentro das necessidades que atendem as peças utilizadas.

Ambas as situações especiais de casos indiretos de distribuição requerem maior investimento e maiores custos de manutenção, não sendo recomendados como alternativas comuns.

- **Misto** – parte dos pontos de água é alimentado diretamente, parte indiretamente (Figura 1.5.8).

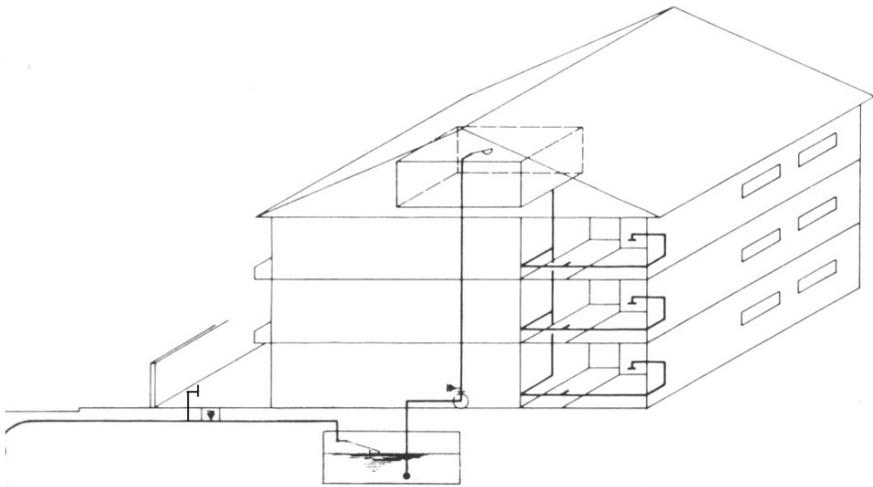


Figura 1.5.8 – Exemplo de sistema indireto hidropneumático misto.

Muitas residências recifenses adotam o sistema misto: os pontos de água da área externa de jardins e garagens são alimentados diretamente da rede de distribuição e as internas passam pelos reservatórios. Existem casos de fornecimento público e de poço particular (Figura 1.5.9).

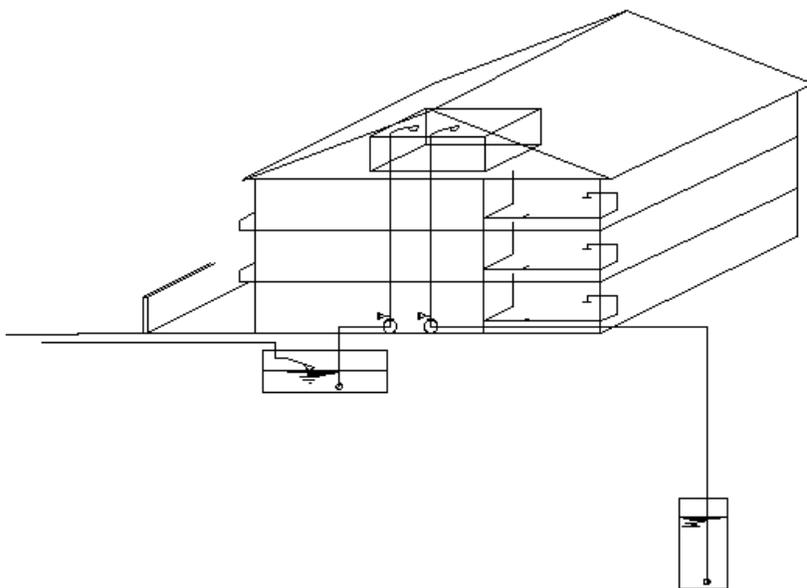


Figura 1.5.9 – Exemplo de sistema misto com poço particular.

1.6 COMPONENTES DE UM SISTEMA DE INSTALAÇÃO PREDIAL DE ÁGUA FRIA

- **Ramal predial ou ramal externo:** É o trecho executado pela concessionária pública, ligando a rede até o cavalete, mediante requerimento do proprietário da edificação (Figura 1.6.1).

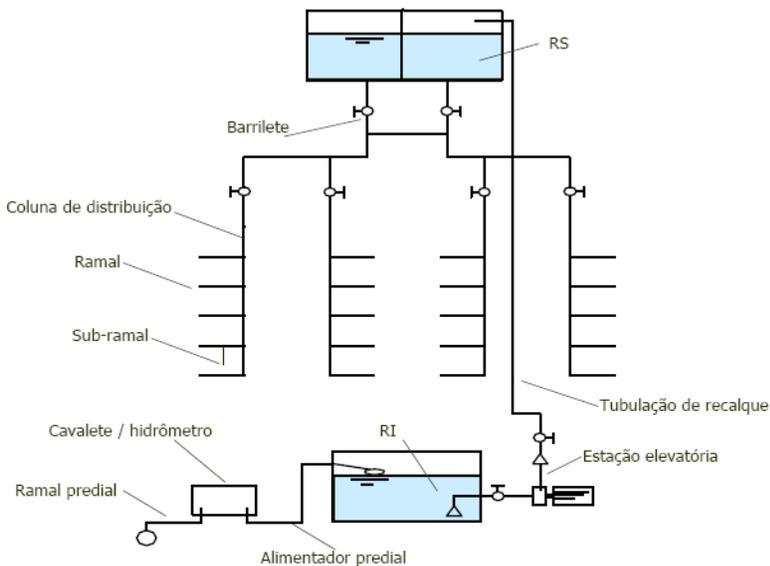


Figura 1.6.1 – Partes componentes de uma instalação predial.

- **Alimentador predial ou ramal interno:** É o trecho a partir do final do ramal predial (cavalete) até a desconexão (saída de água), junto ao reservatório inferior ou superior, se for o caso (Figuras 1.6.2 e 1.6.3).

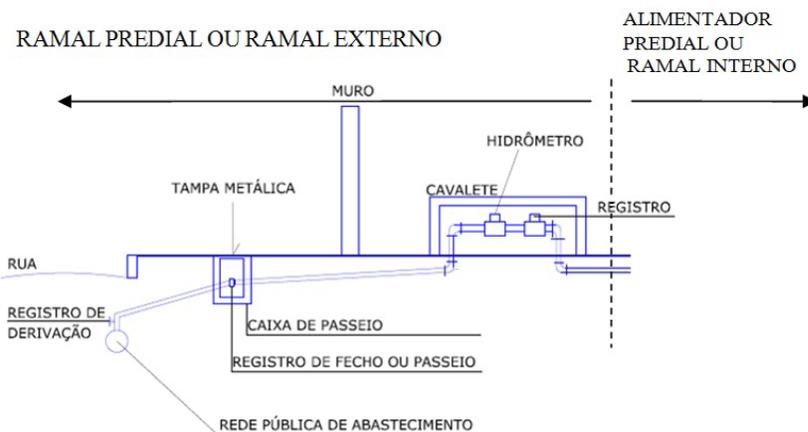


Figura 1.6.2 – Corte de alimentador predial e ramal predial

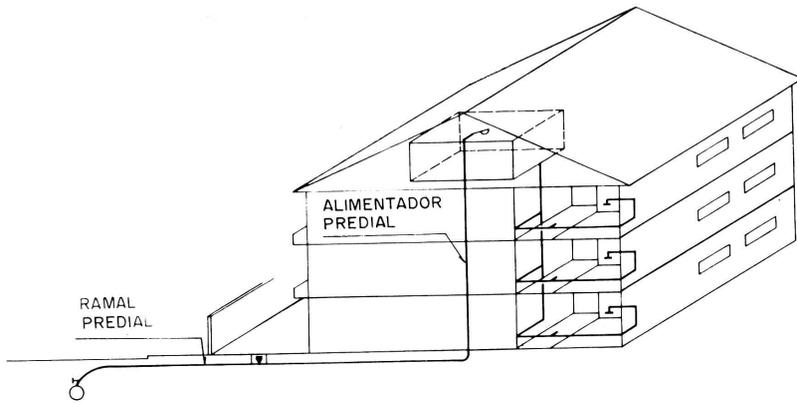


Figura 1.6.3 – Perspectiva do alimentador predial e ramal predial

- **Cavalete/ hidrômetro:** É a parte da ligação predial que consiste de uma estrutura ou caixa embutida no piso ou em parede que permite a instalação de hidrômetro e seus elementos de ligação entre a rede pública com o ramal predial permitindo sua leitura e acompanhamento dos volumes utilizados (Figura 1.6.5). Podem ter outros elementos instalados em seu conjunto tais como filtros e registros.

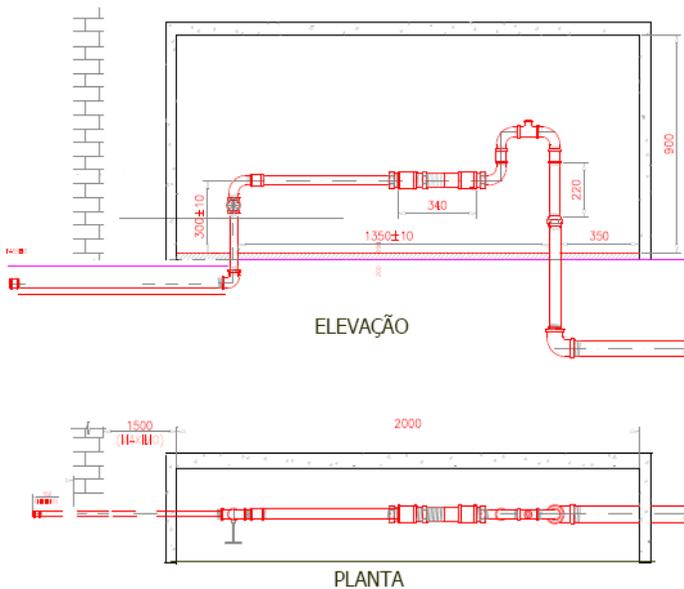


Figura 1.6.4– Cavalete e hidrômetro.

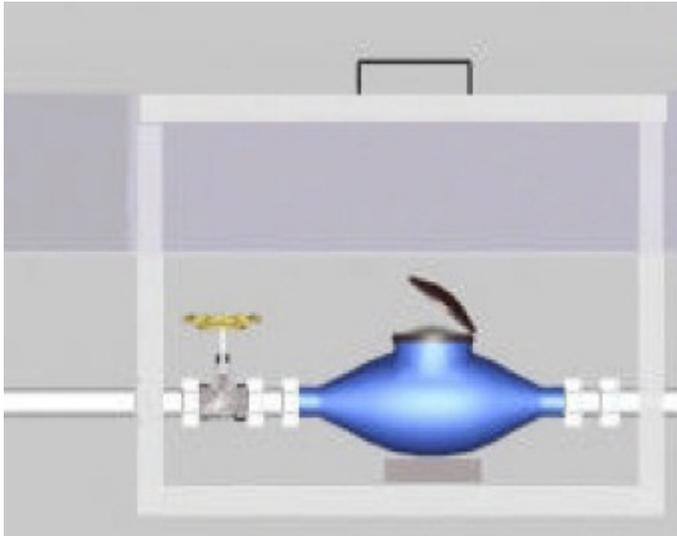


Figura 1.6.5– Cavalete e hidrômetro.

- **Colar ou barrilete:** É o conjunto de tubulações de saída do reservatório superior que alimentam as colunas de distribuição (Figura 1.6.1).
- **Colunas de distribuição:** Compreende as tubulações que, partindo do barrilete, desenvolvem-se verticalmente, alimentando os ramais (Figura 16.1).
- **Ramais de distribuição:** São as tubulações derivadas das colunas de distribuição e destinadas a alimentar os sub-ramais (Figura 1.6.1).
- **Sub-ramais ou ligações de aparelhos sanitários:** São as tubulações que ligam os ramais de distribuição às peças de utilização e aparelhos sanitários (Figura 1.6.1).
- **Extravasor:** É a tubulação destinada a escoar os eventuais excessos de água do reservatório, evitando o transbordamento (Figura 1.6.6).
- **Limpeza:** Uma tubulação de limpeza, com registro de fechamento, é obrigatória não só para esta finalidade periódica, como para o total esvaziamento em caso de manutenção. Deve ficar posicionada num dos cantos, com declividade em sua direção (Figura 1.6.6).

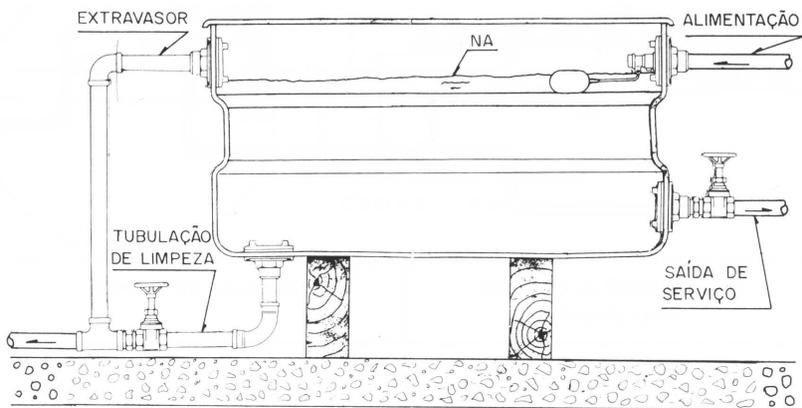


Figura 1.6.6 – Reservatório superior individual com suas tubulações

- **Casa de bombas:** Local destinado a instalação de todo o conjunto de motores e demais elementos que compõem o sistema elevatório da edificação.



Figura 1.6.7 – Casa de bombas em série – Fonte: Edifício JCPM

1.7 MATERIAIS EMPREGADOS

O material a ser adotado nas instalações hidráulicas sanitárias segundo a NBR – 5626:98 deve atender as seguintes exigências e recomendações:

- a) A potabilidade da água não pode ser colocada em risco pelos materiais com os quais estará em contato permanente;
- b) O desempenho dos componentes não deve ser afetado pelas consequências que as características particulares da água imponham a eles, bem como pela ação do ambiente onde se acham inseridos;
- c) Os componentes devem ter desempenho adequado face às solicitações a que são submetidos quando em uso.

A corrosão dos materiais metálicos e a degradação dos materiais plásticos são fenômenos particularmente importantes a serem considerados, desde a fase de escolha de componentes até a fase de utilização da instalação predial de água fria.

Entre os fatores que determinam a velocidade da corrosão e sua degradação, destacam-se:

- Grau de exposição às intempéries;
- Temperatura;
- O grau de pH da água;
- Gases dissolvidos;
- Concentração de sais;
- Velocidade de escoamento.

Deve-se observar que é necessária a combinação de um ou mais destes fatores e as características do meio para que o processo de corrosão tenha influência significativa.

Nos casos de água com qualidade indesejada, devem-se prever meios de adequação das suas características, através do seu tratamento com produtos específicos, ou do uso de catalisadores. A proteção das tubulações contra as possíveis agressões físicas, químicas ou físico-químicas, deve ser perseguida em qualquer projeto.

Uma das formas comuns de proteção é o encamisamento, onde as tubula-

ções enterradas ou ao abrigo devem ser protegidas para que os agentes agressivos não provoquem corrosão ou outro dano qualquer ao material adotado. Para proteção em tubulações enterradas, por exemplo, as tubulações podem ser colocadas em canaletas de concreto, pintadas com material betuminoso ou receber outros tipos de proteção.

Principais materiais hoje adotados:

a) Materiais metálicos, subdivididos em:

- Cobre;
- Ferro fundido;
- Aço-carbono galvanizado;

b) Materiais plásticos

- PVC rígido (os tubos fabricados em cloreto de polivinila, utilizados nas instalações prediais de água fria, devem obedecer às NBR 5648 e NBR 5680. As juntas podem ser feitas através de soldagem ou por rosqueamento);
- Poliéster reforçado com fibra de vidro (reservatórios domiciliares);
- Polipropileno.

c) Materiais de concreto

d) Materiais de porcelana

Vale ressaltar a possibilidade de uso de materiais inovadores que não utilizam subprodutos do petróleo, como os plásticos produzidos a partir do óleo de mamona ou subprodutos de etanol (ainda em processo de estudos).

1.8 DADOS PRELIMINARES PARA DIMENSIONAMENTO

Para se iniciar o dimensionamento das instalações hidráulicas na edificação é necessário o conhecimento de valores mínimos e máximos exigidos por norma:

- Diâmetro mínimo – ½” (20mm soldável) porém costuma-se adotar ¾” (25mm soldável)

- Pressão estática máxima – 40 mca
- Pressão dinâmica mínima – 0,50 mca
- Velocidade máxima $V \leq 14 \sqrt{D} \leq 2,50$ m/seg (D=diâmetro, em metros e V em m/seg). Na NBR atual (1998) $V_{\text{máx}} \leq 3,0$ m/seg.
- Perda de carga máxima no barrilete: 8% $\rightarrow J_{\text{máx}} \leq 0,8$ m/m
- Nas instalações de recalque, a capacidade horária do conjunto motor-bomba recomendada é de 5 horas de funcionamento.

1.9 DIMENSIONAMENTO DO CONSUMO DIÁRIO

O consumo diário de uma edificação é uma das mais importantes definições que um projetista pode inferir em seu projeto, tendo repercussões diretas a sua solução e cálculo em toda a vida predial da edificação.

O desenvolvimento do projeto é regulado por normas e pelas exigências definidas através dos órgãos responsáveis pelo abastecimento de água do município.

As Normas reguladoras são:

- » NBR 5626-1982 (substituída, porém ainda muito utilizada)
- » NBR 5626-1998
- » “Código de Obras” da cidade do local do projeto
- » Código do Corpo de Bombeiros do local do projeto (cidade ou estado)

É muito comum na maioria das cidades brasileiras adotarem a seguinte proporção populacional:

- 1 Quarto social ou reversível = 2 Pessoas
- 1 Quarto de serviço = 1 Pessoa

Existem várias tabelas para se estimar o Consumo Predial que servem de orientação para a correta definição do consumo de água que atenderá a demanda dos usuários do edifício. Estas tabelas podem trazer informações sobre ocupação de áreas por metro quadrado, por consumo por pessoa (*per capita*) ou mesmo por elementos que são o foco da previsão de água para os diversos usos das instalações existentes, tais como: número de leitos; número

de refeições, dentre outros.

O Código de Obras de Recife prioriza que a edificação esteja de acordo com as condições técnicas locais existentes, tendo como princípio à orientação definida pela Norma Técnica Brasileira.

As condições técnicas locais são as características de oferta de água, como por exemplo, a constância do abastecimento, disponibilidade de vazão, faixa de variação das pressões.

No que diz respeito aos projetos, a NBR-5626 de 1998 traz informações preliminares que deverão ser levantadas pelo projetista:

- » Características do consumo predial (volumes, vazões máximas e médias, características da água, etc.);
- » Características da oferta de água (disponibilidade de vazão, faixa de variação das pressões, constância do abastecimento, características da água, etc.);
- » Necessidades de reservação, inclusive para combate ao incêndio;
- » No caso de captação local de água, as características da água, a posição do nível do lençol subterrâneo e a previsão quanto ao risco de contaminação.

A sua formulação matemática vista anteriormente é:

$$Cd = C \times P$$

Equação 1.9.1 – Consumo diário total predial

Onde:

- » Cd é o consumo diário total predial, em litros por dia (l/dia);
- » C é o consumo diário por pessoa estimado;
- » P é a população da edificação.

Se a construção destina-se ao ser humano (pessoas) denomina-se consumo “*per capita*”. No entanto, poderá ser destinada ao consumo animal ou outras atividades.

A Tabela 1.9.1 (CREDER, 2012), apresenta a previsão de consumo predial, segundo a área adotada. É evidente que todas as tabelas apenas orientam em valores mínimos a serem utilizados em cálculos, a título de informação inicial para o projetista.

A Tabela 1.9.1 apresenta a Estimativa/Previsão do número de pessoas por Taxa de Ocupação.

Local	Taxa de Ocupação
Bancos	Uma pessoa por 5,00 m ² de área
Escritórios	Uma pessoa por 6,00 m ² de área
Pavimentos térreos	Uma pessoa por 2,50 m ² de área
Lojas pavimentos superiores	Uma pessoa por 5,00 m ² de área
Museus e bibliotecas	Uma pessoa por 5,50 m ² de área
Salas e hotéis	Uma pessoa por 5,50 m ² de área
Restaurantes	Uma pessoa por 1,40 m ² de área
Salas de operação (hospital)	Oito pessoas
Teatros cinemas e auditórios	Uma pessoa por 5 m ² de área

Tabela 1.9.1 – Previsão de população segundo a área adotada (CREDER, 2012).

Define-se o tipo e o padrão da edificação, a partir da Tabela de Consumo Predial Diário por tipologia da edificação (Tabela 1.9.2).

No caso específico de hospitais, o estudo deverá ser mais rigoroso em virtude das possíveis situações atípicas existentes no caso da unidade estuda.

Recomenda-se de 400 litros por leito a 1200 litros por leito, quando o hospital tiver capacidade de abrigar pessoas contaminadas por doenças de fácil contaminação ou contaminadas por elementos radioativos.

» Zeladoria Predial = varia de acordo com o número de zeladores por turno de trabalho.

Atenção: Estes valores podem variar de cidade para cidade devido as suas peculiaridades.

A seguir apresenta-se a tabela de consumo predial diário.

Prédio	Consumo (l/dia)
Alojamentos provisórios	80 per capita
Ambulatórios	25 per capita
Cavaliariças	100/cavalo
Cinemas e teatros	2 por lugar
Creches	50 per capita
Edifícios públicos ou comerciais	50 per capita

Escolas (externatos)	50 per capita
Escolas (internatos)	150 per capita
Escolas (semi-internatos)	100 per capita
Escritórios	50 per capita
Fábricas (uso pessoal)	70/operário
Garagens	50 por auto
Hospitais	250 per capita
Hotéis (s/cozinha e s/lav.)	120 per capita
Jardins	1,5 por m2
Lavanderia	30 p/kg/roupa
Matadouros (animais grande porte)	300/cabeça /abate
Matadouros (animais pequeno porte)	150/cabeça /abate
Mercados	5 p/m2 área
Oficinas de costura	50 per capita
Orfanatos, asilos, berçários	150 per capita
Postos de serviços	150/veículo
Quartéis	150 per capita
Restaurantes e similares	23 por refeição
Residências e ou apartamentos	150 per capita
Residências de luxo	300 per capita
Templos	2 por lugar

Tabela 1.9.2 – Consumo predial diário por tipologia de edificação.

1.9.1 CONSUMO DIÁRIO (DE ACORDO COM O CÓDIGO DE OBRAS DO RECIFE)

Para encontrar os valores do consumo diário/pessoa estimado e a população da edificação, o Código de Obras da Cidade do Recife, estabelece os critérios em seus artigos: 133, 134 e 135:

ARTIGO 133 – CÓDIGO DE OBRAS

» As edificações deverão dispor de reservatório superior e inferior.

$$R_i = 2 \times R_s$$

Equação 1.9.1.1 – Reservatório Inferior Código Obras

Onde,

Ri = Reservatório Inferior

Rs = Reservatório Superior

» No Rs, deve se incluir a reserva para prevenção e combate a incêndio, de acordo com as normas do Corpo de Bombeiros do Estado de Pernambuco.

A seguir apresenta-se a Tabela constante do ANEXO III do Código de Obras da Prefeitura Municipal de Recife:

ANEXO III - EDIFICAÇÕES DE USO HABITACIONAL, NÃO HABITACIONAL E MISTO

Tabela 1 - Instalações e Equipamentos de Apoio

USOS	ATIVIDADES	DENSIDADE POPULACIONAL	RESERVATÓRIO D'ÁGUA SUPERIOR (1) Volume / pessoa (2)	LIXO Volume / pessoa (5)
HABITACIONAL	UNIFAMILIAR E MULTIFAMILIAR	02 pessoas / quarto	160L / pessoa	4,60L / pessoa
NÃO HABITACIONAL	Comércio varejista	01 pessoa / 7,00m ² de área construída	80L / pessoa	4,60L / pessoa
	Comércio Atacadista	01 pessoa / 30,00m ² de área construída	80L / pessoa	4,60L / pessoa
	Serviços técnicos, financeiros, pessoais, de reparação, diversionais e religiosos e serviço público (governamental)	01 pessoa / 7,00m ² de área construída	80L / pessoa	4,60 L / pessoa
	Serviço de saúde	2,5 pessoas / leito	160L / pessoa	Consulta ao Órgão de Limpeza Urbana 4,60L / pessoa
	Serviço de educação	01 aluno / 1,5m ² de sala	40L / aluno	4,60L / pessoa
MISTO	Serviço de hotelaria	02 pessoas / quarto	200L / pessoa	6,90L / pessoa
	Indústrias	01 pessoa / 30,00m ² de área de construção	80L / pessoa	Consulta ao Órgão de Limpeza Urbana 4,60L / pessoa
	Habitacional + Não habitacional	(3)	(4)	(4)
	Não habitacional + Não habitacional	(3)	(4)	(4)

OBSERVAÇÕES:

1. O reservatório d'água inferior deverá ter o dobro do volume calculado para o reservatório superior.
2. Os volumes dos reservatórios d'água inferior serão acrescidos de uma reserva para prevenção de incêndio, de acordo com as normas do Corpo de Bombeiros do Estado de Pernambuco.
3. A densidade populacional deverá ser aquela específica para as atividades inseridas na edificação.
4. As quantidades estabelecidas para o volume por pessoa deverão atender as quantidades indicadas para as atividades inseridas na edificação.
5. Até 1000L = 1 tonel
6. Quantidade máxima de container = 03 (três) unidades.

Nota: O cálculo da reserva de incêndio deverá atender as NORMAS DO CORPO DE BOMBEIROS DO ESTADO DE PERNAMBUCO.

Figura 1.9.1.1 – Anexo III do Código de Obras do Município do Recife.

No caso de Pernambuco, de acordo com o código de Incêndio e Pânico para o Estado, o volume da Reserva de Incêndio é estimada de acordo com as recomendações abaixo. Esta é uma parte importantíssima e que varia de Estado para Estado no nosso País.

Os Artigos a seguir, são os destaques das exigências do Código de Prevenção e Controle de Incêndios do Corpo de Bombeiros do Estado de Pernambuco.

Art.7º. Para a determinação das exigências de sistemas de segurança contra incêndio e pânico, as edificações serão classificadas pelas ocupações seguintes:

- I** - Tipo A Residencial Privativa Unifamiliar;
- II** - Tipo B Residencial Privativa Multifamiliar;
- III** - Tipo C Residencial Coletiva;
- IV** - Tipo D Residencial Transitória;
- V** - Tipo E Comercial;
- VI** - Tipo F Escritório;
- VII** - Tipo G Mista;
- VIII** - Tipo H Reunião de Público;
- IX** - Tipo I Hospitalar;
- X** - Tipo J Pública;
- XI** - Tipo K Escolar;
- XII** - Tipo L Industrial;
- XIII** - Tipo M Garagem;
- XIV** - Tipo N Galpão ou Depósito;
- XV** - Tipo O Produção, manipulação, armazenamento e distribuição de derivados de petróleo e/ou álcool e/ou produtos perigosos;
- XVI** - Tipo P Templos Religiosos;
- XVII** - Tipo Q Especiais.

Art. 8º. As Edificações Residenciais Privativas Unifamiliares - casas, são aquelas destinadas à residência de uma só família, independentemente do número de pavimentos ou área construída.

§ 1º Para efeito do disposto no presente Código, as Edificações Residenciais Privativas Unifamiliares serão isentas de instalações de sistemas de segurança contra incêndio e pânico, salvo os casos de agrupamentos (vilas).

Figura 1.9.1.2 – Principais artigos do Código de Prevenção e Controle de Incêndios.

Art. 105 Será exigida a instalação do sistema de proteção por mangueiras semi-rígidas ou sistema de hidrantes nas edificações classificadas no artigo 7º deste Código, salvo aquelas previstas no inciso I do citado artigo, em conformidade com os critérios adiante estabelecidos:

- I** - Sistema de Carretel com Mangotinho (Mangueiras semi-rígidas)
 - a)** - para as edificações Tipos B, C e K, quando não atenderem ao conjunto de critérios abaixo, considerados simultaneamente:
 - 1** - altura até 14,0 m (quatorze metros), ou
 - 2** - até 4 (quatro) pavimentos.

Figura 1.9.1.3 – Principais artigos do Código de Prevenção e Controle de Incêndios.

Observação: As vilas ou outras aglomerações unifamiliares possuem exigências próprias, não citadas nesta Figura.

Classe A	Incêndios em materiais combustíveis sólidos, tais como madeira, papel, tecido, lixo e assemelhados
Classe B	Incêndios em líquidos inflamáveis e gases combustíveis, graxas, óleos e assemelhados
Classe C	Incêndios em equipamentos elétricos energizados
Classe D	Incêndios em metais pirofóricos (tais como magnésio, potássio e assemelhados) em aparas, pó e assemelhados

Figura 1.9.1.4 – Classes de Incêndios e Reservação hídrica de acordo com o CBPMPE.

Art. 57. A reserva mínima para combate a incêndios deverá ser dimensionada em função da classe de ocupação do risco correspondente, em conformidade com o disposto na tabela abaixo

RESERVATÓRIOS	CLASSE	CAPACIDADE (em litros)
Elevados	A	7.200
	B	15.000
	C	21.600
Subterrâneos ou Superfície	A	30.000
	B	54.000
	C	60.000

Parágrafo único A reserva mínima para combate a incêndios será mantida pelo emprego de meios fixos ou mecânicos.

Figura 1.9.1.5 – Classes de Incêndios e Reservação hídrica de acordo com o CBPMPE.

Passos para o cálculo do consumo predial:

1. Calcula-se o número de ocupantes em função das características da edificação
2. Verifica-se a Tabela de Consumo Predial Diário (Tabela 1.9.2)
3. Calcula-se o consumo diário pela fórmula da Equação : $Cd = C \times P$
4. Verificar a exigência quanto ao uso de Reserva de Combate a Incêndio.

EXEMPLOS:

a) Residência:

Tipo e padrão: residência de luxo

Características: 2 quartos sociais+ 1 quarto de serviço

Critério adotado: 2 pessoas por quarto social+ 1 pessoa por quarto de serviço

$$N = 2 \times 2 + 1 = 5 \text{ pessoas}$$

Verificando na Tabela 1.9.2 residência de luxo = 300 litros por dia

$$Cd = 5 \times 300 = \mathbf{1.500 \text{ litros por dia}}$$

b) A mesma residência pelo Código de Obra de Recife

Tipo e padrão: residência de luxo

Características: 2 quartos sociais+ 1 quarto de serviço

Critério adotado: 2 pessoas por quarto

$N = 2 \times 3 = 6$ pessoas

Verificando na tabela 2 residência de luxo = 300 litros por dia

$Cd = 6 \times 300 = \mathbf{1.800 \text{ litros por dia}}$

c) Prédio:

Tipo e padrão: residência padrão médio

Características: 8 pavimentos; 2 por andar; 3 quartos sociais

Critério adotado: 2 pessoas por quarto social

$N = 2 \times 3 \times 2 \times 8 = 96$ pessoas

Zeladoria = 4 pessoas

Verificando na tabela 2 residência padrão médio = 250 litros por dia

$Cd = 100 \times 250 = \mathbf{25.000 \text{ litros por dia}}$

1.10 DIMENSIONAMENTO DOS RESERVATÓRIOS

Recomenda-se que o volume dos reservatórios seja suficiente atender a demanda definida de Reservação Hídrica e acrescentam-se 5% ou mais as suas dimensões. Para que exista espaço suficiente para as peças de entrada de água como a torneira bóia e o espaço de 2,0 cm a 5,0 cm do fundo do reservatório e a válvula de pé com crivo que é aplicada na tubulação de sucção. Vide Figura 1.6.6, anteriormente apresentada.

1.10.1 Dados básicos na Arquitetura

Um projeto qualquer de uma edificação deve se iniciar planejando as quantidades mínimas de peças a serem adotadas para o perfeito funcionamento da mesma.

Existe uma tabela do Uniforming Plumbing de 1955 (CREDER, 2010), que apresenta a quantidade de peças por tipologia da edificação e que tentamos aprimorar de acordo com a vivência prática em construções conforme a Tabela 1.10.1.1.

Observações:

- a) Bebedouros não devem ser instalados em compartimentos sanitários e devem ficar em lugar de fácil acesso e manutenção;
- b) Um tanque de lavar roupas para cada residência;
- c) Um conjunto de sistemas para máquina de lavar roupas para cada residência;
- d) Uma pia de cozinha para cada unidade habitacional. Verificar as exigências quanto ao Ministério do Trabalho e Emprego para outros tipos de destinos para a edificação;
- e) Onde houver riscos de contaminação da pele com germes ou matérias irritantes, prever um lavatório para cada cinco (5) pessoas e verificar a necessidade de maior número de chuveiros.

1.11 DIMENSIONAMENTO DAS VAZÕES

Existem basicamente duas maneiras de se dimensionar uma tubulação de água fria, pelo **Sistema Máximo Provável** e pelo **Sistema Máximo Possível**.

No **Sistema Máximo Provável** considera-se o uso simultâneo de apenas algumas peças na área molhada a ser projetada e dimensionada. Esta situação ocorre na maioria das edificações unifamiliares e multifamiliares, além das demais de áreas em que é pouco provável o uso de todas as peças ao mesmo tempo. É o sistema adotado pelas Normas brasileiras.

No **Sistema Máximo Possível** se supõe o uso imediato de todas as peças de uma única vez em uma área molhada. É factível que ocorra em casos tais como Quartéis e Escolas de um modo geral.

- a) **Vazão máxima provável** – Vazão instantânea decorrente do uso normal dos aparelhos, quando nem todos são utilizados simultaneamente. (Tabela 1.11.1 e ou Tabela 1.11.2).

As Normas NBR5626 de 1982 e de 1998 (a atual e em uso) trazem posições semelhantes. Como existem vários autores que usam ainda a versão de 1982, *vamos apresentar ambas em nosso trabalho para uma análise por parte do interessado em identificar a que mais lhe pode atender em termos de projeto e dimensionamento.*

Tabela das vazões de projeto e pesos relativos dos pontos de utilização segundo a NBR5626 de 1982

Pontos de utilização para ou por tipo de Peça de Utilização	Vazão (l/s)	Peso (adimensional)
Bacia Sanitária com <u>Caixa de Descarga</u>	0,15	0,30
Bacia Sanitária com <u>Válvula de Descarga</u>	1,90	40,00
Bebedouro	0,05	0,10
Bica de banheira	0,30	1,00
Bidê	0,10	0,10
Chuveiro	0,20	0,50
Máquina de lavar pratos ou roupas	0,30	1,00
Mictório com <u>Caixa de Descarga</u> e não aspirante	0,15	0,30
Mictório com <u>Válvula de Descarga auto-aspirante</u>	0,50	2,80
Mictório com <u>Válvula de Descarga não aspirante</u>	0,15	0,30
Torneira ou misturador de lavatório	0,20	0,50
Torneira ou misturador de pia de cozinha	0,25	0,70
Torneira ou misturador de pia de despejo	0,30	1,00
Torneira ou misturador de tanque de lavar roupas	0,30	1,00

Tabela 1.11.1 – Vazões de projeto e pesos relativos dos pontos de utilização.

Tabela dos pesos relativos nos pontos de utilização identificados em função do aparelho sanitário e da peça de utilização segundo a NBR5626 de setembro de 1998.

Aparelho sanitário	Peça de utilização	Vazão de projeto l/s	Peso relativo
Bacia sanitária	Caixa de descarga	0,15	0,30
	Válvula de descarga	1,70	32,00
Banheira	Misturador	0,30	1,00
Bebedouro	Registro de pressão	0,10	0,10

Tipo do Edifício ou da ocupação	Bacias Sanitárias	Mictório	Lavatórios	Chuveiro	Bebedouro
Residência ou apartamento	1 para a área social + 1 para a área de serviço	Opcional	1 para a área social + 1 para a área de serviço	1 para a área social + 1 para a área de serviço	Opcional
Educação Básica Infantil	Meninos - 1:100 Meninas - 1:35	Meninos - 1:30	1 para 60	1 para 20 alunos	1 para 50 alunos
Educação Básica Fundamental e Médio	Meninos - 1:100 Meninas - 1:45	Meninos - 1:30	1 para 100	1 para 20 alunos	1 para 50 alunos
Edifícios Públicos ou de Escritórios	N de pessoas	No caso masculino, quando existir o mictório, poderá se reduzir o número de bacias em unidade por mictório desde que não reduza a menos de 2/3 da quantidade total especificada.	N de peças	Opcional	1 para 40 – 75 pessoas
	1 - 15		1		
	16 - 35		2		
	36 - 55		3		
	56 - 80		4		
	81 - 110		5		
	111 - 150		6		
Se > 150, adicionar 1 peça a cada 40 pessoas a mais	Se > 125, adicionar 1 peça a cada 45 pessoas a mais	Se > 125, adicionar 1 peça a cada 45 pessoas a mais			
Estabelecimentos Industriais	N de pessoas	No caso masculino, quando existir o mictório, poderá se reduzir o número de bacias em unidade por mictório desde que não reduza a menos de 2/3 da quantidade total especificada.	N de peças	Um chuveiro para cada 15 pessoas expostas ao calor excessivo ou contaminação de pele por substâncias venenosas ou irritantes	1 para 40 – 75 pessoas
	1 - 9		1 para cada 10 pessoas		
	10 - 24		1 - 100		
	25 - 29		> 100		
	30 - 74		1 para cada 15 pessoas		
	Se > 100, adicionar 1 peça a cada 30 empregados				

Tipo do Edifício ou da ocupação	Bacias Sanitárias			Mictório		Lavatórios		Chuveiro	Bebedouro
	N Pessoas	N de peças		N	N de peças	N Pessoas	N de peças		
		H	M	Pessoas	H				
Teatros auditórios e locais de reuniões	1 - 100	1	1	1 - 100	1	1 - 200	1	Um chuveiro emergencial	1 para 100 pessoas
	101 - 200	2	3	101 - 200	2	201 - 400	2		
	201 - 400	3	4	201 - 600	3	401 - 750	3		
	Se > 400, adicionar 1 peça a cada 500 homens e 300 mulheres			Se > 600, adicionar 1 peça a cada 300 homens		Se > 750, adicionar 1 peça a cada 500 a mais			
Dormitórios	1 - 10 homens = 1 peça				Um para cada 25 homens.	1 para cada 12 pessoas.	1 para cada 8 pessoas.	1 para cada 8 pessoas.	1 para 40 - 75 pessoas
	> 10 H acrescentar 1 peça a mais para cada 25								
	1 - 8 mulheres = 1 peça				> 150 H acrescentar 1 peça para cada 50 homens	A cima de 13 pessoas acrescentar 1 peça para 15 pessoas adicionais.	A cima de 8 pessoas acrescentar 1 peça para 10 - 25 pessoas adicionais.	Levar em conta a exigência de horário.	
	> 8 H acrescentar 1 peça a mais para cada 20								

Tabela 1.10.1.1 – Quantidade peças por tipologia de edificação.

Bidê	Misturador (misturador)	0,10	0,10
Chuveiro ou ducha	Misturador (misturador)	0,20	0,40
Chuveiro elétrico	Registro de pressão	0,10	0,10
Lavadora de pratos e de roupas	Registro de pressão	0,30	1,00
Lavatório	Torneira ou misturador	0,15	0,30
Mictório cerâmico	Válvula de descarga com sifão integrado	0,50	2,50
	Caixa de descarga, registro de pressão ou válvula de descarga sem sifão integrado	0,15	0,30
Mictório tipo calha (para apenas um metro)	Caixa de descarga ou registro de pressão	0,15	0,30
Pia	Torneira ou misturador	0,25	0,70
	Torneira elétrica	0,10	0,10
Tanque	Torneira	0,25	0,70
Torneira de jardim ou lavagem em geral	Torneira	0,20	0,10

Tabela 1.11.2 – Vazões de projeto e pesos relativos dos pontos de utilização ATUAL.

b) Vazão máxima possível – Vazão instantânea decorrente do uso simultâneo de todos os aparelhos (Tabela 1.11.1).

Denominado Método das seções equivalentes, com uso da tabela a seguir:

Diâmetro dos canos em polegadas	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	3	4
No de canos de 1/2" com a mesma capacidade	1	2,9	6,2	10,9	17,4	37,8	65,5	110,5	189

Tabela 1.11.3 – Seções equivalentes em capacidade equivalentes de vazão em canalizações.

Pelo Sistema Máximo Provável encontramos o resultado através do emprego de dois métodos mais usuais de determinação das vazões máximas prováveis:

- 1) Aplicação método da NBR 5810

$$Q = c \cdot \sqrt{\Sigma P}^{(1)}$$

Equação 1.11.1 – Vazão das Tubulações

Onde:

$c = 0,30$ (coeficiente de probabilidade de uso ou FATOR DE USO)

$P =$ somatório dos pesos das peças (conforme a Tabela 1.11.1 com o uso do Ábaco¹ da Figura 1.11.1, que fornece Q em l/s e D em mm soldável comercial, a partir da função do ΣP).

¹ Ábaco – Quadro de linhas ou curvas que permite a determinação de certas grandezas pela interseção dos traçados (Figura 1.11.1).

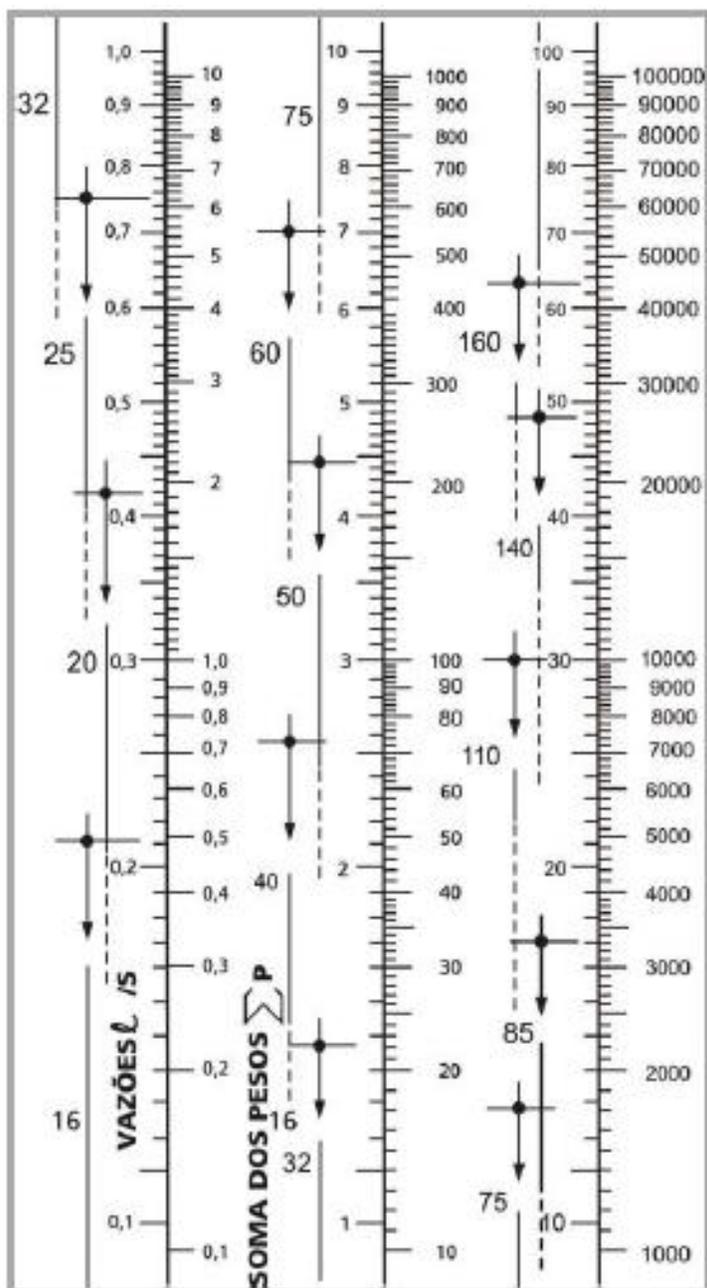


Figura 1.11.1 - Vazões em função das somas dos pesos (NBR 5626 - 1982).

Aplicação da Teoria das Probabilidades para o uso simultâneo de aparelhos em edifícios cuja utilização de peças é maior que na residencial recomenda-se a utilização da Tabela 1.11.4, de Mechanical And Electrical Equipment For Buildings [Hardcover] Fawcett, McGuinness Gay (apud Creder, 2006).

Tabela do Uso Simultâneo de Peças		
NÚMERO DE APARELHOS	FATOR DE USO	
	Aparelhos Comuns (%)	Aparelhos com Válvulas(%)
2	100	100
3	80	65
4	68	50
5	62	42
6	58	38
7	56	35
8	53	31
9	51	29
10	50	27
20	42	16

Tabela 1.11.4 – Probabilidade de uso simultâneo dos aparelhos sanitários sob condições normais.

O FATOR DE USO apresentado na Tabela 1.11.4 é usado de acordo com o número de peças a serem adotadas na área molhada e se possuem válvula ou não difere das exigências da Norma e só devem ser utilizadas em construções específicas. Exemplo: sanitários públicos, de piscinas, de quartéis e outros semelhantes.

1.12 DIMENSIONAMENTO DAS TUBULAÇÕES

Antes de iniciarmos os dimensionamentos propriamente ditos é preciso ainda levar em consideração alguns parâmetros e exigências de Norma.

1.12.1 Velocidade máxima nas tubulações

A **velocidade máxima** de escoamento na tubulação é definida levando-se em consideração a velocidade que não provoque ruídos, reduza ao possível a corrosão e o golpe de aríete.

Por golpe de aríete se entende as variações de pressão decorrentes de variações da vazão, causadas por alguma perturbação, voluntária ou involuntária, que se imponha ao fluxo de líquidos em condutos, tais como operações de abertura ou fechamento brusco de válvulas e registros.

A NBR5626 de 1982 definia a velocidade máxima como sendo de 2,5 m/s, e a de 1998, que esta em uso, que a velocidade da água não atinja valores superiores a **3,0 m/s**.

Ou seja:

$$V_{\max} = 3,0 \text{ m/s}$$

Onde:

V_{\max} = Velocidade máxima permitida na tubulação.

Existe também uma tabela que sendo respeitada limita o problema de golpe de aríete nas tubulações.

Em que:

$$V = 14 \sqrt{D}$$

Equação 1.12.1.1 – Velocidade Máx. das Tubulações

V = velocidade em m/s;

D = diâmetro útil, em m.

Que resulta na tabela seguinte:

Diâmetro DN (mm)	Diâmetro Comercial (mm)	Diâmetro Polegadas	Velocidade Máxima (m/s)	Vazão Máxima (l/s)
15 - 16	20	½"	1,60	0,36
20	25	¾"	1,95	0,72
25	32	1"	2,25	1,40
32	40	1 ¼"	2,50	2,50
40	50	1 ½"	2,50	4,00
50	60	2"	2,50	5,60
65	75	2 ½"	2,50	8,70
80	85	3"	2,50	11,20
100	110	4"	2,50	18,80

Tabela 1.12.1.1 – Velocidades e vazões máximas nas tubulações.

A velocidade também pode ser calculada pela expressão:

$$V = 4 \times 10^3 \times Q \times \pi^{-1} \times d^{-2}$$

Equação 1.12.1.2 – Velocidade das Tubulações sob Pressão

Onde:

V = velocidade, em m/s;

Q = vazão estimada, em l/s;

d = diâmetro interno da tubulação (DN), em milímetros (mm).

1.12.2 Pressões nas tubulações

A NBR 5626 recomenda os seguintes valores máximos e mínimos em qualquer ponto da rede de distribuição de água predial:

PRESSÃO ESTÁTICA MÁXIMA: 40mca (400 kPa);

PRESSÃO DINÂMICA MÍNIMA: 0,5mca (5 kPa).

Observação: 10mca ou 10 metros de coluna de água = 100 kPa ou 100 kilopascal = 1 kgf/cm².

1.12.3 Outras recomendações

As pressões mínimas e máximas necessárias para o perfeito funcionamento das peças nos pontos de utilização devem ser estabelecidas de modo a garantir a vazão de projeto e o bom funcionamento da peça de utilização e de aparelho sanitário.

A Tabela 1.12.3.1 a seguir servirá de apoio para esta definição básica de perfeito funcionamento do sistema.

EQUIPAMENTO OU PEÇA	PRESSÃO ESTÁTICA		PRESSÃO DINÂMICA	
	Mínima (mca)	Máxima (mca)	Mínima (mca)	Máxima (mca)
Peças em geral	10	40	10	40
Aquecedor elétrico de baixa pressão individual		8	1	5
Aquecedor elétrico de alta pressão individual		40	8	40

Aquecedor a gás de alta pressão individual de acumulação		40	5	40
Aquecedor a gás de alta pressão individual instantâneo	3	40	15	20
Bebedouros		40	2	40
Chuveiro de ½" (16 mm)		40	1	40
Chuveiro de ¾" (20 mm)		40	2	40
Torneira		40	0,5	40
Torneira-bóia de caixa de descarga de ½" (16 mm)		40	1,5	40
Torneira-bóia de caixa de descarga de ¾" (20 mm)		40	0,5	40
Válvula de descarga de 1½" (40 mm nominal) 50 mm soldável comercial		12	2	12
Válvula de descarga de 1¼" (32 mm nominal) 40 mm soldável comercial		40	10	40

Tabela 1.12.3.1– Pressões Estáticas e Dinâmicas nos pontos de utilização.

Observação: Como bem se pode ver na figura seguinte (Figura 1.12.3.1), é muito importante a consulta do prospecto técnico que cada equipamento especificado para a utilização.

Especificações Técnicas

Tipo: Aquecedor Individual Eletro Automático.

Modelo	INDIVIDUAL				
		Baixa Pressão		Alta Pressão	
Tensão Nominal (Volts)		127	220	127	220
Potência Nominal (Watts)		5.100	5.200	5.100	5.200
Corrente Nominal (Ampères)		40,2	23,6	40,2	23,6
Tipo de Resistência		Encapsulada	Encap./Blind.	Encapsulada	Encap./Blind.
Grau de Proteção do Invólucro*		IP24			
Pressão de Funcionamento (Mn)		10 kPa (1m.c.a.)		80 kPa (8m.c.a.)	
Pressão Estática da Instalação (Máx.)		80 kPa (8m.c.a.)		400 kPa (40m.c.a.)	
Utilização		Casas térreas, sobrados.		Apartamentos	

Obs: (m.c.a.) metros de coluna de água.

Encap.= Encapsulada. Blind.= Blindada

* Conforme NBR6146

Figura 1.12.3.1 – Exemplo de Prospecto Técnico (Disponível em www.cadal.com.br).

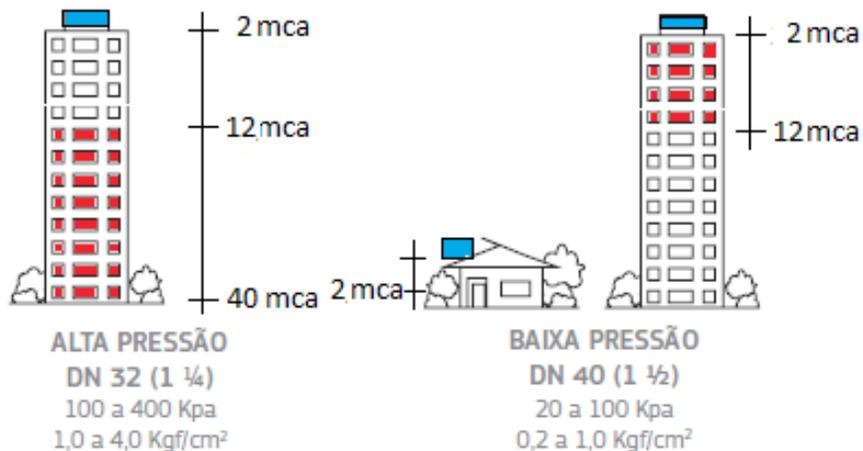


Figura 1.12.3.2 – Exemplo de Prospecto de uso de Válvulas de Descarga sob pressão.

1.12.4 Tipos de tubulações e bitolas

Nos primórdios da civilização humana, as primeiras tubulações de água fria foram de barro, com o passar do tempo, surgiram tubulações em pedra (Figura 1.12.4.1) e hoje os mais empregados são os tubos de aço galvanizado com ou sem costura, de cobre, de ferro fundido ou PVC rígido com juntas rosqueadas ou soldadas, os últimos os mais usados atualmente.



Figura 1.12.4.1 – Tubos em pedra Museu da Água em Lisboa (Fonte: o autor)

Sendo as tubulações de PVC as mais usuais, devemos observar com atenção as bitolas a serem empregadas, se são de rosca ou solda e sua comercialização em polegadas e milímetros. As tubulações em PVC roscável normalmente adotam-se as dimensões em polegadas da mesma forma que as tubulações de ferro galvanizado. Já as tubulações soldáveis são comercializadas adotando as dimensões em milímetros.

A tabela a seguir apresenta as variações encontradas entre as tubulações em PVC roscável (polegadas) e soldável (em mm comercial), tendo em comum o DN, **diâmetro nominal**.

BITOLA DAS TUBULAÇÕES EM PVC		
DN (mm)	Polegadas	Soldável comercial (mm)
15 - 16	½"	20
20	¾"	25
25	1"	32
32	1 ¼"	40
40	1 ½"	50
50	2"	60
65	2 ½"	75
80	3"	85
100	4"	110

Tabela 1.12.4.1 – Bitola das tubulações em PVC.

A seguir apresenta-se uma figura, de um fabricante de tubulações de PVC e suas soluções para seus produtos destinados a água fria e água quente.



Figura 1.12.4.2 – Tipologias e bitolas de tubulações de PVC.

A Figura 1.12.4.2 apresenta a imagem de conexões e suas bitolas respectivas de adaptação. A atenção deve ser grande no dimensionamento em virtude das diferenças existentes nas bitolas e sua compatibilidade.

Vale salientar que 1” (uma polegada) no sistema métrico corresponde a exatos 25,4 milímetros.

LUVAS SOLDÁVEL E COM ROSCA	LUVAS SOLDÁVEL E COM BUCHA DE LATÃO
<p>Bitola</p> <ul style="list-style-type: none"> 20 x 1/2" 25 x 1/2" 25 x 3/4" 32 x 1" 40 x 1.1/4" 50 x 1.1/2" 	<p>Bitola</p> <ul style="list-style-type: none"> 20 x 1/2" 25 x 1/2" 25 x 3/4" 32 x 1" 

Figura 1.12.4.3 – Conexão soldável e soldável com rosca metálica.



Figura 1.12.4.4 – Conexão soldável e roscável e seus diâmetros.

1.12.5 Dimensões dos sub-ramais

- Os sub-ramais são trechos das tubulações que ligam as peças a serem utilizadas. São dimensionadas pelo diâmetro mínimo recomendado de acordo com a Norma e segundo suas características de vazão. De um modo geral temos os diâmetros mínimos dos sub-ramais de acordo com a Tabela 1.12.5.1. Algumas peças, no entanto merecem um detalhamento melhor.

Peças de utilização	Diâmetros	
	mm	Pol.
Aquecedor de baixa pressão	20	¾"
Aquecedor de alta pressão	15	½"
Bacia sanit. C/ cx. Descarga	15	½"
Bacia sanit. C/ V.D. (3 PRIMEIROS PAV)	32	1 ¼"
Bacia sanit. C/ V.D. (> 3 pav Figura 22)	40	1 ½"
Banheira	15	½"
Bebedouro	15	½"

Bidê	15	½”
Chuveiro (c/ mais de 2,0 mca disponível)	15	½”
Chuveiro (c/ menos de 2,0 mca disponível)	20	¾”
Filtro de pressão	15	½”
Lavatório	15	½”
Máq. Lavar roupa ou pratos	20	¾”
Mictório desc. Cont. / por metro	15	½”
Mictório desc. Descontínua	15	½”
Pia de despejo	20	¾”
Pia de cozinha	15	½”
Tanque de roupas	20	¾”

Tabela 1.12.5.1 – Diâmetros mínimos das ligações.

Para que tenhamos um projeto bem elaborado, devemos observar inicialmente as plantas de arquitetura existentes e demais projetos já concluídos.

Primeiramente se iniciam a observação das áreas consideradas ÁREAS MOLHADAS, com já foi dito anteriormente.

Vamos adotar um projeto de um banheiro para nosso exemplo de dimensionamento. Na Figura 1.12.5.1, observam-se as seguintes peças de utilização: lavatório, bacia com caixa acoplada e chuveiro. É de grande importância a previsão de uma ducha higiênica, que deverá substituir o bidê em sua função. Sempre que possível devem ser previstos duas duchas, uma para a esquerda e outra para a direita atendendo assim a necessidade do usuário final se canhoto ou destro. O ideal seria a aplicação de um bidê.

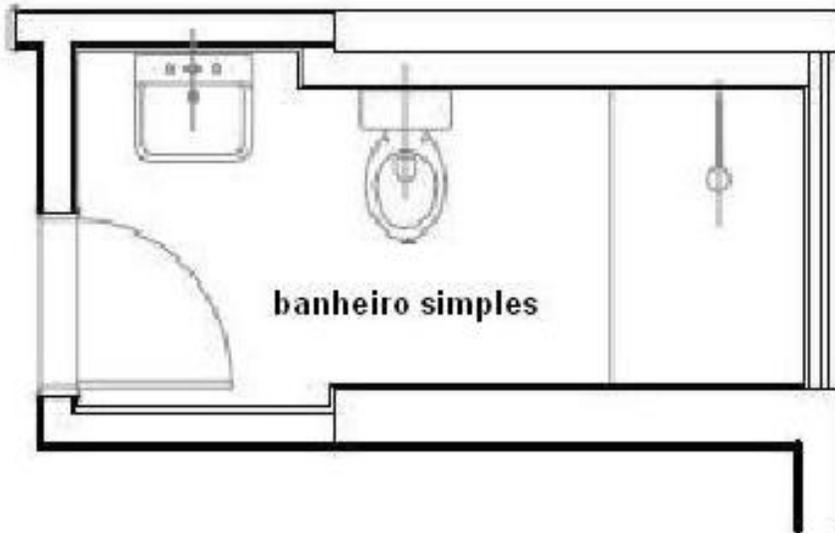


Figura 1.12.5.1 – Planta Baixa de um banheiro simples.

Para nos situarmos temos que ter em mente o conceito de Ramal, que é o trecho de tubulação que alimenta mais de um Sub-ramal.

É fundamental a observação da correta da simbologia e legenda adotada:

Lavatório = L

Ducha Higiênica = D

Chuveiro = CH

Registro de Gaveta = RG

Registro de Pressão = RP

Bacia com caixa acoplada = B_{c/cx}

Bacia com válvula de descarga = B_{cVD}

A seguir tem-se a Figura 1.12.5.2 onde existe a indicação em Planta Baixa, que pode ser na escala 1:50, ou já em escala de detalhe 1:25, o caminho (sistema de distribuição) que será percorrido pelo Ramal e pelos Sub-ramais para atenderem as peças de utilização.

Se existe um obstáculo como no exemplo, um pilar, o mesmo deverá ser contornado. No nosso caso criando uma alvenaria de fechamento ao lado do pilar.

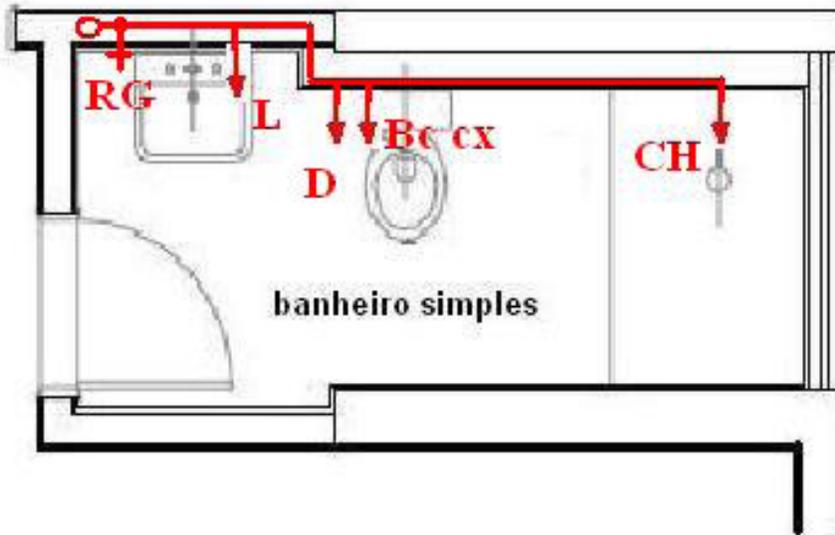


Figura 1.12.5.2 – Indicação do sistema de distribuição.

A coluna que esta alimentando a instalação hidráulica do banheiro é uma coluna que atende a outros pavimentos. Assim, é aplicada uma conexão em forma de “T” para efetuar uma derivação da coluna, e em seguida o sistema de distribuição da área molhada, que sempre deverá ter em seu início um registro de gaveta - RG. Com esta correta maneira de execução da instalação, em caso de necessidade de manutenção o “RG” será fechado e qualquer tipo de serviço poderá ser realizado ao longo da tubulação sem causar transtornos nem a paralisação dos demais trechos alimentado pela mesma coluna de abastecimento.

As Figuras 1.12.5.3 e 1.12.5.4 correspondem à elaboração do projeto em AutoCAD de forma que se obtenha uma perfeita informação das cotas, conexões e dimensões do sistema de ramais e sub-ramais adotados para a execução das instalações hidráulicas de água fria da área molhada.

É importante observar a seguir o detalhamento no desenho das conexões e das cotas. Cada peça definida em projeto tem seus detalhes técnicos executivos disponíveis em sítios dos fabricantes na internet.

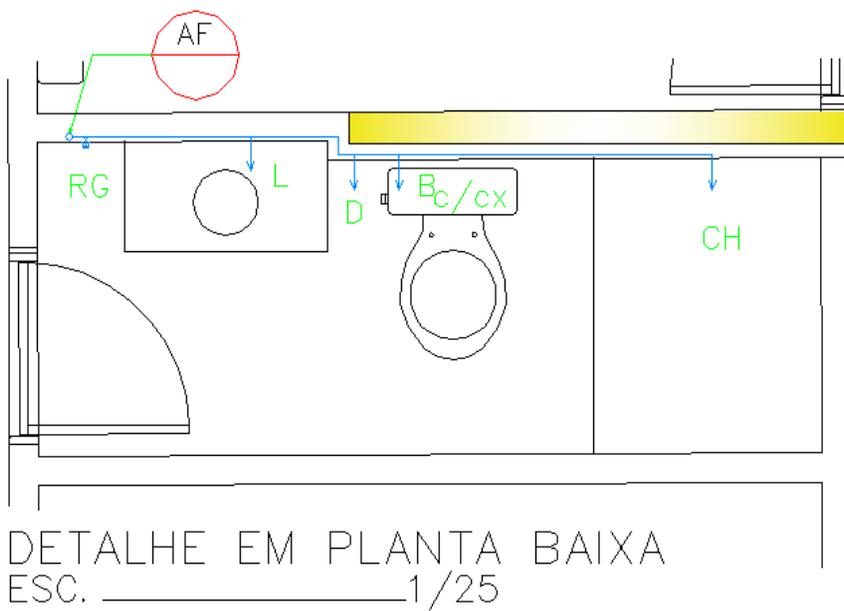


Figura 1.12.5.3 – Indicação do sistema de distribuição em AUTOCAD.

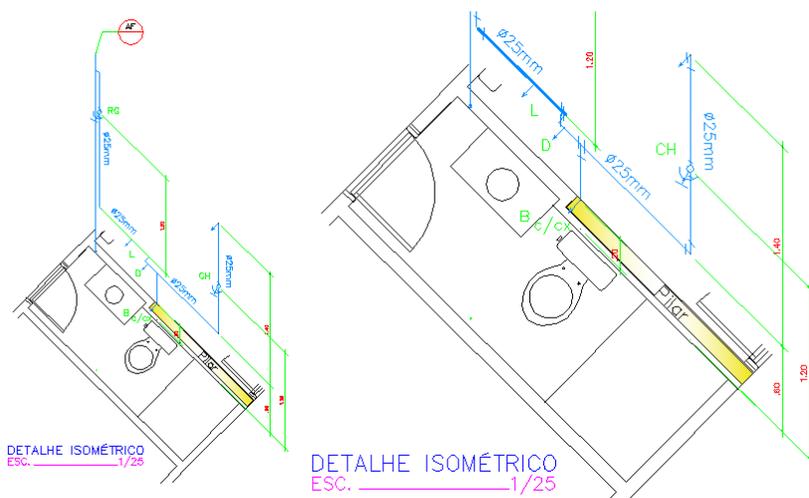


Figura 1.12.5.4 – Detalhe Isométrico em AUTOCAD.

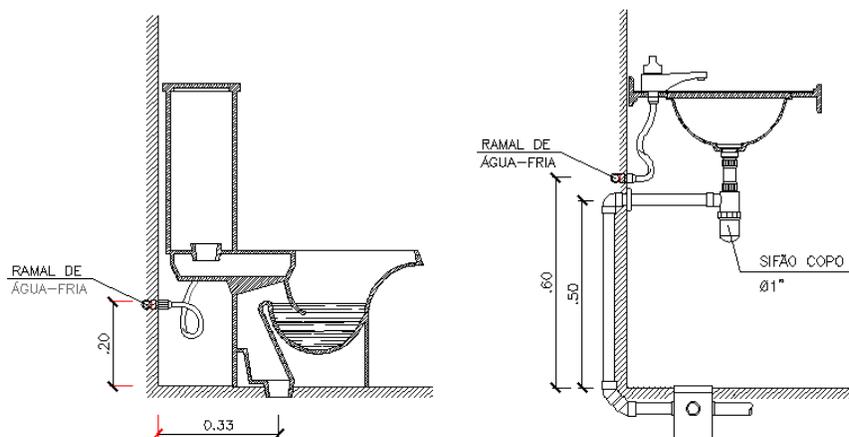


Figura 1.12.5.6 – Detalhes com cotas de bacia com caixa e lavatório.

1.12.6 Dimensionamento dos ramais de distribuição

Os Ramais são dimensionados por dois métodos:

- Sistema Máximo Provável determinado por Norma;
- Sistema Máximo Possível ou Método das Seções Equivalentes

Rotina para dimensionamento dos RAMAIS DE DISTRIBUIÇÃO

Vamos tomar por base o projeto das Figuras 1.12.5.3 e 1.12.5.4, já apresentadas.

1º Passo: Definir os diâmetros dos sub-ramais tomando com base a Tabela 1.12.5.1, já apresentada anteriormente. Em ordem da esquerda para a direita temos.

Peças de utilização	Diâmetros		Peso Relativo 1998
	Milímetros	Polegadas	
Lavatório	15 mm	½"	0,30

Bidê *	15 mm	½”	0,30
--------	-------	----	------

*O Bidê tem o mesmo diâmetro que a ducha higiênica.

Bacia sanit. C/ cx. Descarga	15 mm	½”	0,30
------------------------------	-------	----	------

Chuveiro (c/ mais de 2,0 mca disponível)	15 mm	½”	0,10
--	-------	----	------

2º Passo: Na planta isométrica dividir os trechos do ramal, a partir derivação ou registro de gaveta.

Os trechos do **RAMAL** (Figura 1.12.6.2) são:

AB – Da derivação ou Registro de Gaveta até a primeira derivação da peça denominada L (lavatório);

BC – Da derivação do lavatório até a peça D (ducha);

CD – Da derivação da ducha higiênica até a peça B_{c/cx} (bacia com caixa acoplada);

O trecho seguinte já é o sub-ramal do chuveiro.

3º Passo: Dimensionamento do Ramal propriamente dito.

Iniciamos o cálculo do final do ramal para seu início, de tal forma que os trechos que atendem a demanda de maior número de peças serão os mais grossos e irão se reduzindo até atingir o menor diâmetro de tubulação necessária para atender a mais de um sub-ramal, que se observa na distribuição existente.

Assim tem-se:

$$\text{Trecho CD} = B_{c/cx} + CH = 0,30 + 0,10 = 0,40$$

Adotando-se a fórmula da Equação 1.11.1 se obtém,

$$Q_{cd} = c \sqrt{\Sigma P} = 0,30 \sqrt{0,40} = 0,30 \times 0,6324 = 0,1897 \text{ l/s}$$

Pela Tabela 1.12.1.1, observa-se que o resultado nos leva ao diâmetro de 20 mm, soldável comercial ou ½” roscável.

Diâmetro DN (mm)	Diâmetro Comercial (mm)	Diâmetro Polegadas	Velocidade Máxima (m/s)	Vazão Máxima (l/s)
15 - 16	20	½”	1,60	0,36

Trecho BC = Ducha + Bc/cx + Chuveiro = 0,30 + 0,30 + 0,10
 $Q_{bc} = c \sqrt{\Sigma P} = 0,30 \sqrt{0,70} = 0,30 \times 0,8366 = 0,25 \text{ l/s} \rightarrow \text{Ø } 20 \text{ mm ou } \frac{1}{2}''$
 Trecho AB = Lavatório + Ducha + Bc/cx + Chuveiro = 0,30 + 0,30 + 0,30 + 0,10 = 1,00 é o somatório dos PESOS.
 $Q_{ab} = c \sqrt{\Sigma P} = 0,30 \sqrt{1} = 0,30 \text{ l/s} \rightarrow \text{Ø } 20 \text{ mm ou } \frac{1}{2}''$

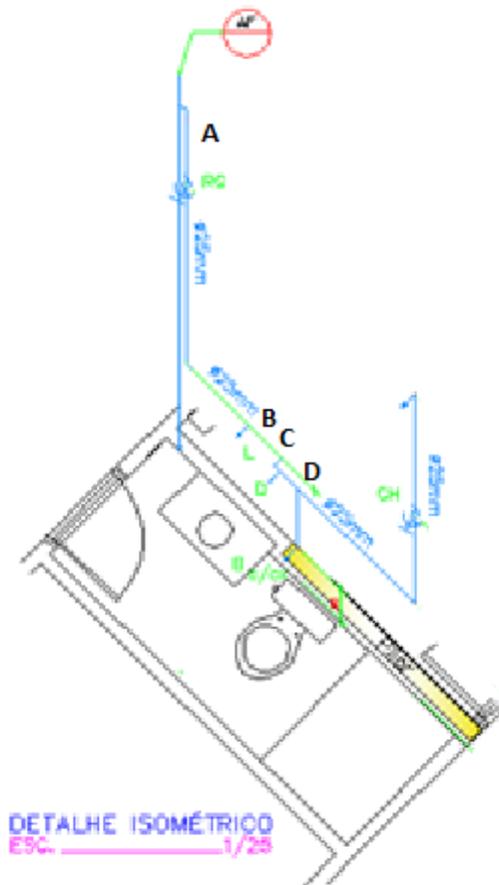


Figura 1.12.6.1 – Detalhes com a definição dos trechos AB e BC.

Este caso apresentado foi muito simples. Podemos ter, no entanto, casos mais complexos que só a correta observação do roteiro de cálculo poderá nos conduzir às adequadas dimensões das tubulações.

Muitos profissionais de execução de Instalações Hidrossanitárias, deno-

minados na nossa região de Encanador e em outras de Bombeiro Hidráulico, recebem a orientação de uso do sistema Máximo Possível com o utilização da Tabela 1.12.5.1 anteriormente apresentada. O uso deste processo não é considerado na NBR, e apresenta resultados muitas vezes com tubulações de diâmetro superior ao necessário.

Vamos, no entanto, apresentar o resultado adotando este Método denominado das Seções Equivalentes no dimensionamento do Ramal do exemplo anterior.

Para facilitar se faz normalmente um FLUXOGRAMA da distribuição do fluxo de alimentação do Ramal para os Sub-ramais.

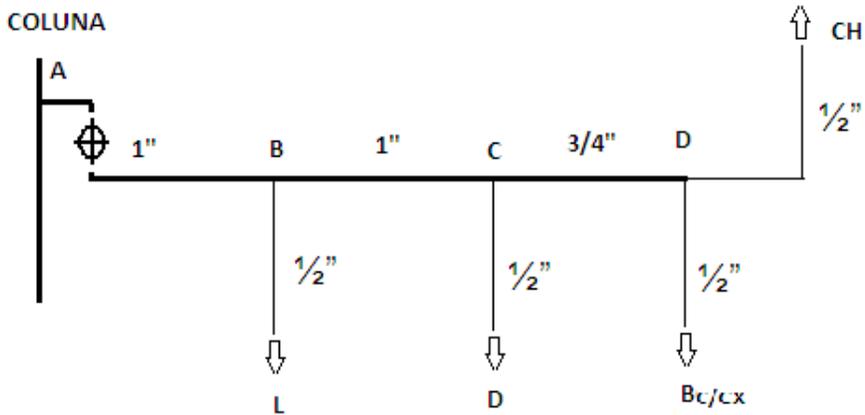


Figura 1.12.6.2 – Dimensionamento no Método Máximo Possível.

Assim teremos:

$$\text{Trecho CD} = B_{c/cx} + \text{CH} = \frac{1}{2}'' + \frac{1}{2}'' = 1,0 + 1,0 = 2,00 \rightarrow \text{Ø}3/4'' = 2,9$$

$$\text{Trecho BC} = \text{Ducha} + B_{c/cx} + \text{Chuveiro} = \frac{1}{2}'' + \frac{1}{2}'' + \frac{1}{2}'' = 1,0 + 1,0 + 1,0 = 3,00 \rightarrow \text{Ø}1'' = 6,2$$

$$\text{Trecho AB} = \text{Lavatório} + \text{Ducha} + B_{c/cx} + \text{Chuveiro} = \frac{1}{2}'' + \frac{1}{2}'' + \frac{1}{2}'' + \frac{1}{2}'' = 1,0 + 1,0 + 1,0 + 1,0 = 4,00 \rightarrow \text{Ø}1'' = 6,2$$

Percebe-se de forma clara que desta maneira se obtém valores e diâmetros máximos para o uso simultâneo de todas as peças, o que é só recomendado para obras específicas tais como quartéis, escolas de nível médio, dentre outros.

1.12.7 Dimensionamento das colunas

As colunas são dimensionadas observando a distribuição ao longo das edificações de forma vertical ou horizontal a partir da primeira derivação do barrilete de distribuição e alimentando até o último ramal do edifício ou residência.

Existem algumas recomendações que são fundamentais na execução adequada do cálculo das colunas:

- a) Cada coluna deverá conter um registro de gaveta posicionado a montante da derivação de cada ramal, ao longo de todo o sistema de distribuição. A função principal deste REGISTRO DE GAVETA é o de fechar toda a alimentação do ramal permitindo assim um reparo de peças sem necessidade de paralisar a distribuição da coluna para outras ÁREAS MOLHADAS;
- b) Ao invés de se ter na Área Molhada ramais longos ou que alimentem a Áreas Molhadas distintas, é melhor acrescer o número de colunas facilitando e propiciando condições técnicas que facilitem a manutenção e maior economia no custo das tubulações;
- c) Não é recomendável em uma mesma coluna Bacia Sanitária com Válvula de Descarga e Aquecedores do tipo acumulador ou de passagem, pois, devido ao golpe de aríete estes, poderão ocasionar problemas os mais diversos, que vão desde o retorno da água quente para a tubulação de água fria, provocando vazamentos e deformações das tubulações de água fria, até mesmo o inconveniente do piloto do aquecedor apagar com risco de vazamento de gás;
- d) As peças com válvula de descarga são mais eficientes e provocam menor número de problemas de manutenção ao longo do tempo. São recomendadas para uso onde se utiliza água não potável e de prédios públicos nas Bacias Sanitárias, Mictórios e Lavatórios. Alguns autores recomendam uma coluna específica para estas peças e outra para as demais que não utilizam o sistema de válvula de descarga. O conhecimento e experiência permitem afirmar que, o que importa é um correto dimensionamento;
- e) As bacias com caixa acoplada são econômicas no consumo de água,

no entanto, ao apresentarem defeito não raro é necessária a sua substituição de forma integral, pois os kits de manutenção raramente se adaptam de forma correta nas peças com problemas. Outro grande problema é, quando se faz necessário para a solução a troca da bacia, e se encontrar uma peça de cor semelhante à anteriormente existente. É muito comum a nova bacia destoar das demais louças sanitárias se estas existirem;

- f) São dimensionadas pelo Método de Hunter adotado nas Normas Brasileiras facilmente acompanhadas seguindo as necessidades de preenchimento da tabela de cálculo em colunas apresentadas a seguir.

A Planilha da Figura 1.12.7.1 corresponde à situação mais completa possível para o desenvolvimento do cálculo de uma coluna.

Compreendendo bem a dinâmica do dimensionamento de um Ramal, o dimensionamento de uma Coluna fica fácil. É só seguir a Marcha de Cálculo que acompanha as necessidades de preenchimento da Planilha adotada para avaliação dos diâmetros da tubulação que alimenta todos os trechos de uma Coluna de Distribuição.

A tabela a seguir oferece a através de passos de trabalho a rotina para o dimensionamento das tubulações. A sua perfeita compreensão só se faz possível com um exemplo de aplicação.

Antes de iniciar o preenchimento da Planilha de Dimensionamento da Coluna é importante que se tenha o projeto do Esquema Vertical da edificação, onde se prevê a passagem da tubulação da coluna na vertical e horizontal.

O trecho na Vertical deverá ser mensurado no Projeto de Esquema Vertical que normalmente adota escala 1:50, e na horizontal os Projetos em Planta Baixa de Cada Pavimento da Edificação.

O possível percurso da coluna deverá ser analisado desde a coberta a partir de sua derivação no Barrilete até a sua última derivação onde tiver que se desenvolver de forma horizontal.

O ideal é adotar uma Planilha Eletrônica de Cálculo, facilitando assim a solução do problema.

PASSO	ATIVIDADE	COLUNA DA PLANILHA A PREENCHER
1º	Ter em mãos o Esquema Vertical da rede e numerar em seqüência cada nó ou ponto de derivação para cada coluna que não seja a estudada, existente no barrilete. Definir o Nome ou número da coluna a ser estudada	0
2º	Estabelecer com letras os trechos desde o Reservatório Superior na altura da capitação até a primeira derivação de Ramal do último Pavimento e assim seqüencialmente até o último ponto de utilização ou derivação de Ramal de uma Área Molhada de um Pavimento inicial	1

3º	Determinar a soma dos pesos relativos das peças de cada trecho, usando a Tabela 1.12.5.1 no Pavimento e do Ramal estudado	2A
4º	Definir o somatório acumulado por pavimento dos pesos relativos de cada trecho, acrescentando os do Pavimento a baixo, até o último Pavimento de derivação para um Ramal de Área Molhada	2B
5º	Calcular para cada Trecho a (Q) vazão estimada, em litros por segundo, com base na Equação 1.11.1 da Norma	3
6º	Iniciamos a determinação do (D) diâmetro de cada trecho a partir da utilização da Figura 1.12.7.1 das Vazões e Diâmetros em função dos Pesos. Com as correspondências em A, B e C, respectivamente: A – diâmetro nominal, B – diâmetro em polegadas e C – diâmetro em PVC soldável comercial	4
7º	Determinar a (V) <u>velocidade</u> através do uso da Equação 1.12.1.2 e o valor da (J) <u>perda de carga</u> , podendo ainda utilizar o emprego de Ábaco, para ambas as variáveis, com interpolação gráfica, a base da fórmula de: - Fair-Whipple-Hsiao para encanamentos de cobre ou PVC (Figura 1.12.7.2) ou o uso das equações correspondentes; - Flamant (Figura 1.12.7.3) da mesma forma que o anterior com o uso das equações correspondentes, ou - Williams-Hazen (Figura 1.12.7.4) recomendada para tubos maiores que 50 mm. No caso de $V > 3,0 \text{ m/s}$ aumenta-se o diâmetro adotado imediatamente.	5 e 6A
8º	Determinar a diferença de cotas entre a entrada e a saída de cada trecho, considerando positiva quando a entrada tem cota superior à da saída e negativa em caso contrário	7

9º	<p>Determinar a pressão disponível na saída de cada trecho, somando ou subtraindo à pressão residual na sua entrada o valor do produto da diferença de cota pelo peso específico da água.</p> <p>Para o resultado de mca em kPa multiplica 8A x 10 ou o resultado obtido na 7ª coluna por (10 kN/m²). Lembrando que 1,0 mca = 10 kPa</p>	8
10º	<p>Comprimento real da tubulação que compõe cada trecho considerado.</p>	9
11º	<p>Determinar o comprimento equivalente de conexões existentes em cada trecho da tubulação de acordo com o respectivo diâmetro da tubulação definido anteriormente na 4ª coluna, a partir da Tabela 1.12.7.2 ou 1.12.7.3.</p>	10
12º	<p>Determinar a perda de cada trecho, multiplicando os valores de 6A e 6B pelo comprimento real das colunas em 9A e 9B respectivamente</p>	11
13	<p>Determinar a perda de carga provocada por conexões e registros de cada trecho, multiplicando os valores das colunas 6A e 6B por 10A e 10B respectivamente</p>	12
14º	<p>Obter a perda de carga total de cada trecho, somando os valores das colunas 11 e 12 da planilha em mca e kPa respectivamente</p>	13
15º	<p>Determinar a pressão disponível residual na saída de cada trecho, subtraindo a perda de carga total (coluna 13) da pressão disponível (coluna 8)</p>	14
16	<p>Se a pressão residual for menor que a pressão requerida no ponto de utilização, 14º, ou se a pressão for negativa, repetir os passos 5º ao 13º, selecionando um diâmetro interno maior para a tubulação de cada trecho inicial ou solicitando a mudança da altura do reservatório com relação ao último teto ou derivação de coluna mais alta</p>	

Tabela 1.12.7.1 – Passos para dimensionamento da coluna.

Observação: Denomina-se interpolação gráfica o uso de um ábaco a partir do qual com o conhecimento de duas variáveis, se obtém as demais apenas ligando as duas conhecidas através de uma linha reta.

O comprimento equivalente para tubulações de cobre e PVC segundo a NBR 1998, reduz a quantidade de peças anteriormente adotadas nos cálculos, conforme a Tabela 1.12.7.2 a seguir e em Ferro Galvanizado na Tabela 1.12.7.3:

DIÂMETRO NOMINAL (DN)	TIPO DE CONEXÃO					
	Cotovelo 90°	Cotovelo 45°	Curva 90°	Curva 45°	Te de passagem direta	Te de passagem lateral
15	1,1	0,4	0,4	0,2	0,7	2,3
20	1,2	0,5	0,5	0,3	0,8	2,4
25	1,5	0,7	0,6	0,4	0,9	3,1
32	2,0	1,0	0,7	0,5	1,5	4,6
40	3,2	1,0	1,2	0,6	2,2	7,3
50	3,4	1,3	1,3	0,7	2,3	7,6
65	3,7	1,7	1,4	0,8	2,4	7,8
80	3,9	1,8	1,5	0,9	2,5	8,0
100	4,3	1,9	1,6	1,0	2,6	8,3
125	4,9	2,4	1,9	1,1	3,3	10,0
150	5,4	2,6	2,1	1,2	3,8	11,1

Tabela 1.12.7.2 – Comprimentos equivalentes para tubulações em cobre e PVC.

DIÂMETRO NOMINAL (DN)	TIPO DE CONEXÃO					
	Cotovelo 90°	Cotovelo 45°	Curva 90°	Curva 45°	Te de passa- gem direta	Te de passa- gem lateral
15	0,5	0,2	0,3	0,2	0,1	0,7
20	0,7	0,3	0,5	0,3	0,1	1,0
25	0,9	0,4	0,7	0,4	0,2	1,4
32	1,2	0,5	0,8	0,5	0,2	1,7

40	1,4	0,6	1,0	0,6	0,2	2,1
50	1,9	0,9	1,4	0,8	0,3	2,7
65	2,4	1,1	1,7	1,0	0,4	3,4
80	2,8	1,3	2,0	1,2	0,5	4,1
100	3,8	1,7	2,7	---	0,7	5,5
125	4,7	2,2	---	---	0,8	6,9
150	5,6	2,6	4,0	---	1,0	8,2

Tabela 1.12.7.3 – Comprimentos equivalentes para tubulações em Ferro Galvanizado.

Fórmulas e Ábaco de Fair-Whipple-Hsiao.

Desenvolvidas em 1930, são usadas para tubos de pequenos diâmetros, até 4” (100mm). Temos:

- Tubo de ferro galvanizado (FG)

$$Q = 27,113 \times J^{0,6732} \times d^{2,956}$$

Equação 1.12.7.1 – Vazão em Tubos FG, F-W-H

ou

$$J = 0,002021 \times Q^{1,88} \times d^{-4,88}$$

Equação 1.12.7.2 – Perdas de Carga em Tubos FG, F-W-H

- Cobre e latão conduzindo água quente

$$Q = 63,281 \times d^{2,714} \times J^{0,571}$$

Equação 1.12.7.3 – Vazão em Tubos Cobre c/ AQ, F-W-H

- PVC, Cobre e latão conduzindo água fria

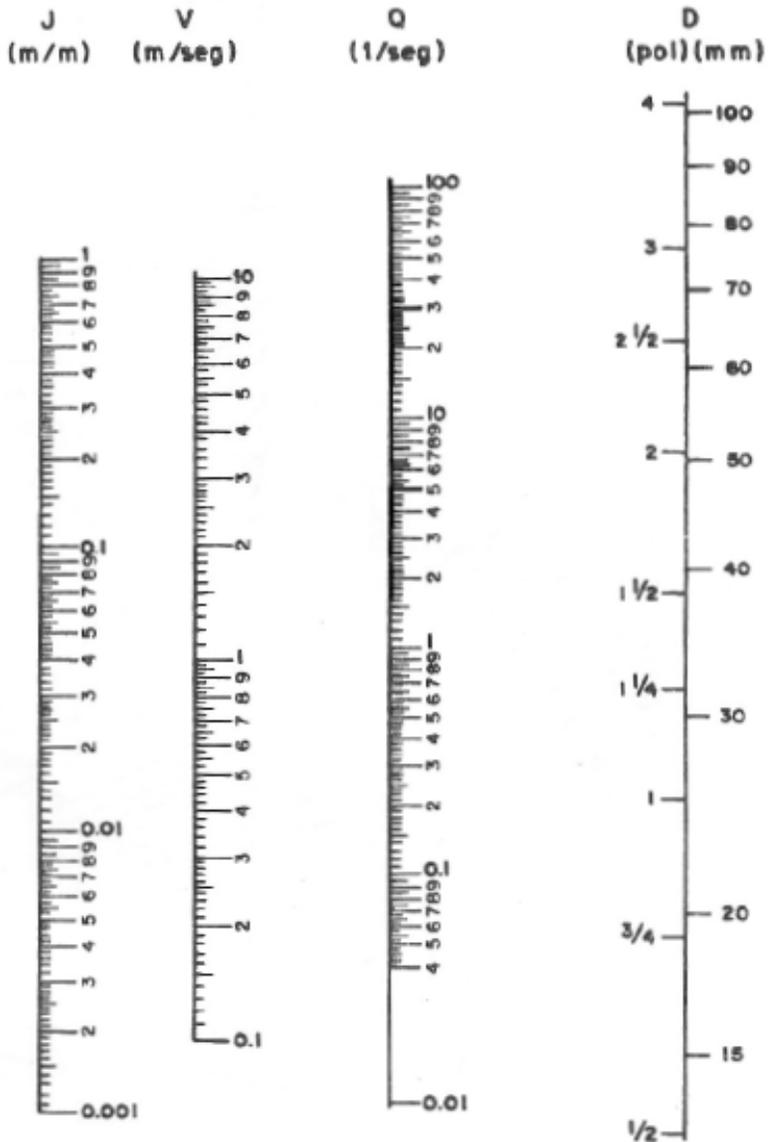
$$Q = 55,934 \times J^{0,571} \times d^{2,714}$$

Equação 1.12.7.4 – Vazão em Tubos PVC AF, F-W-H

ou

$$J = 0,00086 \times Q^{1,75} \times d^{-4,75}$$

Equação 1.12.7.5 – Perdas de Carga em Tubos PVC AF, F-W-H



FÓRMULA DE FAIR - WHIPPLE - HSIAO ($Q = 55,934 J^{0,571} D^{2,714}$)

Onde Q é dado em m^3/s e D em m.

Figura 1.12.7.2 – Ábaco para tubulações de Cobre e PVC Fair-Whipple-Hsiao.

Fórmulas e ábacos de Flamant.

A fórmula de Flamant deve ser aplicada também para água à temperatura ambiente, para instalações domiciliares e tubulações com diâmetro variando de 12,5mm a 100mm.

- Tubo de ferro galvanizado (FG)

$$J = 0,00092 \times V^{1,75} \times Q^{-1,25}$$

Equação 1.12.7.6 – Perdas de Carga em Tubos FG, FLAMANT

Ou

$$J = 0,001404 \times Q^{1,75} \times d^{-4,75}$$

Equação 1.12.7.7 – Perdas de Carga em Tubos FG, FLAMANT

- PVC, Cobre e latão conduzindo água fria

$$J = 0,000826 \times Q^{1,75} \times d^{-4,75}$$

Equação 1.12.7.8 – Perdas de Carga em Tubos PVC, FLAMANT

$$Q = 57,85 \times J^{0,571} \times d^{2,71}$$

Equação 1.12.7.9 – Vazão em Tubos PVC AF, FLAMANT

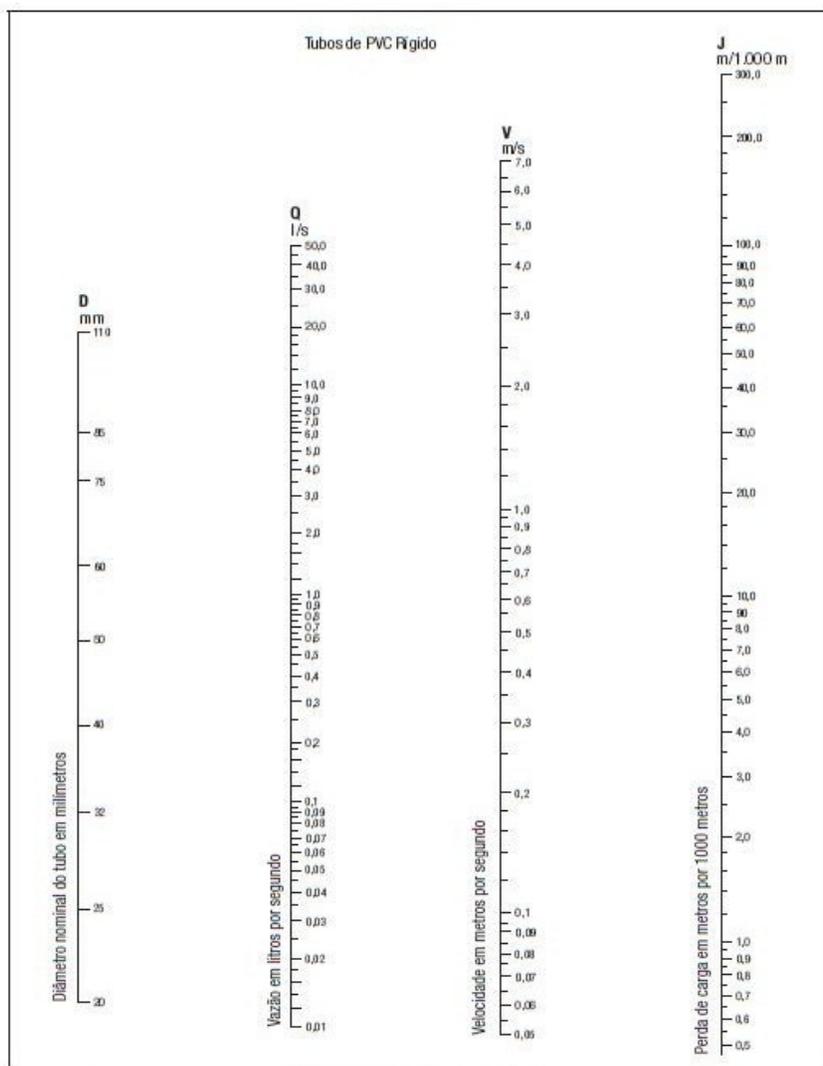
Onde:

J = perda de carga unitária, em mca/m ou simplesmente m/m;

V = velocidade média do fluxo, em m/s;

Q = vazão de água, em m³/s;

d = diâmetro da tubulação, em m.



Observação: A coluna de perdas de cargas (J) está em m/1000m e os cálculos são efetuados em m/m.

Figura 1.12.7.3 – Ábaco de Flamant para tubulações de Cobre e PVC.

Fórmula de Hazen-Willians.

Entre as fórmulas empíricas para cálculos de condutos forçados é a mais largamente utilizada. Podendo também ser utilizada para condutos livre. A fórmula de Hazen-Willians tem a seguinte expressão:

$$Q = 0,279 \times C \times D^{2,63} \times J^{0,54}$$

Ou

$$Q = 0,279 \times C \times D^{2,63} \times (\Delta h/L)^{0,54}$$

Equação 1.12.7.10 – Vazão em Tubos AF, Hazen-Willians

$$V = 0,355 \times C \times J^{0,54} \times D^{0,63}$$

Equação 1.12.7.11 – Velocidade em Tubos AF, Hazen-Willians

$$J = 10,641 \times Q^{1,85} \times C^{-1,85} \times D^{-4,87}$$

Equação 1.12.7.12 – Perdas de Carga em Tubos AF, Hazen-Willians

Onde:

V = velocidade média do fluxo, em m/s;

Q = vazão, em m³/s;

D = diâmetro, em m;

Δh = perda de carga no trecho, em m;

L = comprimento do trecho, em m;

J = perda de carga unitária, em m/m;

C = coeficiente que depende da natureza (material e estado) das paredes dos tubos.

TIPO DE CONDUTO	C
Aço galvanizado	125
Cobre	130
Ferro fundido, novo	130
Ferro fundido, usado	90
Plástico	140
PVC rígido	145

Tabela 1.12.7.4 – Valores de C da Fórmula de Hazen-Willians.

Observação: Os valores do coeficiente C de Hazen-Williams possuem várias apresentações devido ao grande número de trabalhos experimentais existentes. A Tabela 1.12.7.4 nos apresenta apenas os que mais nos interessam no momento.

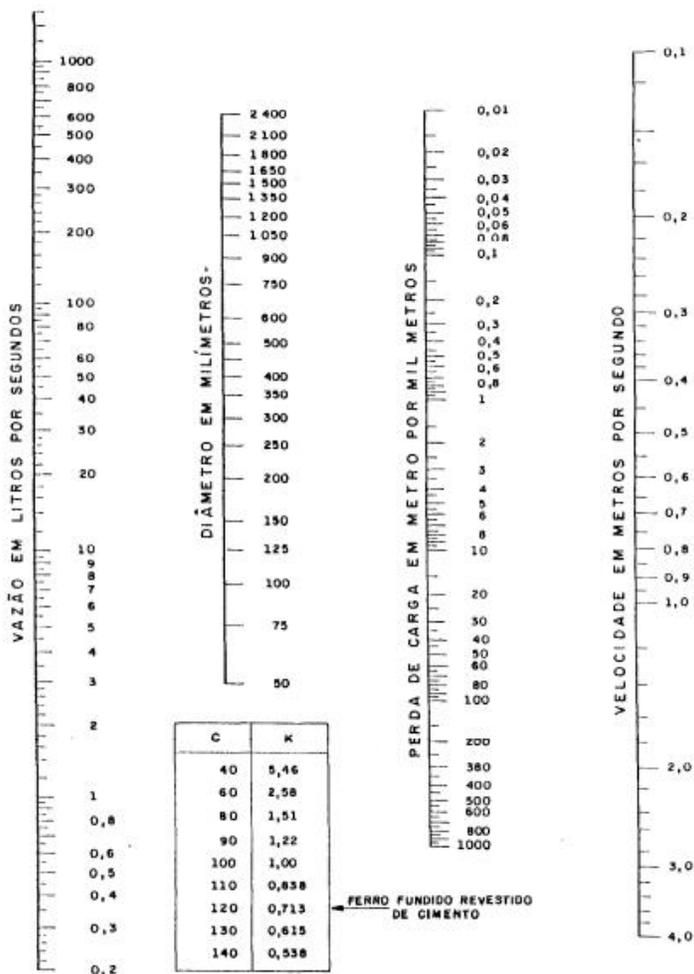


Figura 1.12.7.4 - Ábaco de Hazen-Williams para tubulações de Cobre e PVC.

Observação: O Ábaco da Figura 1.12.7.4 baseado na fórmula de Hazen-Williams, foi desenvolvido para $C=100$, de autoria do Professor José Augusto Martins, da Escola Politécnica da Universidade de SP (Macintyre, 2010).

Para $C \neq 100$, multiplicar a perda de carga pelo valor de K correspondente.

EXEMPLO DE DIMENSIONAMENTO DE COLUNA

Para melhorar o aprendizado vamos aplicar o Roteiro do Método das Normas – seguindo a seqüência da Tabela 1.12.7.3, que obedece a NBR 5626 de 1998, para dimensionar as colunas da Figura 1.12.7.5:

- a) A Figura 1.12.7.5 apresenta um Esquema Vertical utilizado para a exposição das etapas de dimensionamento de coluna;
- b) O PASSO 1º, foi definido com o posicionamento da COLUNA 1, definida para o cálculo do exemplo, a posição de captação (A), a posição (B) da derivação do Barrilete de distribuição, que direciona a distribuição do reservatório para trecho de barrilete simétrico ao observado em desenho, (C) a derivação da coluna que receberá a denominação de COLUNA 3, (D) derivação da coluna que receberá a denominação de COLUNA 2.
- c) As letras (E), (F), (G), (H), (I) e (J), correspondem a identificação dos nós de derivação da COLUNA 1 para os Ramais das Áreas Molhadas em cada pavimento. Sendo o nó denominado (J) o último a receber a distribuição da coluna estudada.

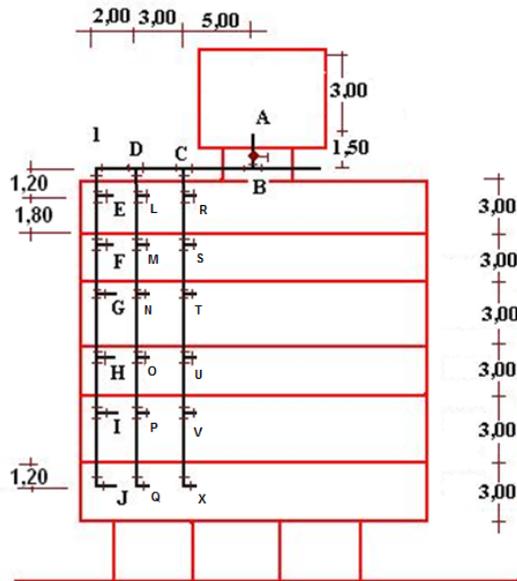


Figura 1.12.7.5- Esquema vertical definido por LETRAS em cada nó.

- d) Introduzir a identificação de cada trecho na segunda coluna da planilha, apresentando à esquerda a letra correspondente à sua entrada e à direita a letra correspondente à sua saída (Tabela 1.12.7.5)
- e) Somatório de um dos banheiros do pavimento tipo, tomar como base as peças definidas na Tabela 1.12.7.6, do ramal da COLUNA 1 de acordo com a NBR 5626 de 1998.

0	1	2A	2B	3
C O L U N A	Trecho	SOMATÓRIO DOS PESOS		Vazão estimada
		No Pavimento	Acumulado	$Q = C \sqrt{\Sigma P}$
			Σ	l/s
1	AB			
	BC			
	CD			
	DE	0,90	5,40	0,6971
	EF	0,90	4,50	0,6364
	FG	0,90	3,60	0,5692
	GH	0,90	2,70	0,4930
	HI	0,90	1,80	0,4025
	IJ	0,90	0,90	0,2846
2	AB			
	BC			
	CD			
	DL	32,60	195,60	4,1957
	LM	32,60	163,00	3,8301
	MN	32,60	130,40	3,4258
	NO	32,60	97,80	2,9668
	OP	32,60	65,20	2,4224
	PQ	32,60	32,60	1,7129
3	AB			
	BC			
	CR	1,10	6,60	0,7707
	RS	1,10	5,50	0,7036
	ST	1,10	4,40	0,6293
	TU	1,10	3,30	0,5450
	UV	1,10	2,20	0,4450
	VX	1,10	1,10	0,3146

Tabela 1.12.7.5 – Preenchimento das colunas de 0 a 3 da planilha.

f) Os valores obtidos serão inseridos na coluna 2A da planilha referente aos pesos unitários. Será repetido pelos trechos por serem residências idênticas nos andares (Pavimentos Tipo). Caso sejam diferentes, deverá ser calculado individualmente por andar o peso unitário referente.

g) A soma dos pesos acumulados: o último trecho será o seu próprio peso unitário. Para os demais trechos soma-se o valor do peso acumulado anterior com o seu peso unitário (Tabela 1.12.7.5).

Preenchimento da coluna 2B da planilha.

Peças existentes por trechos	Quantidade	Peso por peça	Σ Pesos
Lavatório	1	0,3	0,30
Chuveiro	1	0,1	0,10
Bacias com caixa acoplada	1	0,3	0,30
Duchas Higiênicas	2	0,1	0,20
TOTAL			0,90

Tabela 1.12.7.6 – Somatório dos pesos unitários em um pavimento Col. 1 do Projeto.

Peças existentes por trechos	Quantidade	Peso por peça	Σ Pesos
Lavatório	1	0,3	0,3
Chuveiro	1	0,1	0,1
Bacias com válvula	1	1,7	32,0
Duchas Higiênicas	2	0,1	0,2
TOTAL			32,6

Tabela 1.12.7.7 – Somatório dos pesos unitários em um pavimento Col. 2 do Projeto.

Peças existentes por trechos	Quantidade	Peso por peça	Σ Pesos
Pia de pratos	1	0,1	0,1
Maq Lavar Pratos	1	0,3	1,0
TOTAL			1,1

Tabela 1.12.7.8 – Somatório dos pesos unitários em um pavimento Col. 3 do Projeto.

- h) A Determinação da Vazão será igual a 0,3 multiplicado pela raiz quadrada do somatório dos pesos acumulados: $Q = 0,3 \sqrt{\Sigma Pi}$. 5º PASSO. Como foi dito anteriormente os cálculos podem ser feitos facilmente com o uso de uma PLANILHA ELETRÔNICA.
- i) No PASSO 6º, iniciamos a determinação do (D) diâmetro de cada trecho a partir da utilização da Figura 1.12.7.1 das Vazões e Diâmetros em função dos Pesos.
- j) Determinar a (V) velocidade através do uso da **Equação 1.12.1.2** e o valor da (J) perda de carga através do uso da equação **Equação 1.12.7.5** (respectivamente $V = 4 \times 10^3 \times Q \times \pi^{-1} \times d^{-2}$ e $J = 0,0086 \times 10^8 \times Q^{1,75} \times d^{-4,75}$, onde os valor 10^3 10^8 é acrescido para transformações necessárias). Podendo ainda utilizar o emprego de Ábaco, para ambas as variáveis, com interpolação gráfica, a base da fórmula de **Fair-Whipple-Hsiao** para encanamentos de cobre ou PVC (Figura 1.12.7.2);
- k) Passamos assim a determinar a diferença de cotas entre a entrada e a saída de cada trecho, considerando positiva quando a entrada tem cota superior à da saída e negativa em caso contrário;

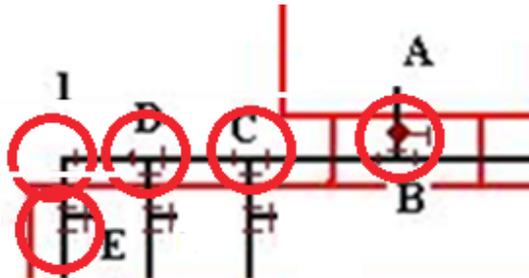
4			5	6		7
A	B	C	VELOCIDADE $V = 4 \times 10^3 \times Q \times \pi^{-1} \times d^{-2}$	A	B	Diferença de Cotas DESCE + SOBE - m
DIÂMETROS ESTIMADOS				PERDA DE CARGA $J = 0,0086 \times 10^8 \times Q^{1,75} \times d^{-4,75}$		
DN	Polegadas	Soldável Comercial	m/s	mca	kPa	m
mm		mm				
						1,50
						0,00
						0,00
20	3/4	25	2,2191	0,302282	3,02282	1,20
20	3/4	25	2,0257	0,257709	2,57709	3,00
20	3/4	25	1,8118	0,211999	2,11999	3,00

20	3/4	25	1,5691	0,164821	1,64821	3,00
16	1/2	20	2,0018	0,333622	3,33622	3,00
16	1/2	20	1,4155	0,181908	1,81908	3,00
						1,50
						0,00
						0,00
50	2	60	2,1369	0,090012	0,90012	1,20
50	2	60	1,9507	0,076739	0,76739	3,00
40	1 1/2	50	2,7261	0,182198	1,82198	3,00
40	1 1/2	50	2,3609	0,141652	1,41652	3,00
40	1 1/2	50	1,9277	0,099344	0,99344	3,00
32	1 1/4	40	2,1298	0,156338	1,56338	3,00
						1,50
						0,00
20	3/4	25	2,4533	0,360304	3,60304	1,20
20	3/4	25	2,2395	0,307175	3,07175	3,00
20	3/4	25	2,0031	0,252691	2,52691	3,00
16	1/2	20	2,7105	0,567010	5,6701	3,00
16	1/2	20	2,2131	0,397659	3,97659	3,00
16	1/2	20	1,5649	0,216825	2,16825	3,00

Tabela 1.12.7.9 – Preenchimento das colunas de 4 a 7 da planilha.

- l) Com o comprimento real da tubulação, em metros: valor relativo ao comprimento efetivo do trecho considerado preenchemos a coluna 9 da planilha;
- m) A coluna 10 demanda um pouco mais de trabalho. Nosso PASSO 11º requer uma atenção especial. Devem-se observar as peças do trecho estudado da tubulação ao longo de seu trajeto de AE e assim sucessivamente. Em cada trecho deverá ser levantado o valor correspondente em metros de tubulações de conexões existentes conforme a Tabela 1.12.7.2 se em PVC e 1.12.7.3 se em Ferro Galvanizado.

Os valores TOTAIS encontrados preenchem a coluna 10 correspondente, como se observa na Tabela



**DE ACORDO COM O FLUXO
DA ÁGUA TEREMOS:**

**1 T passagem lateral
2 T passagem direta
1 Joelho de 90 ou cotovelo
1 T passagem lateral**

Figura 1.12.7.6 – Conexões observadas do trecho AE da tubulação.

- n) Determinar a perda de cada trecho, multiplicando os valores de 6A e 6B pelo comprimento real das colunas em 9A e 9B respectivamente conforme o Passo 12º, obtendo-se o resultado em 11 A e 11 B;
- o) Determinar a perda de carga provocada por conexões e registros de cada trecho, multiplicando os valores das colunas 6A e 6B por 10A e 10B respectivamente conforme o Passo 13º, obtendo-se o resultado em 12A e 12B;
- p) Obtém-se a COLUNA 13 com a perda de carga total de cada trecho, somando os valores das colunas 11 e 12 da planilha em mca e kPa, respectivamente, conforme o PASSO 14º já definido;
- q) O procedimento seguinte é o PASSO FUNDAMENTAL DA PLANILHA (PASSO 15º) onde se determina a pressão disponível residual na saída de cada trecho, subtraindo a perda de carga total (coluna 13) da pressão disponível (coluna 8);

TRECHO COLUNA 1 (AF 1) AE					
Quantidade	CONEXÃO	Diâmetro		Comprimento Equivalente m	TOTAL
		DN	Polegadas		
2	T de passagem lateral	20	3/4	2,40	4,8
2	T de passagem direta	20	3/4	0,80	1,6
1	Cotovelo de 900 ou Joelho	20	3/4	1,20	1,2
Total em metros de tubulação equivalente					7,6
TRECHO COLUNA 1 (AF 1) EF					
1	T de passagem lateral	20	3/4	2,40	2,4
TRECHO COLUNA 1 (AF 1) FG					
1	T de passagem lateral	20	3/4	2,40	2,4
TRECHO COLUNA 1 (AF 1) GH					
1	T de passagem lateral	20	3/4	2,40	2,4
TRECHO COLUNA 1 (AF 1) HI					
1	T de passagem lateral	16	1/2	2,30	2,3
TRECHO COLUNA 1 (AF 1) IJ					
1	Cotovelo de 900 ou Joelho	16	1/2	1,10	1,1

Tabela 1.12.7.10 – Comprimento equivalente das tubulações conforme o diâmetro adotado.

- r) Finalmente após todos os cálculos vamos ter a pressão residual disponível. Sendo maior que a pressão requerida no ponto principal de utilização que pode ser o chuveiro ou uma bacia com válvula, não existe problema podermos seguir automaticamente.

Se for menor que a pressão requerida no ponto de utilização, 14ª coluna < 15ª coluna, ou se a pressão for negativa, temos um problema a resolver. Repetir os passos 5º ao 13º, **selecionando um diâmetro interno maior para a tubulação de cada trecho inicial**. Podemos ainda solicitar a **mudança de PROJETO no que corresponde à altura do reservatório com relação ao último teto ou derivação de coluna mais alta**. Assim se observa a coluna 14 da Tabela 1.12.7.11.

Existem autores que já preconizam o total abandono da execução do reservatório superior por se tratar de uma solução arquitetônica para a constante falta de água nas pequenas e grandes cidades. Em todo o caso, os cálculos de coluna são fundamentais. E os Reservatórios Superiores só serão abandonados em caso de edificações dotadas de excelente sistema de bombeamento em série ou pressurizada e de um componente operacional caríssimo e de manutenção constante, um eficiente Gerador de Energia Auxiliar.

8		9	10	11			12			13		14	15
A	B	COMPRIMENTO DA TUBULAÇÃO		PERDA DE CARGA						Pressão disponível residual		Pressão requerida no ponto de utilização	
		Real	Equivalente	Tubulação		Registro e outros		Total		A	B	A	B
(14A + 7)	(14B+10x7)	M	m	mca	kPa	mca	kPa	mca	kPa	mca	kPa	mca	kPa
2,70	27,00	12,70	7,60	3,8390	38,3899	2,2973	22,9735	6,1363	61,3633	-3,44	-34,3633	1,00	10,00
		3,00	2,40	0,7731	7,7313	0,6185	6,1850	1,3916	13,9163				
		3,00	2,40	0,6360	6,3600	0,5088	5,0880	1,1448	11,4479				
		3,00	2,40	0,4945	4,9446	0,3956	3,9557	0,8900	8,9003				
		3,00	2,30	1,0009	10,0086	0,7673	7,6733	1,7682	17,6819				
		3,00	1,10	0,5457	5,4573	0,2001	2,0010	0,7458	7,4582				

Tabela 1.12.7.11 – Preenchimento das colunas de 8 a 15 da planilha.

Refazendo a tabela teremos como opção primeira a mudança de diâmetro da tubulação.

Seqüencialmente temos a tabela 1.12.7.12 com as opções 2 e 3 de substituição da tubulação do primeiro trecho do diâmetro de ¾” até 1 1/4”. Em seguida a solução para as demais colunas em termos de um maior diâmetro.

TRECHO COLUNA 1 (AF 1) AE – OPÇÃO 2					
Quantidade	CONEXÃO	Diâmetro		Comprimento Equivalente m	TOTAL
		DN	Polegadas		
2	T de passagem lateral	25	1	3,10	6,2
2	T de passagem direta	25	1	0,90	1,8
1	Cotovelo de 900 ou Joelho	25	1	1,50	1,5
Total em metros de tubulação equivalente					9,5
TRECHO COLUNA 1 (AF 1) AE – OPÇÃO 3					
Quantidade	CONEXÃO	Diâmetro		Comprimento Equivalente m	TOTAL
		DN	Polegadas		
2	T de passagem lateral	32	1 1/4	4,60	9,2
2	T de passagem direta	32	1 1/4	1,50	3
1	Cotovelo de 900 ou Joelho	32	1 1/4	2,00	2
Total em metros de tubulação equivalente					14,2

Tabela 1.12.7.12 – Comprimento equivalente adotado em novas opções.

TRECHO COLUNA 2 (AF 2) AL					
Quantidade	CONEXÃO	Diâmetro		Comprimento Equivalente m	TOTAL
		DN	Polegadas		
2	T de passagem lateral	50	2	7,60	15,2
1	T de passagem direta	50	2	2,30	2,3
0	Cotovelo de 900 ou Joelho	50	2	3,40	0
Total em metros de tubulação equivalente					17,5

TRECHO COLUNA 2 (AF 2) LM					
1	T de passagem lateral	50	2	7,60	7,6
TRECHO COLUNA 2 (AF 2) MN					
1	T de passagem lateral	40	1 1/2	7,30	7,3
TRECHO COLUNA 2 (AF 2) NO					
1	T de passagem lateral	40	1 1/2	7,30	7,3
TRECHO COLUNA 2 (AF 2) OP					
1	T de passagem lateral	40	1 1/2	7,30	7,3
TRECHO COLUNA 2 (AF 2) PQ					
1	Cotovelo de 900 ou Joelho	32	1 1/4	3,20	3,2

Tabela 1.12.7.13 – Comprimento equivalente das tubulações da Coluna 2.

TRECHO COLUNA 2 (AF 2) AL – OPÇÃO 1					
Quantidade	CONEXÃO	Diâmetro		Comprimento Equivalente m	TOTAL
		DN	Polegadas		
2	T de passagem lateral	65	2 1/2	7,80	15,6
1	T de passagem direta	65	2 1/2	2,40	2,4
1	Cotovelo de 900 ou Joelho	65	2 1/2	3,70	3,7
Total em metros de tubulação equivalente					21,7

Tabela 1.12.7.14 – Comprimento equivalente adotado em nova opção na Coluna 2.

TRECHO COLUNA 3 (AF 3) AR					
Quantidade	CONEXÃO	Diâmetro		Comprimento Equivalente m	TOTAL
		DN	Polegadas		
3	T de passagem lateral	20	3/4	2,40	7,2
TRECHO COLUNA 3 (AF 3) RS					
1	T de passagem lateral	20	3/4	2,40	2,4

TRECHO COLUNA 3 (AF 3) ST					
1	T de passagem lateral	20	3/4	2,40	2,4
TRECHO COLUNA 3 (AF 3) TU					
1	T de passagem lateral	15	1/2	2,30	2,3
TRECHO COLUNA 3 (AF 3) UV					
1	T de passagem lateral	15	1/2	2,30	2,3
TRECHO COLUNA 3 (AF 3) VX					
1	Cotovelo de 900 ou Joelho	15	1/2	1,20	1,2

Tabela 1.12.7.15 – Comprimento equivalente adotado na Coluna 3.

TRECHO COLUNA 3 (AF 3) AR – OPÇÃO 1					
Quantidade	CONEXÃO	Diâmetro		Comprimento Equivalente m	TOTAL
		DN	Polegadas		
3	T de passagem lateral	20	1	3,10	9,3

Tabela 1.12.7.16 – Comprimento equivalente adotado em nova opção na Coluna 3.

Da Tabela 1.12.7.12 a 1.12.7.16 o que se deve observar é a mudança dos diâmetros e conseqüentemente os respectivos valores em COMPRIMENTO EQUIVALENTE DE TUBULAÇÃO, que vão influenciar diretamente no resultado final encontrado na Planilha da Tabela 1.12.7.17, que nos fornece toda a tubulação da coluna estuda.

0	1	2ª	2B	3	4			5	6		7
					A	B	C		A	B	
COLUNA	Techo	SOMATÓRIO DOS PESOS		Vazão estimada	DIÂMETROS ESTIMADOS			VELOCIDADE	PERDA DE CARGA		Diferença de Cotas DESCE + SOBE -
		No Pavimento	Acumulado		DN	Polgadas	Soldável Comercial		mca	kPa	
			Σ	$Q = C \sqrt{\Sigma P}$ l/s	mm		mm	m/s			m
1	AB										1,50
	BC										0,00
	CD										0,00
	DE	0,90	5,40	0,6971	20	3/4	25	2,2191	0,302282	3,02282	1,20
Opção 2	DE	0,90	4,50	0,6364	25	1	32	1,2965	0,089291	0,89291	1,20
Opção 3	DE	1,90	4,60	0,6434	32	1 1/4	40	0,8000	0,028178	0,28178	1,20
	EF	0,90	4,50	0,6364	20	3/4	25	2,0257	0,257709	2,57709	3,00
	FG	0,90	3,60	0,5692	20	3/4	25	1,8118	0,211999	2,11999	3,00
	GH	0,90	2,70	0,4930	20	3/4	25	1,5691	0,164821	1,64821	3,00
	HI	0,90	1,80	0,4025	16	1/2	20	2,0018	0,333622	3,33622	3,00
	IJ	0,90	0,90	0,2846	16	1/2	20	1,4155	0,181908	1,81908	3,00

0	1	2 ^a	2B	3	4			5	6		7
					A	B	C		A	B	
2	AB										1,50
	BC										0,00
	CD										0,00
	DL	32,60	195,60	4,1957	50	2	60	2,1369	0,090012	0,90012	1,20
Opção 2	DL	33,60	164,00	3,8419	65	2 1/2	75	1,1578	0,022188	0,22188	1,20
	LM	32,60	163,00	3,8301	50	2	60	1,9507	0,076739	0,76739	3,00
	MN	32,60	130,40	3,4258	40	1 1/2	50	2,7261	0,182198	1,82198	3,00
	NO	32,60	97,80	2,9668	40	1 1/2	50	2,3609	0,141652	1,41652	3,00
	OP	32,60	65,20	2,4224	40	1 1/2	50	1,9277	0,099344	0,99344	3,00
	PQ	32,60	32,60	1,7129	32	1 1/4	40	2,1298	0,156338	1,56338	3,00
3	AB										1,50
	BC										0,00
	CR	1,10	6,60	0,7707	20	3/4	25	2,4533	0,360304	3,60304	1,20
Opção 2	CR	1,10	5,50	0,7036	25	1	32	1,4333	0,106430	1,0643	1,20
	RS	1,10	5,50	0,7036	20	3/4	25	2,2395	0,307175	3,07175	3,00
	ST	1,10	4,40	0,6293	20	3/4	25	2,0031	0,252691	2,52691	3,00
	TU	1,10	3,30	0,5450	16	1/2	20	2,7105	0,567010	5,6701	3,00
	UV	1,10	2,20	0,4450	16	1/2	20	2,2131	0,397659	3,97659	3,00
	VX	1,10	1,10	0,3146	16	1/2	20	1,5649	0,216825	2,16825	3,00

Tabela 1.12.7.17 – Preenchimento completo das colunas da planilha até a coluna 7.

8		9		10		11		12		13		14		15	
A	B	PERDA DE CARGA										Pressão disponível residual		Pressão requerida no ponto de utilização	
		A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
2,70	27,00	0,9631	9,6313	1,5752	15,7521	2,5383	25,3834	0,16	1,6166	3,00	30,00				
2,70	27,00	0,2374	2,3741	0,4815	4,8147	0,7189	7,1888	1,98	19,8112	Obs. 1	*				
4,98	49,81	0,2302	2,3022	0,5832	5,8322	0,8134	8,1344	4,17	41,6769	OK	OK				
7,17	71,68	0,5466	5,4659	1,3300	13,3005	1,8766	18,7664	5,29	52,9105	OK	OK				
8,29	82,91	0,4250	4,2496	1,0341	10,3406	1,4590	14,5901	6,83	68,3203	OK	OK				
9,83	98,32	0,2980	2,9803	0,7252	7,2521	1,0232	10,2324	8,81	88,0879	OK	OK				
11,81	118,09	0,4690	4,6901	0,5003	5,0028	0,9693	9,6929	10,84	108,3949	OK	OK				
2,70	27,00	2,7743	27,7434	2,5942	25,9419	5,3685	53,6853	-2,67	-26,6853	1,00	10,00				
2,70	27,00	0,8195	8,1951	0,9898	9,8980	1,8093	18,0931	0,89	8,9069	Obs. 2	*				
3,89	38,91	0,9215	9,2152	0,7372	7,3722	1,6587	16,5874	2,23	22,3195	OK	OK				
5,23	52,32	0,7581	7,5807	0,6065	6,0646	1,3645	13,6453	3,87	38,6742	OK	OK				
6,87	68,67	1,7010	17,0103	1,3041	13,0412	3,0052	30,0515	3,86	38,6227	OK	OK				
6,86	68,62	1,1930	11,9298	0,9146	9,1462	2,1076	21,0759	4,75	47,5468	OK	OK				
7,75	77,55	0,6505	6,5047	0,2602	2,6019	0,9107	9,1066	6,84	68,4401	OK	OK				

Tabela 1.12.7.18 – Preenchimento completo das colunas da planilha até a coluna 8 até a 15.

As Observações 1 e 2 anotadas na planilha final, correspondem a situação em que se analisa a Pressão Requerida no Ponto de Utilização, em que na AF 2 ou Coluna 02 seria a Bacia com válvula de descarga, que recomenda-se uma pressão mínima de 3,00 mca enquanto que na AF 03 ou Coluna 03, teremos a Torneira de Pia de Cozinha, como peça principal e condição mínima de funcionamento de 1,0 mca.

Os resultados de 1,98 mca < 3,00 mca e 0,89 mca < 1,00 mca, no entanto é preciso considerar que todos os cálculos foram feitos a partir da captação no reservatório superior no ponto A.

No caso de acrescentarmos a pressão devido ao volume útil existente de água acima da captação, certamente termos um acréscimo mínimo de 2,80 mca. Com este acréscimo teríamos uma pressão adequada:

$$1,98 + 2,80 = 4,98 \text{ mca} > 3,00 \text{ mca} - \text{correto Coluna 2}$$

$$0,89 + 2,80 = 3,69 \text{ mca} > 1,00 \text{ mca} - \text{correto Coluna 3.}$$

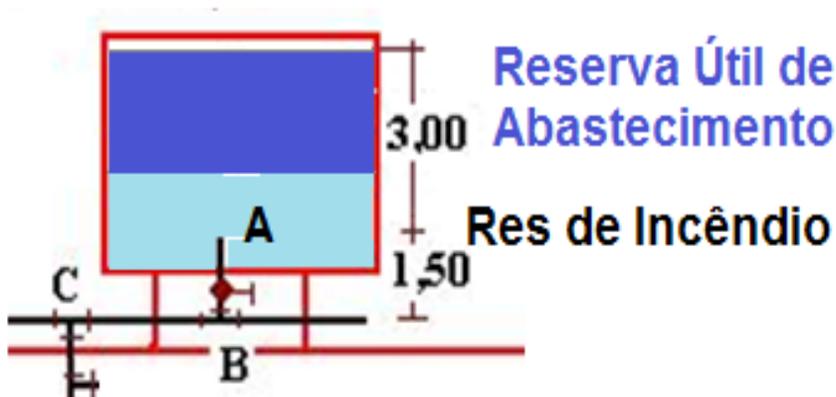


Figura 1.12.7.7 – Potencial de pressão da Reserva Útil de Abastecimento.

É importante lembrar que alguns autores costumam calcular o dimensionamento de colunas tomando como base o centro do reservatório ou a altura máxima de reservação e não ao nível da captação como foi executado.

Pode se iniciar no último pavimento onde as pressões são importantíssimas, ou seja, no primeiro trecho estudado o lançamento de Diâmetro Estimado o valor imediatamente superior ao que usualmente seria adotado.

A opção possível e não descartada é sempre a de se projetar uma maior

elevação do nível de posicionamento do Reservatório Superior. Até mesmo criando uma casa de registros logo em baixo da laje inferior do Reservatório Superior que permita não só a fácil inspeção como sua manutenção.

Vamos aproveitar e recordar a importância do conhecimento do tipo de peça que esta sendo abastecida e as recomendações mínimas de pressão requeridas como o caso das válvulas de descarga, do caso a seguir da DOCOL:

Onde devo instalar uma Válvula de Descarga 1.1/2?

Em residência térrea e nos três últimos andares de um prédio. É necessário ter um reservatório de água a uma altura mínima de 1,5 m.c.a. (metro de coluna de água) e máxima de 15 metros de coluna de água. Veja o conceito de m.c.a.

Onde devo instalar uma Válvula de Descarga 1.1/4?

Em prédios - abaixo dos três últimos andares - onde a altura é superior a 10 m.c.a. e máxima de 40 m.c.a.

Metros de coluna de água: m.c.a. é uma medida comum em hidráulica. Quando se fala em 4 m.c.a. significa que existem 4 metros (de altura) entre o nível da água (na caixa) e o produto (torneira, por exemplo).

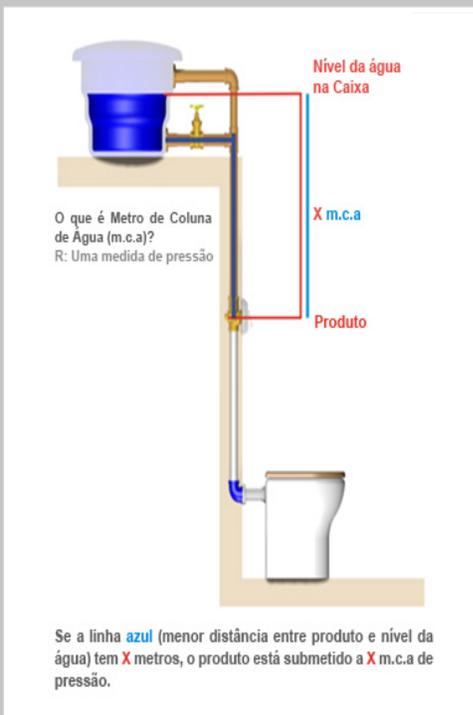


Figura 1.12.7.8 – Pressão Requerida.

A recomendação permanece de no mínimo 3,00mca disponíveis para o perfeito funcionamento de válvula de descarga.

1.12.8 Dimensionamento de barrilete

Chama-se de BARRILETE a tubulação que interliga as várias colunas existentes ao reservatório superior no caso de abastecimento indireto. No caso de um abastecimento direto, é considerado o conjunto de tubulações que interligam a distribuição para as colunas ascendentes que abastecem os ramais na Figura 1.12.8.1. Se existe medição individualizada temos o barrilete de distribuição interior à unidade habitacional.

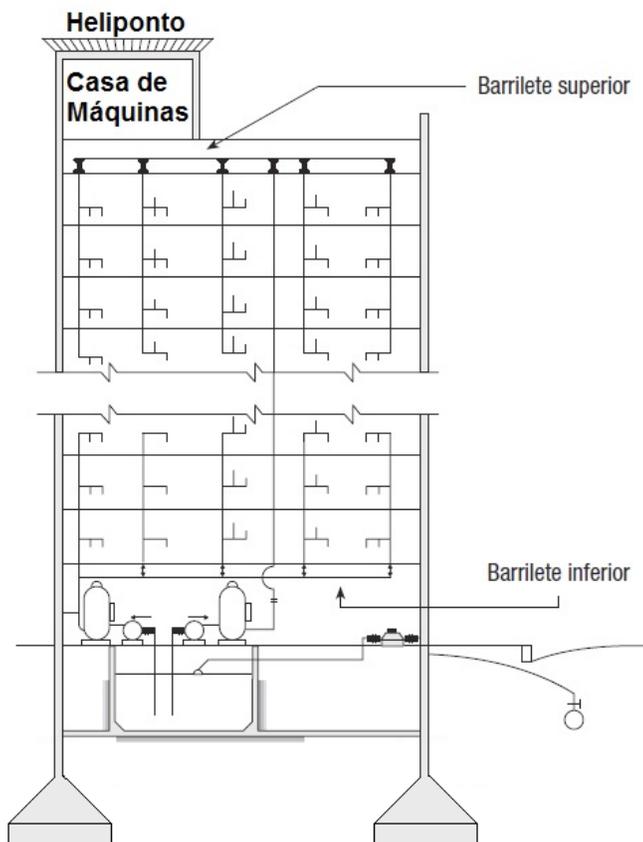


Figura 1.12.8.1 – Barrilete Superior e Inferior.

Podem ser do tipo ramificado, concentrado ou misto.

O tipo concentrado permite que os registros de operação se localizem numa área bem definida, denominada de Casa de Registros e Controles, o que permite uma melhor segurança e controle do sistema.

O tipo ramificado distribui os comandos de registros por áreas externas ao local do reservatório.

Nos reservatórios elevados, externos à edificação (castelos de água), por economia e facilidade de operação, o barrilete deve ter os registros em sua base e não imediatamente abaixo do tanque. Podendo ter uma área em um determinado prédio com o conjunto de registro em uma área independente, daí propormos a nomenclatura de misto, muito comum em indústrias.

Barrilete ramificado:

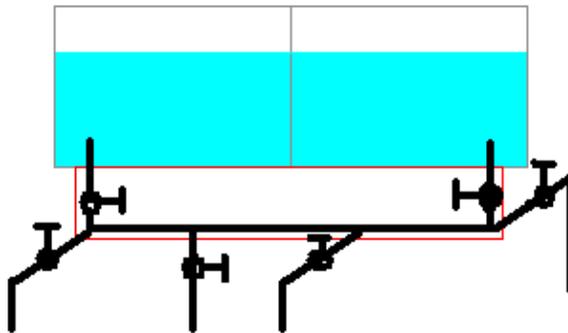


Figura 1.12.8.2 – Barrilete Ramificado.

Barrilete Concentrado:

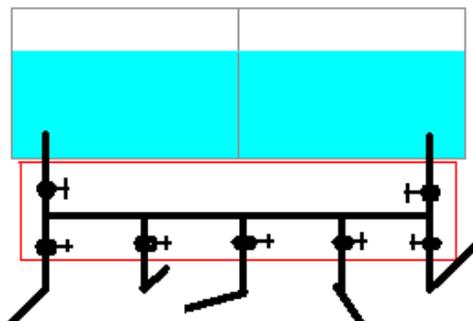


Figura 1.12.8.3 – Barrilete Concentrado.

Misto:

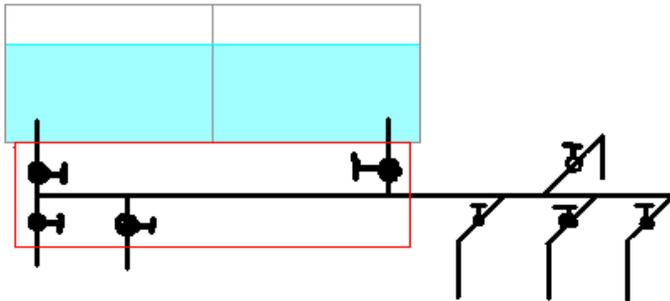


Figura 1.12.8.4 – Barrilete Misto.

O dimensionamento do barrilete pode ser feito por dois métodos:

a) MÉTODO DE HUNTER

Fixa-se a perda de carga em 8% e calcula-se a vazão como se cada metade da caixa atendessem à metade das colunas. Conhecendo-se J e Q , calcula-se pelo ábaco de FAIR-WHIPPLE-HSIAO o diâmetro.

b) MÉTODO DAS SEÇÕES EQUIVALENTES

Considera-se o diâmetro encontrado para as colunas, de modo que metade das colunas seja atendida pela metade da caixa.

EXEMPLO DE DIMENSIONAMENTO DE BARRILETE

Formulemos uma hipótese do dimensionamento de um edifício de seis pavimentos que possui uma distribuição conforme a figura:

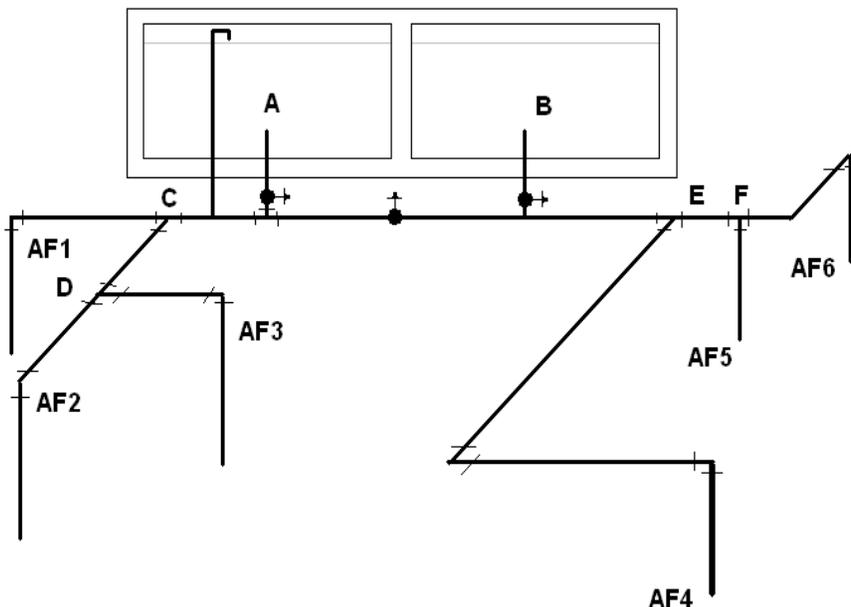


Figura 1.12.8.5- Barrilete Concentrado do Exemplo.

As colunas AF1=AF6, alimentam uma pia de cozinha, um filtro, um tanque de lavar roupas e uma máquina de lavar roupas em cada pavimento.

As colunas AF2=AF5, alimentam uma bacia com caixa, um lavatório, uma ducha higiênica e um chuveiro, em cada pavimento.

As colunas AF3 e AF4 são semelhantes entre os pavimentos tipo, alimentam uma bacia com válvula, um lavatório, uma ducha higiênica e um chuveiro, em cada pavimento. Porém, a coluna AF4 ainda atende a um banheiro semelhante aos das colunas AF2 e AF5, uma pia e um lavatório do salão de festas, e duas torneiras de jardim dos pilotis e do subsolo.

De forma resumida e tabelada teremos:

COLUNA	PEÇAS	PESOS	N PAV	TOTAL Σ P	Q	DN	Pol.
AF1=AF6	Pia Filtro Tanque Maq. Lavar	0,7 0,0 0,7 1,0	6	14,4	1,14	25	1"

AF2=AF5	Lavatório Bacia com CX. Ducha Chuveiro	0,3 0,3 0,1 0,1	6	4,8	0,65	25	1"
AF3	Lavatório Bacia com VD. Ducha Chuveiro	0,3 32,0 0,1 0,1	6	195	4,19	50	2"
AF4	Lavatório Bacia com VD. Ducha Chuveiro	0,3 32,0 0,1 0,1	6	197,7	4,22	50	2"
AF4	Lavatório Bacia com CX. Ducha Chuveiro Pia Torneira Torneira	0,3 0,3 0,1 0,1 0,7 0,4 0,4 0,4	1				

Tabela 1.12.8.1 – Pesos e diâmetros das colunas do exemplo de barrilete.

Método de Hunter

Etapas de execução:

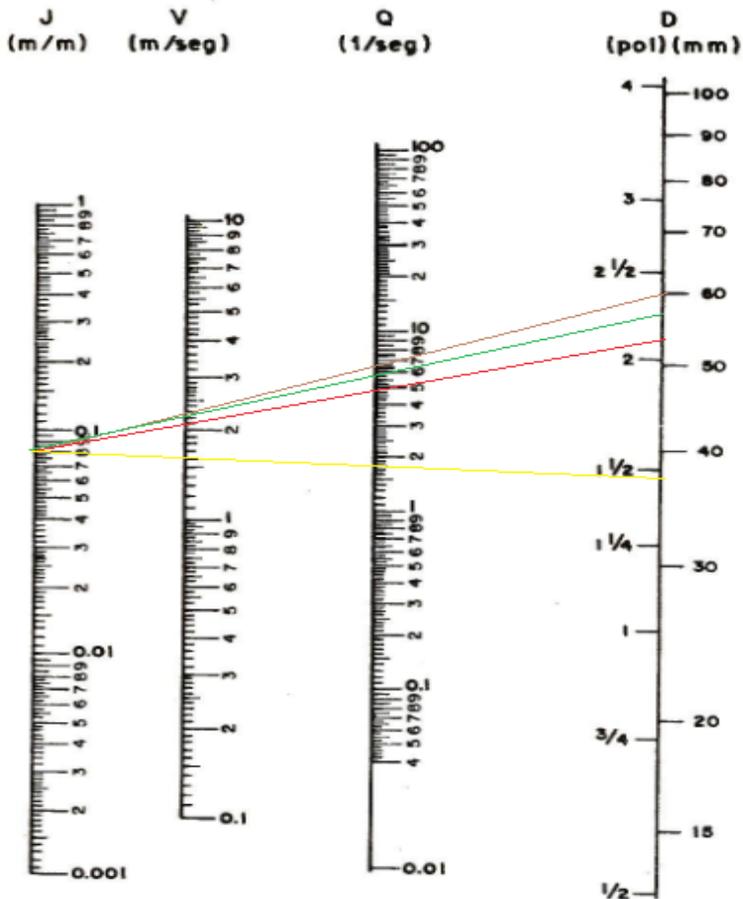
- 1) Com estes parâmetros estimados ou calculados, divide-se o barrilete por trechos;
- 2) Se existem duas células, deverá ser observada a simetria de distribuição de tal forma que cada célula responda por trecho simétrico ou que ofereça menor perda de carga;
- 3) Dimensionam-se os diâmetros dos trechos a partir da acumulação das demandas de vazões. Em casos de tubulações com comprimentos

extensos, adota-se a redução de perdas de carga por metro de tubulação para avaliação da pressão mínima necessária para seu perfeito funcionamento.

		Q			D	
AF1 =		1,14			1"	
AF2 =		0,65			1"	
AF3 =		4,19			2"	
AF4 =		4,22			2"	
AF5 =		0,65			1"	
AF6 =		1,14			1"	
		Q	J	DN (mm)	Polegadas	Soldável
CD	AF3+AF2	4,84	0,08	50	2	60
AC	CD+AF1	5,98	0,08	65	2 1/2	75
EF	AF5+AF6	1,79	0,08	40	1 1/2	50
BE	EF+AF4	6,01	0,08	65	2 1/2	75

Tabela 1.12.8.2 – Pesos e diâmetros das colunas do exemplo de barrilete.

Conhecida a vazão e o diâmetro, entra-se com estes dados num dos ábacos de Fair-Whipple-Hsiao (Figura 1.12.7.2) como na Figura 1.12.8.6 e obtém-se o diâmetro por interpolação gráfica. Para grandes diâmetros adotam-se os ábacos e formulações de Flamant ou Williams-Hazen.



FÓRMULA DE FAIR - WHIPPLE - HSIAO ($Q = 55,934J^{0,571} D^{2,714}$)

Figura 1.12.8.6 – Ábaco em PVC Fair-Whipple-Hsiao com Q e J do exemplo.

Método das Seções Equivalentes (Tabela 1.11.3)

COLUNA	Pol.	TAB 1.11.3	TRECHO	EQUIVALÊNCIA	DIÂMETRO
AF1=AF6	1"	6,2	CD	AF3+AF2	2 ½"
AF2=AF5	1"	6,2	AC	CD+AF1	2 ½"
AF3	2"	37,8	EF	AF5+AF6	1 ½"
AF4	2"	37,8	BE	EF+AF4	2 ½"

Tabela 1.12.8.3 – Diâmetros dos trechos do barrilete em Seções Equivalentes.

Normalmente se utiliza o cálculo pelos dois métodos e adota-se aquele que se apresente como melhor alternativa para o tipo de atividade a ser desempenhada na edificação.

1.13 SISTEMA ELEVATÓRIO

O Sistema Elevatório de uma unidade predial é um dos elementos mais importantes no funcionamento de qualquer edificação.

Observe-se atentamente a recomendação da NBR 5626 de 1998, sobre o tema:

5.2.4.8 Em princípio um reservatório para água potável não deve ser apoiado no solo, ou ser enterrado total ou parcialmente, tendo em vista o risco de contaminação proveniente do solo, face à permeabilidade das paredes do reservatório ou qualquer falha que implique a perda da estanqueidade. Nos casos em que tal exigência seja impossível de ser atendida, o reservatório deve ser executado dentro de compartimento próprio, que permita operações de inspeção e manutenção, devendo haver um afastamento, mínimo, de 60 cm entre as faces externas do reservatório (laterais, fundo e cobertura) e as faces internas do compartimento. O compartimento deve ser dotado de drenagem por gravidade, ou bombeamento, sendo que, neste caso, ***a bomba hidráulica deve ser instalada em poço adequado e dotada de sistema elétrico que adverte em casos de falha no funcionamento na bomba.***

Em outras palavras, **“o conjunto Motor-Bomba não pode parar”**.

Para a elevação da água do reservatório inferior até o reservatório superior utiliza-se a bomba, que é uma máquina de geratriz hidráulica, ou seja, introduz no líquido em escoamento a energia externa, transformando energia mecânica fornecida por uma fonte (um motor elétrico) em energia hidráulica sob a forma de pressão e velocidade.

Para melhor compreender os termos adotados vamos apresentar um esquema típico de instalação em uma captação de reservatório inferior de uma moto-bomba centrífuga (Figura 1.13.1).

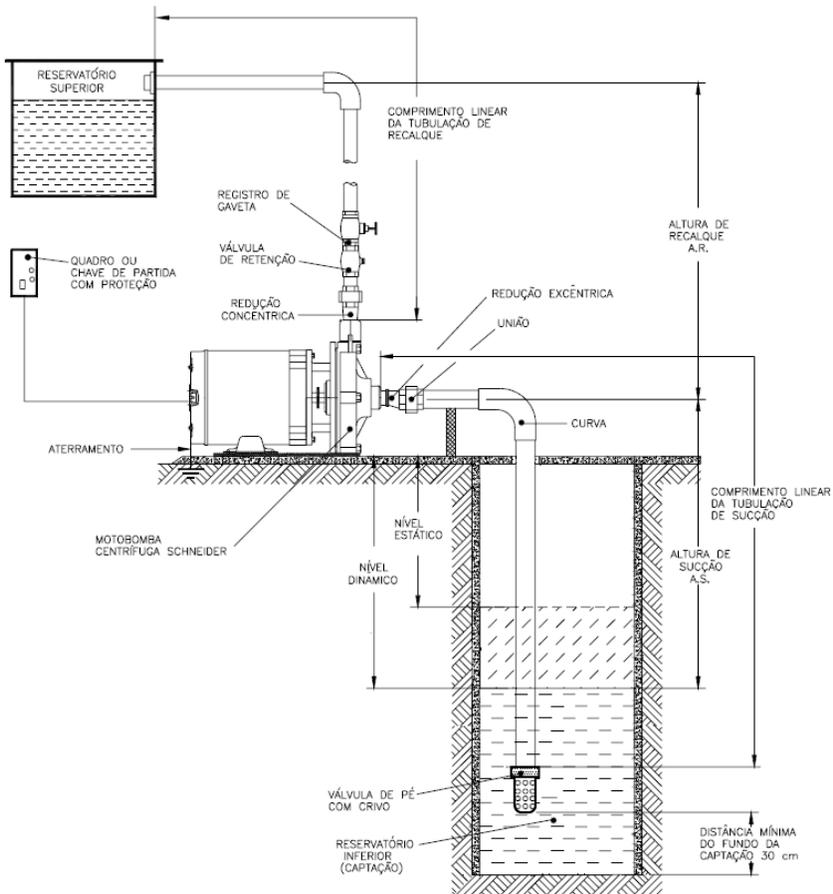


Figura 1.13.1 – Esquema típico de instalação de um conjunto motor-bomba.

Existem vários tipos de bombas tais como:

a) O Parafuso de Arquimedes (Figura 1.13.2);

Considerada a mais antiga, empregada por Senaqueribe, Rei da Assíria, para a irrigação dos Jardins Suspensos da Babilônia e Nínive, no século VII a.C. e posteriormente descritas em maior detalhe por Arquimedes no século III a.C. O Parafuso de Archimedes é capaz de bombear com eficiência: água, lama, esgoto e até partículas sólidas como grãos.

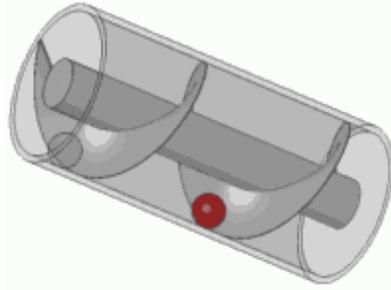


Figura 1.13.2 – O Parafuso de Arquimedes.

b) De embolo ou pistão (alternativa);

Esquema da bomba de embolo **A**. Bomba em **B** existente no Museu Arqueológico Nacional de Espanha, em Madri, tipo alternativa duplex, de acionamento manual, fabricada entre os séculos I e II d.C. Bomba manual muito comum no campo em regiões sem energia elétrica em **C** e a de diafragma em **D** na Figura 1.13.3 .



Figura 1.13.3 – Bombas Alternativas.

c) Rotativas (Figura 1.13.4);

Requer um grande volume de água.

De engrenagem (A), lóbulos (B) e palhetas (C) na Figura 1.13.3.

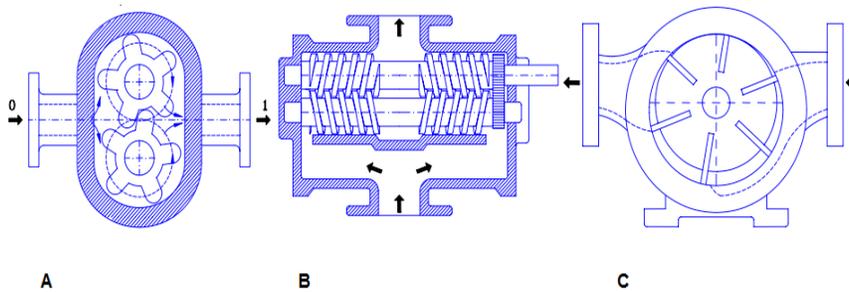


Figura 1.13.4 – Bombas Rotativas.

d) Centrífugas (Figura 1.13.5);

As mais utilizadas e comuns em edificações; será objeto de nosso estudo. As Bombas Centrífugas são bombas hidráulicas que têm como princípio de funcionamento a força centrífuga através de palhetas e impulsores que giram no interior de uma carcaça estanque, jogando líquido do centro para a periferia do conjunto girante.

Os tipos e características são em grande número, igualmente ao seu emprego e utilização os mais variados.

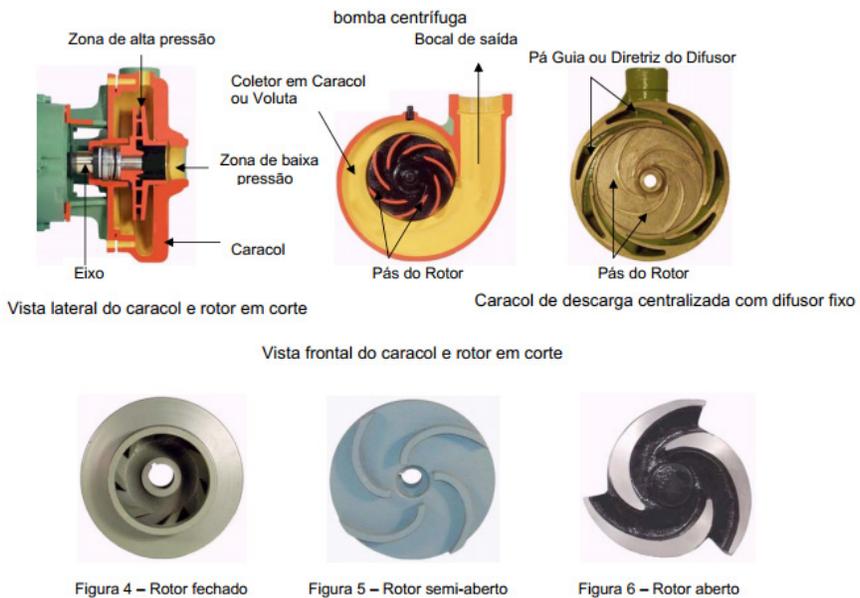


Figura 1.13.5 – Bombas Centrífugas.

e) Ejetoras ou injetoras (Figura 1.13.6);

A bomba ejetora é uma bomba centrífuga ligada a um ejetor. O ejetor tem por finalidade permitir que uma bomba centrífuga possa retirar água de uma profundidade maior do que a centrífuga comum.

Ao fazer circular água com pressão pelo ejetor, esta, ao passar pelo bico que se encontra no final da tubulação de sucção, sofre um aumento muito grande em sua velocidade, fazendo com que se forme uma zona de vácuo entre o bico e o Venturi. Havendo esta zona de vácuo, o líquido a ser bombeado entra pelo espaço existente entre o bico e o Venturi e é arrastado pelo jato em alta velocidade, que sai do bico. Entrando no Venturi, sua velocidade é reduzida, seguindo pela tubulação de sucção da bomba.

Observe que na tubulação de sucção passa água de circulação e o líquido bombeado, enquanto no cano de pressão passa apenas água de circulação. Daí a necessidade da tubulação de sucção ser mais grossa do que a de pressão. O orifício do bico e do Venturi são feitos para uma determinada profundidade e vazão. Não se pode alterar o orifício do bico e do Venturi, a menos que seja consultado o fabricante. Outro elemento de grande importância entre o bico e o Venturi é a distância. Esta também não pode ser alterada, a menos que, com o consentimento do fabricante.

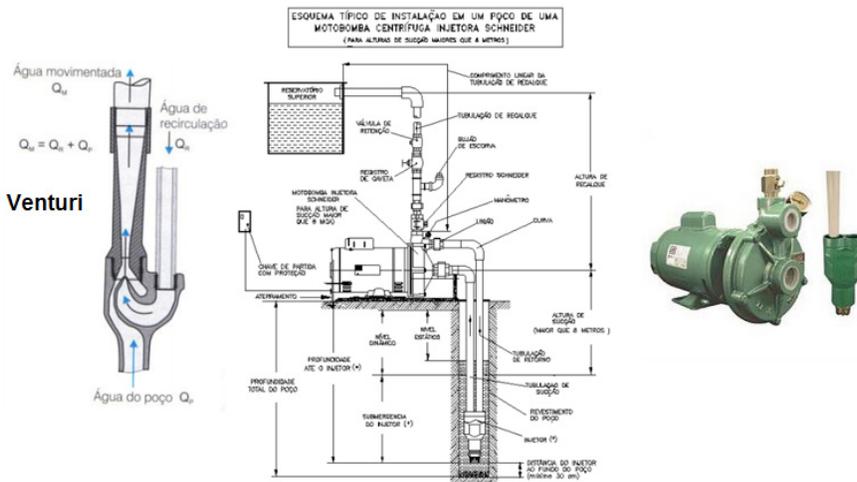


Figura 1.13.6 – Bomba Injetora.

f) Bomba a ar comprimido;

Em locais onde não se possui uma bomba centrífuga ou de poço, de forma emergencial com o uso de um compressor, é possível recalcar a água. O processo não apresenta um bom rendimento (Figura 1.13.7).

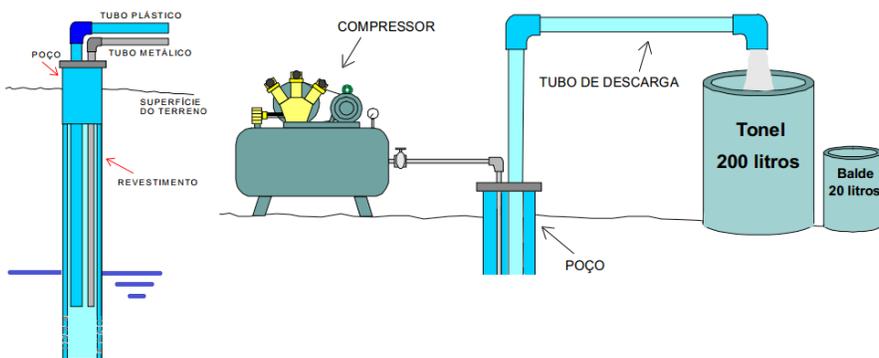


Figura 1.13.7 – Bomba Ar Comprimido.

g) Carneiro hidráulico (Figura 1.13.8);

O Carneiro Hidráulico é um dispositivo prático, barato, usado para bombear água. Apresenta um manejo simples e exige pouca manutenção. Para funcionar, o Carneiro Hidráulico não necessita de energia elétrica ou combustível.

Seu princípio de funcionamento utiliza o efeito do “golpe de aríete”; que é um surto de pressão que ocorre em um tubo conduzindo água, cujo escoamento sofre uma interrupção brusca. Este fenômeno pode ser observado quando interrompemos abruptamente o fluxo de água em uma mangueira e podemos perceber que a mangueira se movimenta.

Seu rendimento é pequeno, tendo como vantagens um custo baixo de instalação e quase nulo o de operação. Como não precisa de uma fonte externa de energia, o carneiro pode funcionar indefinidamente a partir do momento da instalação, desde que permaneça expressivo o volume da água corrente. É utilizado principalmente para irrigação na agricultura.

O Carneiro Hidráulico é um equipamento muito simples que pode ser encontrado na versão industrializada ou pode ser construído com materiais facilmente encontrados em armazéns de construção.



Esquema de montagem do carneiro hidráulico rural

LEGENDA
 1 - Flange 1/2" com as 3 porcas
 2 - Atuação
 3 - Válvula de sucção
 OBR: serviço de torno para acoplar ao parafuso
 4, 5, 6 e 11 - Niple
 14 - Joelho
 7 e 12 - Te com rosca interna
 8 e 14 - Adaptador curto
 9 - Registro de gaveta
 10 - Válvula de retenção vertical
 13 - Adaptador para mangueira
 15 - 1 metro de cano acilvado
 16 - Cap

OBR: No detalhe, item 16 da nota. Situa-se dentro da peça nº 2, acoplada ao parafuso

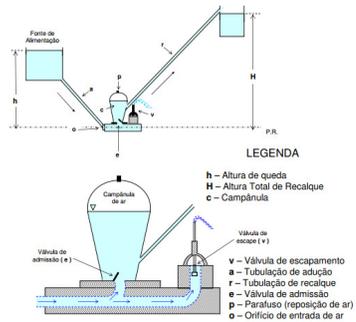


Figura 1.13.8 – Carneiro Hidráulico.

1.13.1 Dimensionamento do conjunto motor-bomba

O dimensionamento do conjunto Motor-Bomba requer levar-se em consideração os artigos e recomendações da Norma NBR 5626 de 1998, como bem se pode observar a seguir:

5.2.9 Instalação elevatória

5.2.9.1 Uma instalação elevatória consiste no bombeamento de água de um reservatório inferior para um reservatório superior ou para um reservatório hidropneumático.

5.2.9.2 Na definição do tipo de instalação elevatória e na localização dos reservatórios e bombas hidráulicas, **se deve considerar o uso mais eficaz da pressão disponível**, tendo em vista a conservação de energia.

5.2.9.3 As instalações elevatórias **devem possuir no mínimo duas unidades de elevação de pressão, independentes**, com vistas a garantir o abastecimento de água no caso de falha de uma das unidades.

5.2.9.4 Nas instalações elevatórias por recalque de água, recomenda-se a utilização de comando liga/desliga automático, condicionado ao nível de água nos reservatórios. Neste caso, este comando deve permitir também o acionamento manual para operações de manutenção.

5.2.9.5 A localização e a forma de instalação de instalações elevatórias devem ser definidas prevendo-se soluções destinadas a reduzir os efeitos da vibração e do ruído.

Uma bomba bem projetada, instalada e usada nas condições corretas não gera ruído excessivo. Se, entretanto, a vazão é maior que a prevista, ou a pressão de sucção é insuficiente, há risco de cavitação e turbulência, resultando em ruído e vibração.

NA TUBULAÇÃO DO RECALQUE

As linhas de recalque deverão ser projetadas e construídas obedecendo os seguintes requisitos técnicos:

- i) Colocar na saída da bomba, em primeiro lugar, uma válvula de retenção e depois um registro de gaveta. A válvula de retenção irá proteger a bomba contra a pressão excessiva;
- ii) A válvula de retenção irá proteger a bomba contra:
 - a) Pressão excessiva;
 - b) Efeito do golpe de aríete, quando da parada da bomba;
 - c) Possibilidade de a mesma girar em sentido contrário.
- iii) O registro de gaveta tem por finalidade possibilitar a manutenção e poderá ainda ser usado para a regulação da vazão.

NA TUBULAÇÃO DE SUÇÃO

As linhas de sucção deverão ser projetadas e construídas obedecendo aos seguintes requisitos técnicos:

- A sucção deve ser a mais curta possível, nunca ultrapassando a 7.5m, que é o limite prático. Sempre que possível deve ser inferior a 5m;
- A altura de sucção somadas as perdas de cargas e a pressão do vapor d'água não deverão ultrapassar os limites práticos de capacidade de sucção das bombas, indicados pelos fabricantes;
- Deverá ser estanque, evitando assim a entrada e formação de bolhas de ar;

- A redução entre a bomba e a tubulação de sucção deverá ser excêntrica, evitando assim a formação de bolhas de ar;
- O registro de gaveta deverá ser colocado na horizontal (haste na horizontal), para evitar também a formação de bolhas de ar;
- A válvula de pé deverá ser bem dimensionada e especificada;
- Para impedir que objetos estranhos danifiquem a bomba, um crivo deverá ser instalado no início da sucção, tendo 3 a 4 vezes a área da tubulação.

1.13.2 Dimensionamento das tubulações

Segundo a norma NBR 5626/82, o sistema elevatório deverá ter uma vazão mínima horária igual a 15% do consumo diário, ou seja, o sistema deverá funcionar durante 6,66 horas por dia.

Já a NBR 5626/98 recomenda no caso de edifícios com pequenos reservatórios individualizados, como é a situação de **residências unifamiliares**, o tempo de enchimento deve **ser menor do que 1 h**. No caso de **grandes reservatórios**, o tempo de enchimento pode ser de **até 6 h**, dependendo do tipo de edifício.

Dependendo também do uso da edificação o tempo de funcionamento do sistema poderá mudar. Cabe ao arquiteto a definição do tempo ideal desejado, de acordo com sua concepção do espaço e serventia. O autor do Projeto de Instalações, engenheiro ou arquiteto, poderá fixar um tempo ideal que poderá ser superior ou inferior ao recomendado em norma para benefício do usuário final.

1.13.2.1 Dimensionamento do Recalque

Como bem se pode observar na Figura 1.13.1, o trecho denominado de Tubulação de Recalque corresponde a tubulação e todas as conexões da bomba (ou eixo da bomba) ao local de entrega do fluido; em edificações residenciais a entrada do Reservatório Superior.

O seu dimensionamento baseia-se na fórmula de Forchheimer:

$$D_r = 1,3 \sqrt[3]{Q \cdot X}$$

Equação 1.13.2.1.1 – Diâmetro de Recalque (Fórmula de Forchheimer)

Onde:

D_r = diâmetro da tubulação, em m.

Q = vazão, em m^3/s ;

X = horas de funcionamento/24 horas

Baseado nesta equação foi desenvolvido o Ábaco de Forchheimer:

Um detalhe de fundamental importância, é que não é considerado para as instalações de recalque do conjunto motor-bomba um diâmetro inferior a $DN=20mm$ ($3/4''$).

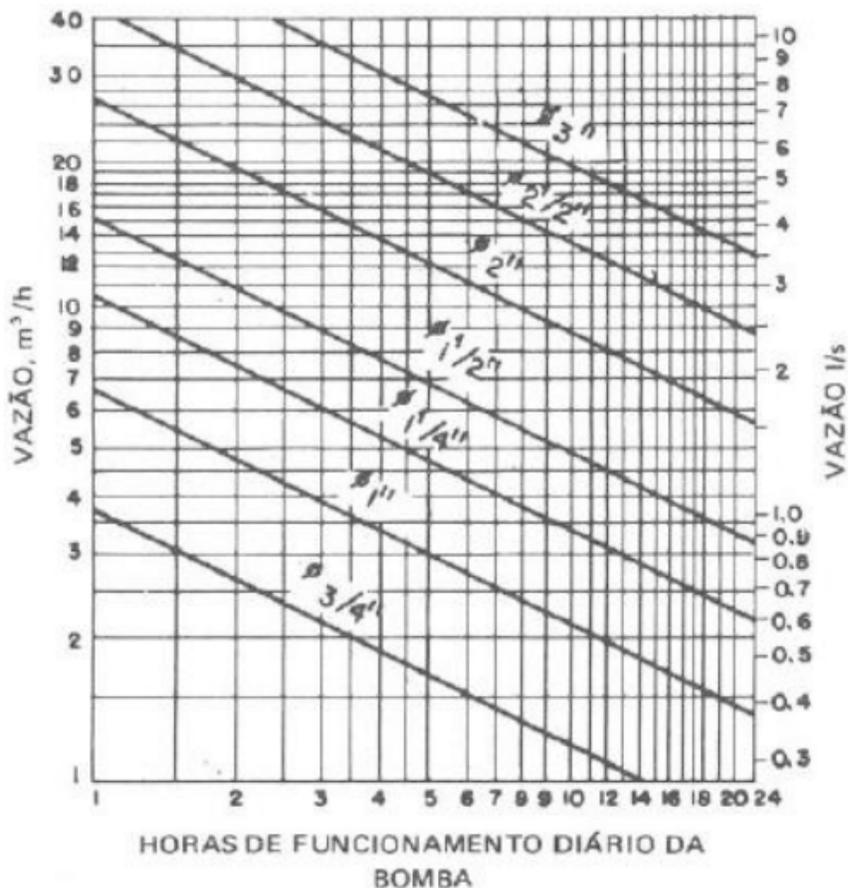


Figura 1.13.2.1.1 – Ábaco para a determinação do diâmetro econômico (Forchheimer).

Existem autores que adotam o uso direto da equação que apresenta o resultado baseado no Cd (consumo diário) e o h (horas de funcionamento da bomba):

$$Dr = 1,3 \sqrt{\frac{Cd}{h}} + \sqrt{\frac{h}{24}}$$

Equação 1.13.2.1.2 – Diâmetro de Recalque com Cd e h (Fórmula de Forchheimer)

D Comercial (mm)	25	32	40	50	60	75
Polegadas	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	3
DN (mm)	20	25	32	40	50	60
Horas de funcionamento (h)	CONSUMO DIÁRIO (m ³ /dia)					
0,5	2,95	4,61	7,55	11,80	18,44	26,56
1	4,17	6,52	10,60	16,70	26,08	37,56
1,5	5,11	7,98	13,00	20,45	31,95	46,10
2	5,90	9,22	15,10	23,60	36,89	53,12
2,5	6,60	10,31	16,90	26,40	41,25	59,40
3	7,23	11,29	18,50	28,92	45,18	65,07
4	8,34	13,40	21,37	33,39	52,17	75,13
5	9,33	14,58	23,89	37,33	58,33	84,00
6	10,22	15,97	26,17	40,89	63,90	92,02

Tabela 1.13.2.1.1 – Diâmetros das Tubulações de Recalque.

A aplicação desta fórmula de Forchheimer é direta. No entanto, é sempre recomendável, a comparação com o Ábaco de Forchheimer da Figura 1.13.2.1. e com a Tabela 1.13.2.1.1. Em ambos os casos podem facilitar a adoção do diâmetro mais adequado ao que se deseja.

1.13.2.2 Dimensionamento da Sucção

A partir da definição do Diâmetro do Recalque, adota-se para a sucção o diâmetro comercial imediatamente superior ao mesmo.

Exemplo de aplicação:

Estamos calculando as tubulações do conjunto motor-bomba para duas situações:

- a) Um consumo diário estimado para uma residência duplex em Recife, com um total de quatro quartos.

Solução:

$C_d = 4 \text{ quartos} \times 150 \text{ litros} = 600 \text{ litros}$ – Por questão de segurança adotaremos 1000 litros no superior e dois mil litros no inferior com um total de reservação de 3000 litros. O que vai possibilitar o seu uso caso exista uma falta no abastecimento de água igual a cinco dias de consumo.

O Arquiteto definiu o tempo de funcionamento da bomba de 0,5 hora.

Dados:

$$C_d = 600 \text{ l} = 0,6 \text{ m}^3$$

Horas de funcionamento = 0,5 horas.

Obtém a vazão $Q = C_d / \text{horas de funcionamento}$

$$Q = 1,20 \text{ m}^3/\text{h} = 3,333 \times 10^{-4}$$

Adotando-se a fórmula da Equação 1.13.2.1.2:

$$D_r = 1,3 \sqrt[4]{Q^2 h / 24}$$

$$D_r = 0,00901721 \text{ m} = 9,02 \text{ mm}$$

$$9,02 \text{ mm} > 25 \text{ mm} (1'')$$

$$9,02 \text{ mm} < 32 \text{ mm} (1 \frac{1}{4}'')$$

Assim teremos:

UNIDADE	Recalque	Sucção
DN (mm)	20mm	25mm
Polegadas	$\frac{3}{4}$	1
Diâmetro Comercial	25	32

- b) Se temos uma edificação multifamiliar com 10 pavimentos tipo e cada pavimento com duas unidades habitacionais de três quartos cada uma, encontraremos o valor de:

Solução:

$Cd = 10 \text{ pav} \times 2 \text{ aptos/pav} \times 3 \text{ quartos} \times 2 \text{ pessoas/quarto} \times 150 \text{ litros/pessoa}$

$Cd = 18000 \text{ litros por dia}$

O Arquiteto definiu o tempo de funcionamento da bomba de 5 horas.

Dados:

$Cd = 18\,000 \text{ l} = 18 \text{ m}^3$

Horas de funcionamento = 5 horas.

Obtém a vazão $Q = Cd / \text{Horas de funcionamento}$

$Q = 3,60 \text{ m}^3/\text{h}$

Adotando-se a fórmula da Equação 1.13.2.1.2:

$$Dr = 1,3 \sqrt{Q^4 / h / 24}$$

$Dr = 0,02777366\text{m} = 27,77 \text{ mm}$

$25 \text{ mm (1"')} < 27,77 \text{ mm} < 32 \text{ mm (1 1/4"')}$

Uma imagem ajuda muito ao projetista em sua decisão. Assim, vamos analisar a solução, observando os valores aproximados traçados na Figura 1.13.2.1 anteriormente apresentada:



Figura 1.13.2.2.1 – Ábaco de Forchheimer do exemplo.

E analisando a Tabela 1.13.2.1.1:

D Comercial- (mm) ^α	25 ^α	32 ^α	40 ^α	50 ^α	60 ^α	75 ^α
Polegadas ^α	3/4 ^α	1 ^α	1 1/4 ^α	1 1/2 ^α	2 ^α	3 ^α
DN (mm) ^α	20 ^α	25 ^α	32 ^α	40 ^α	50 ^α	60 ^α
Horas de- funcionamento¶ (h) ^α	CONSUMO DIÁRIO¶ (m ³ /dia) ^α					
0,5 ^α	2,95 ^α	4,61 ^α	7,55 ^α	11,80 ^α	18,44 ^α	26,56 ^α
1 ^α	4,17 ^α	6,52 ^α	10,60 ^α	16,70 ^α	26,08 ^α	37,56 ^α
1,5 ^α	5,11 ^α	7,98 ^α	13,00 ^α	20,45 ^α	31,95 ^α	46,10 ^α
2 ^α	5,90 ^α	9,22 ^α	15,10 ^α	23,60 ^α	36,89 ^α	53,12 ^α
2,5 ^α	6,60 ^α	10,31 ^α	16,90 ^α	26,40 ^α	41,25 ^α	59,40 ^α
3 ^α	7,23 ^α	11,20 ^α	18,50 ^α	28,92 ^α	45,18 ^α	65,07 ^α
4 ^α	8,34 ^α	13,40 ^α	21,37 ^α	33,39 ^α	52,17 ^α	75,13 ^α
5 ^α	9,33 ^α	14,58 ^α	23,89 ^α	37,33 ^α	58,33 ^α	84,00 ^α
6 ^α	10,22 ^α	15,97 ^α	26,17 ^α	40,89 ^α	63,90 ^α	92,02 ^α

Tabela 1.13.2.2.1 – Diâmetros das Tubulações de Recalque do exemplo.

Se optarmos pela economia na tubulação ou seja o diâmetro menor que o valor obtido 1” estaremos descumprindo a solicitação do

Arquiteto de 5 horas de funcionamento, que possivelmente ultrapassará as 6 horas recomendadas por norma.

A solução correta é a favor da segurança e da eficiência do conjunto de motor-bomba. No entanto, vamos ter uma apreciável redução de horas de funcionamento do conjunto motor-bomba. Assim, teremos:

UNIDADE	Recalque	Sucção
DN (mm)	32mm	40mm
Polegadas	1 ¼	1 1/2
Diâmetro Comercial	40	50

1.13.3 A escolha da bomba

Para o cálculo da escolha da bomba, se faz necessário o conhecimento de parâmetros hidráulicos básicos, entre eles o **Trinômio de Bernoulli**.

Quando o cálculo é aplicado a seções distintas da canalização, fornece a carga total em cada seção. Se o líquido é ideal, sem atrito, a carga ou energia total permanece constante em todas as seções. Porém, se o líquido é real, para ele se deslocar da seção 1 para a seção 2 da seção 2 para a seção 1, Figura 1.13.3.1, o líquido irá consumir energia para vencer as resistências ao escoamento entre as seções a depender do fluxo. Portanto, a carga total final será menor do que a inicial, e esta diferença é a energia dissipada sob forma de calor. Onde, J_{1-2} representa a **perda de carga** ($E_1 - E_2 =$ dissipação da energia mecânica da água) entre os pontos 1 e 2, ou J_{2-1} representa a perda de carga ($E_2 - E_1 =$ dissipação da energia mecânica da água) entre os pontos 2 e 1.

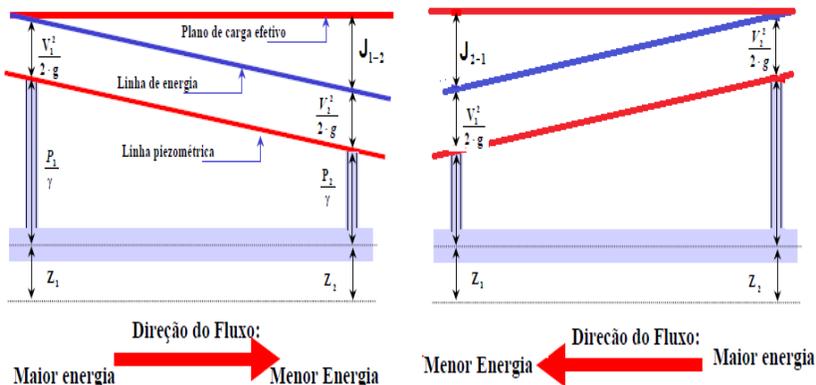


Figura 1.13.3.1 – Escoamento de um líquido real em um conduto forçado.

Analisando a figura anterior, podemos identificar três planos:

Plano de carga efetiva que é a linha que demarca a continuidade da altura da carga inicial, através das sucessivas seções de escoamento.

A Linha piezométrica, também chamada de gradiente hidráulico é aquela que une as extremidades das colunas piezométricas. Fica acima do conduto de uma distância igual à pressão existente, e é expressa em altura do líquido.

A Linha de energia é a linha que representa a energia total do fluido. Fica, portanto, acima da linha piezométrica em uma distância correspondente à energia de velocidade e se o conduto tiver seção uniforme, ela é paralela à piezométrica.

Na Figura 1.13.3.1: $E_1 - E_2 = J_{1-2}$ ou $E_2 - E_1 = J_{2-1}$

Tomando $E_1 - E_2 = J_f \rightarrow E_1 = E_2 + J_f$

Ou seja, em qualquer escoamento, a soma das energias de posição, de pressão e cinética é uma constante entre dois pontos 1 e 2 de uma tubulação, acrescida da perda de carga. Estas energias resultam:

Como $E = \frac{v^2}{2g} + \frac{P}{\gamma} + z$, temos:

$$Z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + J$$

Equação 1.13.3.1 – Equação de Bernouilli.

Onde:

Z = energia de posição;

P = energia de pressão;

γ = peso específico do líquido;

g = aceleração da gravidade

J = perda de carga

$\frac{P}{\gamma} + z$ = linha piezométrica, gradiente de pressão ou linha de carga efetiva;

$\frac{v^2}{2g}$ = energia cinética

$\frac{v^2}{2g} + \frac{P}{\gamma} + z$ = nível de energia total ou plano de carga total.

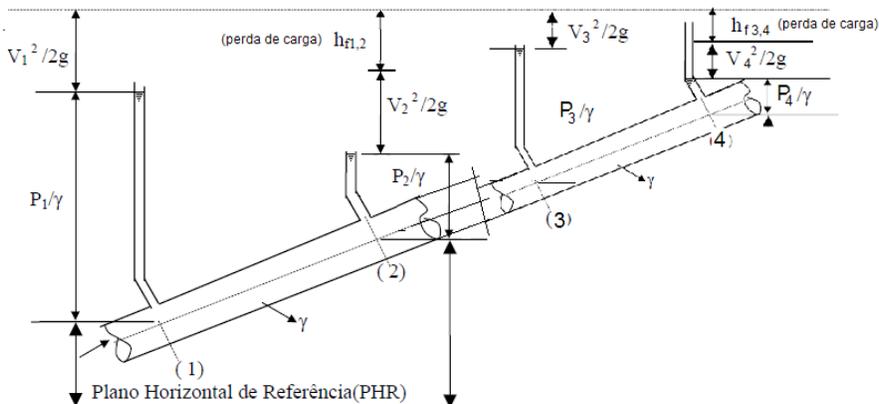


Figura 1.13.3.2 – Escoamento em um conduto forçado de diâmetros diferentes.

Alguns autores omitem em seus cálculos as perdas na energia cinética ($\frac{v^2}{2g}$) por conta dos pequenos valores desta parcela diante das demais. Não será o nosso caso.

Na Figura 1.13.3.2 $h_{f1,2}$ e $h_{f3,4}$ são as perdas de carga que variam de acordo com o diâmetro da tubulação.

O **J** ou **perda de carga** de um sistema é denominado as perdas ao longo da tubulação devido ao atrito causado pela resistência das paredes internas da à passagem do fluido pela mesma.

As perdas são contínuas quando a tubulação é uniforme, ou seja, possui o mesmo diâmetro.

As perdas são localizadas quando causadas em paredes de conexões ou acessórios ao longo da tubulação.

$$J = \frac{h_p}{L_{eq}}$$

Equação 1.13.3.2 – Perdas de carga.

Onde:

J = Perda de carga, em m/m

h_p = Altura devido as perdas, em m

L_{eq} = Comprimento equivalente de tubulação, em m.

$$L = \frac{L_r}{L_e}$$

Equação 1.13.3.3 – Comprimento da Tubulação.

Onde:

L = comprimento da tubulação, em m;

L_r = comprimento real da tubulação, em m;

L_e = comprimento equivalente das conexões, em m.

Segundo a NBR 5626:1998 o cálculo da perda de carga ao longo de um tubo depende de:

A perda de carga ao longo de um tubo depende do seu comprimento e diâmetro interno, da rugosidade da sua superfície interna e da vazão. Para calcular o valor da perda de carga nos tubos, recomenda-se utilizar a equação universal, obtendo-se os valores das rugosidades

junto aos fabricantes dos tubos. Na falta dessa informação, podem ser utilizadas as expressões de Fair-Whipple-Hsiao indicadas a seguir.

Para tubos rugosos (tubos de aço-carbono, galvanizado ou não):

$$J = 20,2 \cdot 10^6 \cdot Q^{1,88} \cdot d^{-4,88}$$

Para tubos lisos (tubos de plástico, cobre ou liga de cobre):

$$J = 8,69 \cdot 10^6 \cdot Q^{1,75} \cdot d^{-4,75}$$

Onde:

J = Perda de carga, em quilopascals por metro.

Outro parâmetro importantíssimo para a escolha da bomba é a **altura manométrica (H)**, considerada a energia absorvida por unidade de peso de líquido ao atravessar a bomba. Ou seja, a energia de saída menos a energia de entrada.

A análise da Altura Manométrica fica mais fácil com a visão da próxima figura:

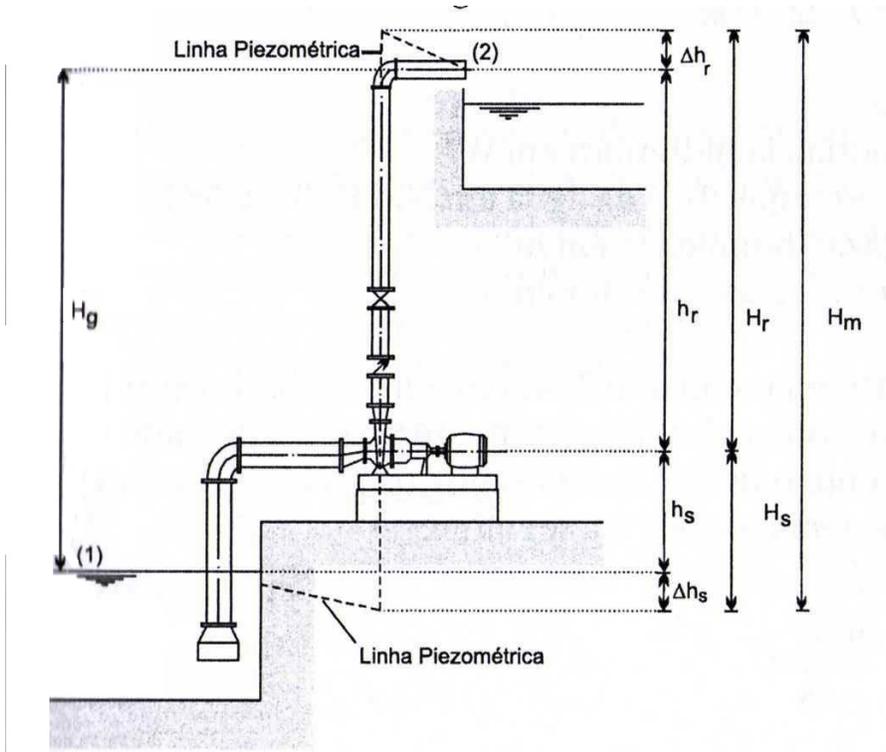


Figura 1.13.3.3 – Altura Manométrica de recalque convencional.

A Altura Manométrica será igual a Altura Manométrica devido as perdas na Sucção (H_s), acrescida da Altura Manométrica devido as perdas no Recalque (H_r). Assim obtemos:

$$H_m = H_s + H_r$$

Equação 1.13.3.4 – Altura Manométrica.

Onde:

H_s = Altura manométrica na sucção, em m;

H_r = Altura manométrica no recalque, em m.

$$H_m = H_e + H_p + H_c$$

Equação 1.13.3.5 – Altura Manométrica Total.

Onde:

H_e = Altura estática, em m;

H_p = Altura de vido as perdas na tubulação, em m;

Hc = Altura devido a energia cinética;

Hp = (L real + L equivalente) J

Observação: No caso de calculado os diâmetros de recalque pela fórmula de Forchheimer e encontrado as perdas de cargas J e estas forem inferiores a 15% da altura manométrica H, adota-se os diâmetros a partir do gráfico de Sulzer (Macintyre, 2010).

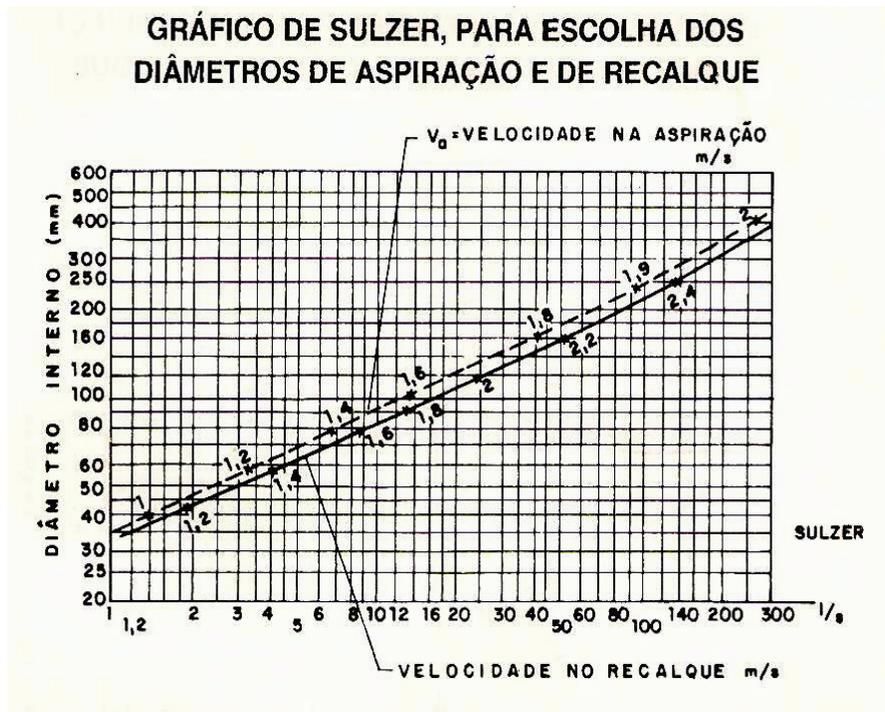


Figura 1.13.3.4 – Gráfico de Sulzer (Macintyre, 2010).

Para finalizar parâmetros hidráulicos teremos que encontrar a **Potência do Conjunto Motor-Bomba**.

E a potência do motriz expressa em CV (cavalo vapor) será dada pela fórmula:

$$P = \frac{\gamma H_m Q}{75 \eta}$$

Equação 1.13.3.6 – Potência hidráulica do Motor-Bomba.

Onde:

P = Potência, em CV;

β = densidade do líquido, kgf/m³;

Hm = Altura manométrica, em m;

Q = Vazão, em m³/s;

η = rendimento do conjunto motor-bomba.

No Brasil β água = 1000 kgf/m³

$$P_{CV} = \frac{1000 H_m Q}{75 \eta}$$

Equação 1.13.3.7 – Potência do Motor-Bomba em CV.

$$P_{HP} = \frac{0,98632 H_m Q}{75 \eta}$$

Equação 1.13.3.8 – Potência do Motor-Bomba em CV.

O rendimento do conjunto motor-bomba é a relação entre a potência aproveitável pelo líquido no escoamento e a potência do motor que aciona a bomba.

$$\eta = \frac{P_a}{P_m}$$

Equação 1.13.3.9 – Rendimento do conjunto Motor-Bomba.

Sendo:

η – Rendimento do conjunto motor bomba;

P_a – potência aproveitável pelo líquido no escoamento, em CV;

P_m – potência do motor que aciona a bomba, em CV.

O rendimento é função da vazão, da altura manométrica e do número de rotações. O valor do rendimento é obtido nos catálogos dos fabricantes. Como estimativa de potência motriz, adota-se para bombas pequenas de 40% a 60% (50%) e para as médias de 70% a 75%.

Q(l/s)	5,0	7,5	10	15	20	25	30	50	80	100	200
η (%)	55	61	64	68	72	76	80	85	86	87	88

Tabela 1.13.3.1 – Rendimentos hidráulicos aproximados de bombas centrífugas.

Nem sempre encontramos a BOMBA que escolhemos em termos de potência. Na maioria dos casos as diferenças de potência e tipo existentes no comércio são diversas do que a que seria o ideal dentro dos nossos cálculos.

Os próximos passos para a escolha da Potencia e Tipo da Bomba são fundamentais.

Potência Instalada

É recomendado que a potência instalada seja a potência do motor comercial imediatamente superior à potência necessária para o acionamento da bomba. Desta forma é dada uma margem de segurança para evitar que o motor opere com sobrecarga.

MARGEM DE SEGURANÇA	
Potência Calculada	Margem de segurança recomendada
Até 2 CV	50%
De 2 a 5 CV	30%
De 5 a 10 CV	20%
De 10 a 20 CV	15%
Acima de 20 CV	10%

Tabela 1.13.3.2 – Margem de segurança na escolha das bombas.

Para motores a óleo diesel recomenda-se uma margem de segurança de 25% e a gasolina de 50% independente da potência calculada

(Prof. Daniel Fonseca de Carvalho, disponível em <http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/daniel/Downloads/Material/Graduacao/IT%20144/Cap%207%202011%202.pdf>)

Potência comercial de motores elétricos nacionais

A escolha da bomba utilizando os catálogos dos fabricantes:

Os fabricantes organizam tabelas e traçam curvas que representam a variação de uma grandeza em função da outra, mantendo uma terceira grandeza fixa:

$H_{man} = f(Q)$ = Altura manométrica sendo função da vazão;

$P = f(Q)$ = Potência em função da vazão;

R= constante = As curvas de igual rendimento.

POTÊNCIA DOS MOTORES NACIONAIS (EM CV)					
1/4	1 1/2	7 1/2	25	50	150
1/3	2	10	30	60	200
1/2	3	12	35	80	250
3/4	5	15	40	100	-
1	6	20	45	125	-

Tabela 1.13.3.3 – Potência dos motores de bombas nacionais em CV..

NPSH – NET POSITIVE SUCTION HEAD

É a altura de sucção total, referida à pressão absoluta (pressão atmosférica no local das instalações), determinada no centro de sucção, menos a tensão de vapor do líquido.

1- NPSH requerido:

É uma característica do projeto da bomba. É determinado por testes de laboratório ou cálculos e consta normalmente das curvas de desempenho das bombas.

É a energia necessária ao líquido para vencer as perdas de carga, dentro da bomba, e chegar ao ponto de ganho de energia e ser recalado como líquido e não como vapor.

2- NPSH disponível:

É uma característica do sistema, considerando o local, temperatura do líquido e da instalação em que trabalha a bomba.

É a energia que um líquido possui num ponto anterior a entrada de sucção da bomba, acima da sua pressão de vapor.

Ou ainda: representa a carga energética que a bomba necessita para sucção o líquido sem **cavitar**.

O NPSH disponível é dado pela fórmula:

$$NPSH_d = H_{est(suc)} + \frac{P_a - P_v}{\gamma} (10 - J_{(suc)})$$

Equação 1.13.3.10 – NPSH disponível.

Sendo:

$NPSH_d$ = NPSH disponível, em mca;

$H_{est(suc)}$ = altura estática da sucção, em m;

P_a = pressão atmosférica local, em kg/cm³;

P_v = pressão de vapor, na temperatura de bombeamento, em kg/cm³;

γ = peso específico do líquido, em kg/cm³;

$I_{(suc)}$ = perda de carga da sucção, em mca/m

Ou seja, o NPSH disponível é a energia disponível que o líquido possui na entrada de sucção da bomba e o NPSH requerido é a energia do líquido que a bomba necessita para funcionar satisfatoriamente. Para que a bomba tenha um bom funcionamento é necessário que:

$$\boxed{NPSH_d} \geq \boxed{NPSH_r}$$

Equação 1.13.3.11 – Condição de funcionamento do NPSH.

1.13.4 CAVITAÇÃO

Ocorre quando a pressão de um líquido na tubulação de sucção se encontra abaixo da pressão de vapor, ocasionando a formação de bolhas de vapor, que desaparecem bruscamente em zonas de alta pressão dentro da bomba.

O processo de cavitação em tubulações de sucção pode ocasionar:

- a) A formação de pequenos buracos nas pás do rotor;
- b) Desaparecimento das bolhas de ar, a introdução do líquido em altas velocidades, nos poros do metal, dando ao mesmo uma aparência esponjosa;
- c) Ruído e vibração que provoca avarias nos rolamentos, quebrando o eixo;
- d) Falha da bomba por fadiga de materiais;
- e) Diminuição da vazão.

A cavitação indica:

- a) NPSH disponível insuficiente;
- b) Perda de carga elevada, na sucção;
- c) Baixa altura estática;
- d) Alta temperatura.

A solução deve ser a modificação do sistema elevatório; caso não seja possível esta modificação deve-se escolher outra bomba com NPSH requerido menor.

GRÁFICO DE ESCOLHA PRÉVIA DA BOMBA

Vamos apresentar alguns gráficos para escolha da bomba, disponível na Internet ou diretamente pelo fabricante da bomba:

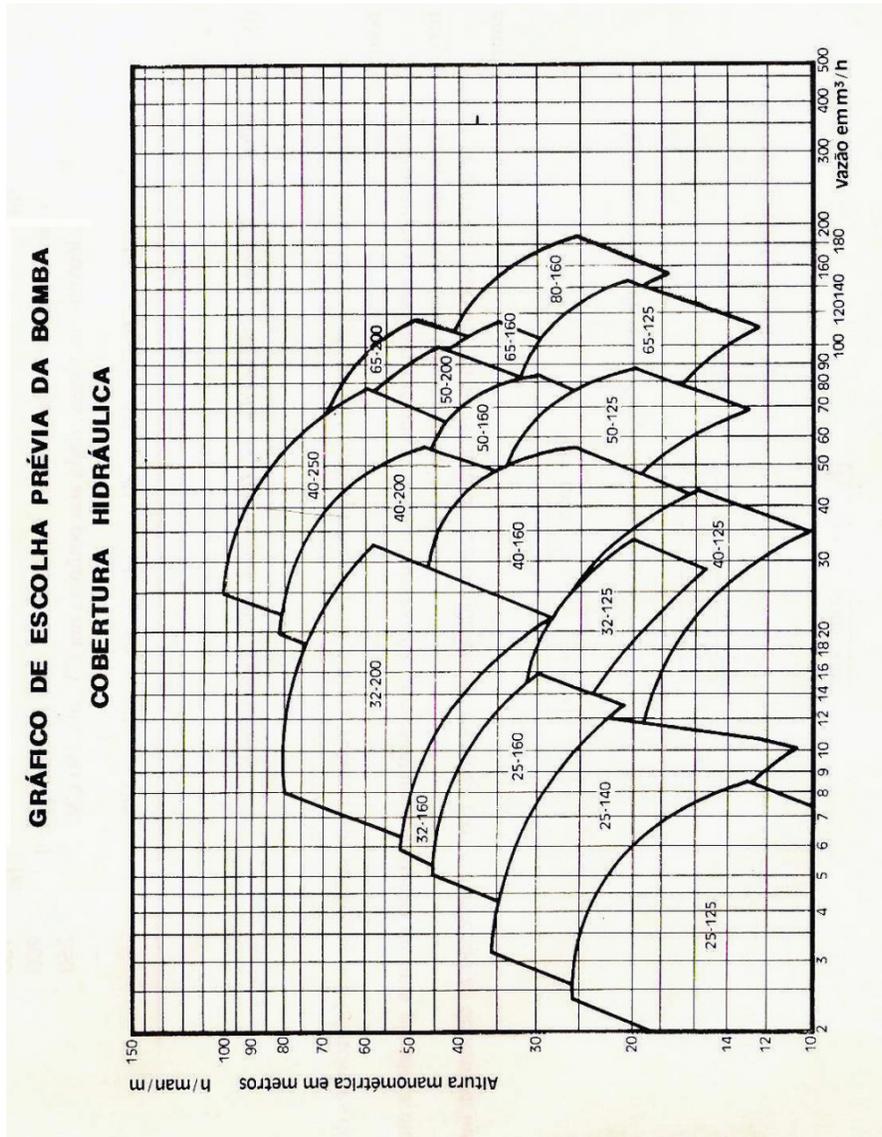


Figura 1.13.4.1 – Exemplo de gráfico de escolha de bomba 1.

BOMBAS STANDARD MONOBLOCO WORTHINGTON

GRÁFICO DE ESCOLHA PRÉVIA DA BOMBA

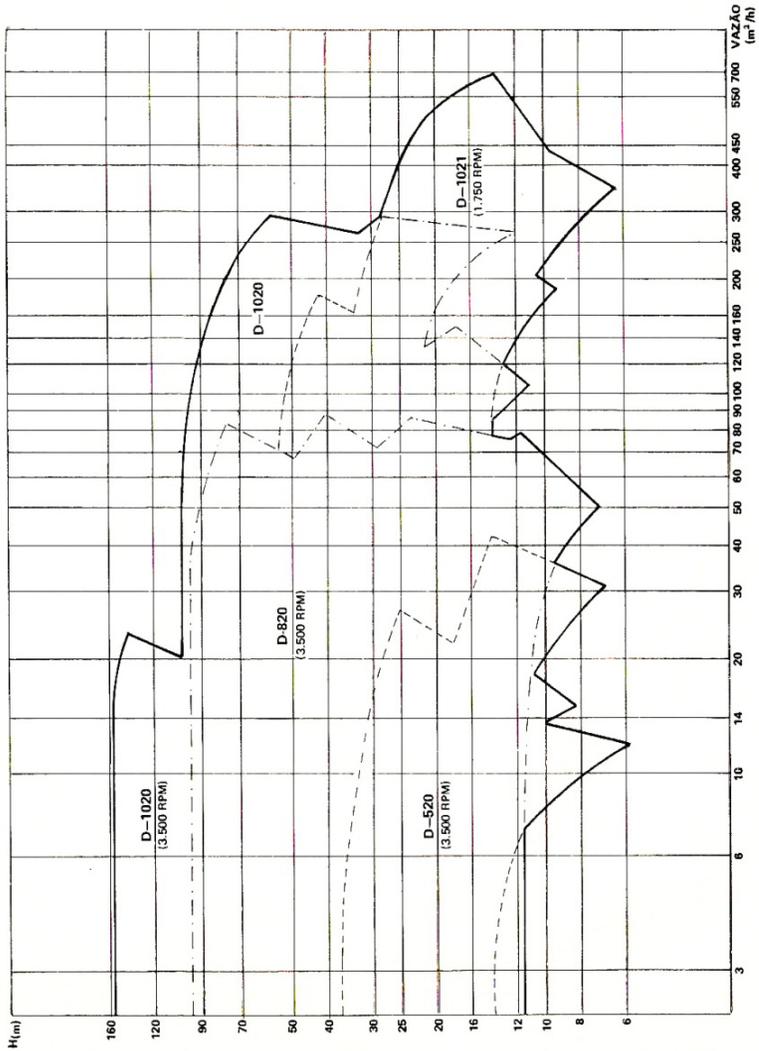
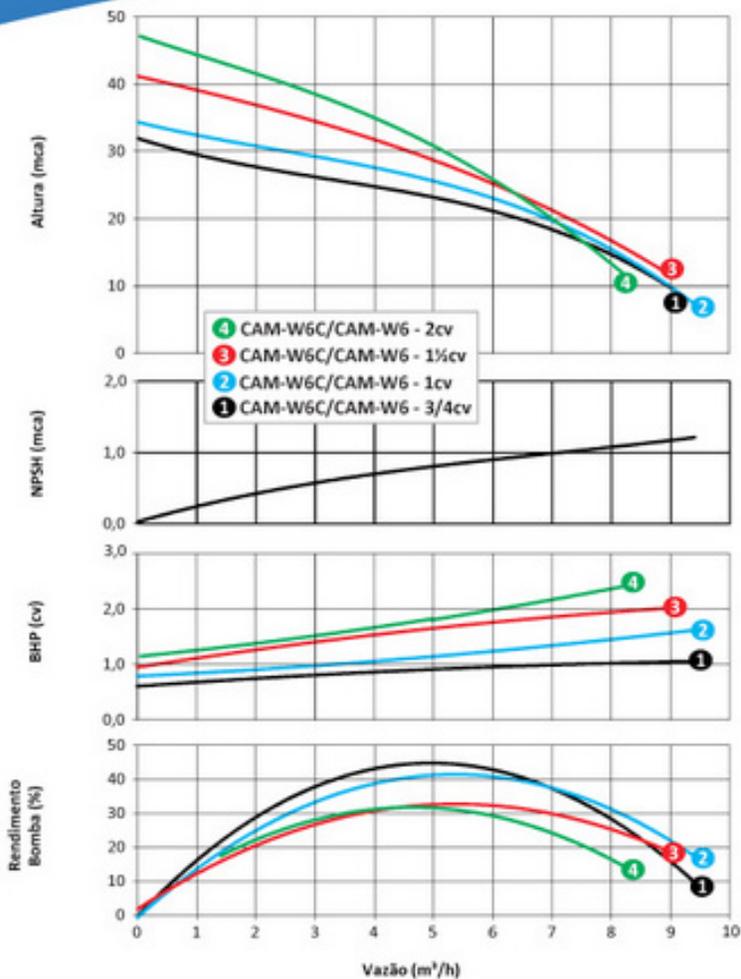


Figura 1.13.4.2 – Exemplo de gráfico de escolha de bomba 2.

Série CAM
CAM W-6C
 Centrífuga de Aplicação Múltipla

Motor 2 Polos - 3500 rpm - 60 Hz



DANCOR

Figura 1.13.4.3 – Exemplo de gráfico de escolha de bomba 1.

(Disponível em 02/2014: http://www.dancor.com.br/produtos/centrifugas/cam-w6c_pbe.php)

EXEMPLO DE APLICAÇÃO

Nada melhor para sedimentar os conhecimentos do que um exemplo de aplicação direta.

ATENÇÃO: O código de obras da cidade do Recife determina o emprego em edifícios multifamiliares de pelo menos duas bombas. Se uma bomba necessitar de manutenção a outra entrará em seu lugar apenas com abertura e fechamento de registros.

Vamos observar os principais dados para o cálculo da nossa bomba, levando em consideração ser um edifício de quatro (4) pavimentos tipo e que se deseja 2 horas apenas para o funcionamento da bomba:

Dados:

04 pavimentos tipo

02 apartamentos por pavimento

03 quartos por apto.

RECALQUE

Altura estática no recalque = Altura desenvolvida = 14,50 m

01 Joelho de 90°

01 Registro de Gaveta

01 Válvula de Retenção Vertical

SUCÇÃO

Altura estática na sucção = 3,00

Altura desenvolvida = 3,40 m

02 Joelhos de 90°

01 Válvula de pé com crivo

Solução:

$Cd = ? \rightarrow 04 \text{ pav.} \times 2 \text{ aptos/pav.} \times 03 \text{ quartos/apto} \times 2 \text{ pessoas por}$

5) Quarto $\times 150,00 \text{ litros/pessoas} \therefore \boxed{7200}$ litros

$Q_{2h} = \boxed{3.600,00}$ litros/hora = $\boxed{3,600}$ m³/h = $\boxed{0,0010}$ m³/s.

A partir da Equação 22 de Forchheimer, Termos:

$Dr = 1,3 \sqrt[3]{Q \sqrt{X}} \therefore \boxed{0,022088}$ m

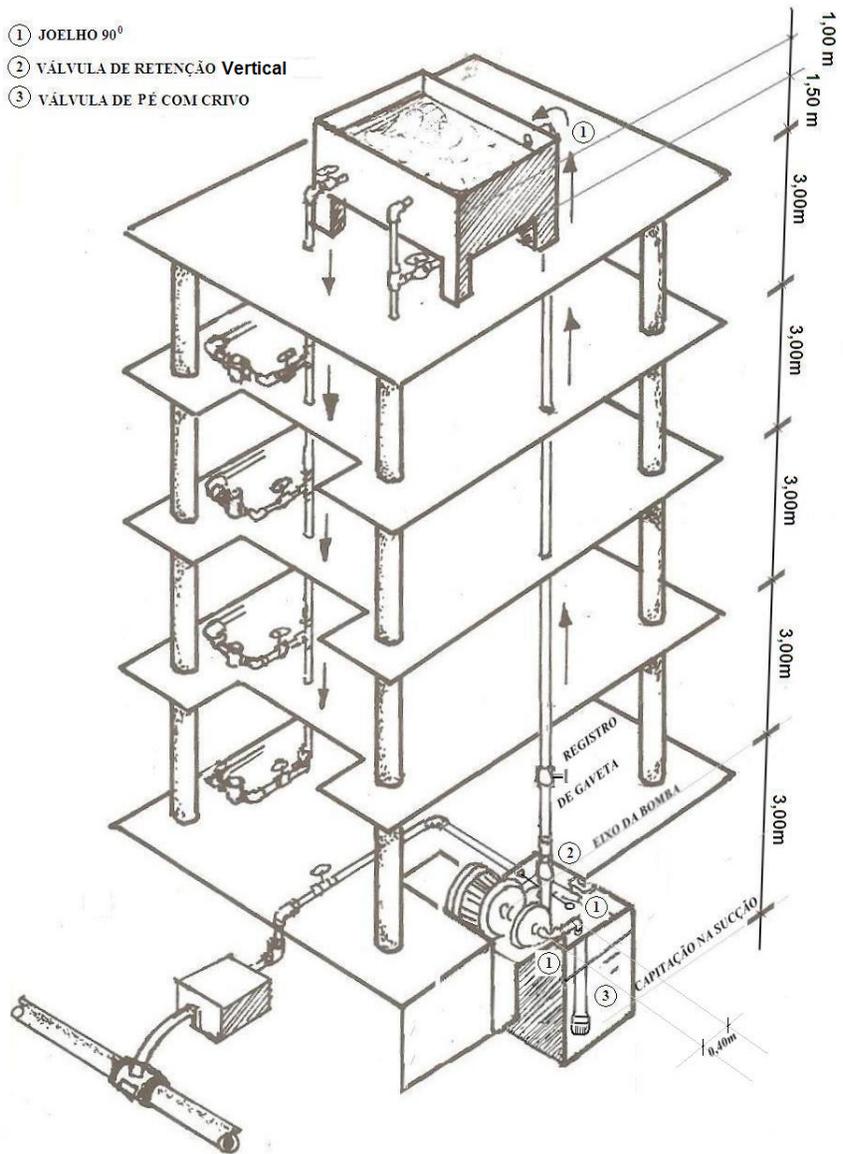


Figura 1.13.4.4 – Projeto exemplo de medição individualizada.

Adaptado de: Medição de Água, Política e Prática- Coelho, Alberto Cavalcanti, Recife – Editora COMUNICARTE, 1996. Medição Individualizada de Apartamentos pag. 221.

Diâmetro da Tubulação de Recalque = 0,02208m = 22,08mm

Levando-se em consideração a Tabela 1.12.4.1:

DN (mm)	Polegadas	Soldável comercial (mm)
20	¾"	25
25	1"	32

Verificando na Figura:



Figura 1.13.4.5 – Gráfico do diâmetro da tubulação de recalque

Percebe-se facilmente que podemos definir duas soluções:

- Uma tubulação mais econômica e com diâmetro inferior ao resultado obtido;
- Uma tubulação com o diâmetro superior ao estabelecido em cálculo e com folga, conseqüentemente com maior custo imediato.

Vamos analisar a opção **a**:

Recalque de ¾". Logo a sucção será de 1".

Para os cálculos de Conjunto Motor-Bomba adoremos a Figura 1.13.4.6 da NBR 5626/1982, mais completa e que nos fornece os comprimentos equivalentes em metros de canalização de PVC rígido ou cobre.

Diâmetro nominal	Joelho 90°	Joelho 45°	Curva 90°	Curva 45°	TE 90° passagem direita	TE 90° saída de lado	TE 90° saída bilate.	Entrada normal	Entrada de borda	Saída de canalização	Válvula de pé tipo leve e curvo	Valv. Retenção tipo perado	Req. glob. aberto	Req. glob. ângulo aberto		
	DN (ref.) mm (-)															
15 (1/2)	1,1	0,4	0,4	0,2	0,7	2,3	2,3	0,3	0,9	0,8	8,1	2,5	3,6	11,1	0,1	5,9
20 (3/4)	1,2	0,5	0,5	0,3	0,8	2,4	2,4	0,4	1,0	0,9	9,5	2,7	4,1	11,4	0,2	6,1
25 (1)	1,5	0,7	0,6	0,4	0,9	3,1	3,1	0,5	1,2	1,3	13,3	3,8	5,8	15,0	0,3	8,4
32 (1.1/4)	2,0	1,0	0,7	0,5	1,5	4,6	4,6	0,6	1,8	1,4	15,5	4,9	7,4	22,0	0,4	10,5
40 (1.1/2)	3,2	1,0	1,2	0,6	2,2	7,3	7,3	1,0	2,3	3,2	18,3	6,8	9,1	35,8	0,7	17,0
50 (2)	3,4	1,3	1,3	0,7	2,3	7,6	7,6	1,5	2,8	3,3	23,7	7,1	10,8	37,9	0,8	18,5
60 (2.1/2)	3,7	1,7	1,4	0,8	2,4	7,8	7,8	1,6	3,3	3,5	25,0	8,2	12,5	38,0	0,9	19,0
75 (3)	3,9	1,8	1,5	0,9	2,5	8,0	8,0	2,0	3,7	3,7	26,8	9,3	14,2	40,0	0,9	20,0
100 (4)	4,3	1,9	1,6	1,0	2,6	8,3	8,3	2,2	4,0	3,9	28,6	10,4	16,0	42,3	1,0	22,1
125 (5)	4,9	2,4	1,9	1,1	3,3	10,0	10,0	2,5	5,0	4,9	27,4	17,5	19,2	50,9	1,1	25,2
150 (6)	5,4	2,6	2,1	1,2	3,8	11,1	11,1	2,8	5,6	5,5	43,4	13,9	21,4	56,7	1,2	28,9

Figura 1.13.4.6 – Comprimentos equivalentes em metros de canalização de PVC rígido ou cobre.

CALCULO DO DIMENSIONAMENTO DO CONJUNTO MOTOR BOMBA

Consumo Diário	Cd =	7200 litros		
Horas de funcionamento da bomba	h =	2 horas		
Vazão	Q =	3600 l/h	3,6 m ³ /h	0,0010 m ³ /s
		1 l/s		
Aceleração da Gravidade	g =	10 m/s ²		
Diâmetro de Recalque Adotado	Dr =	0,02 m	20 mm	3/4 polegadas
Diâmetro de Sucção	Ds =	0,025 m	25 mm	1 polegadas

CONEXÕES NO RECALQUE 3/4"			
Quantidade	Unidades ou peças	Com equiv	Σ
1	Joelho de 90°	1,20	1,20
1	Registro de gaveta	0,20	1,40
1	Válvula de Retenção Vertical	4,10	5,50
	Total		

Altura Estática no Recalque =	14,50		
Altura Desenvolvida no Recalque =	14,50		
Velocidade no Recalque (v) =	3,183091418 m/s	Eq. 09 →	$V = 4 \cdot x \cdot 10^3 \cdot Q \cdot x \cdot \pi^{-1} \cdot x \cdot d^{-2}$
Perdas de Carga no Recalque (J) =	1,96917E-10 m/m	Eq. 14 →	$J = 0,00086 \cdot x \cdot Q^{1,75} \cdot x \cdot d^{-4,75}$
Hmr = Her + Hpr + Hcr			
Her =	14,50 m		
Hpr = (Lr + Le) J =	3,93834E-09 m		
Hcr = v ² /2g	0,506603549 m		
Hmr =	15,0066 m		

CONEXÕES NO SUCCÃO 1"			
Quantidade	Unidades ou peças	Com equiv	Σ
2	Joelho de 90°	1,50	3,00
1	Válvula de Pé c/ Crivo	13,30	16,30
	Total		

Altura Estática na Sucção =	3,00		
Altura Desenvolvida na Sucção =	3,40		
Velocidade na Sucção (v) =	2,037178508 m/s	Eq. 09 →	$V = 4 \cdot x \cdot 10^3 \cdot Q \cdot x \cdot \pi^{-1} \cdot x \cdot d^{-2}$
Perdas de Carga na Sucção (J) =	1,96917E-10 m/m	Eq. 14 →	$J = 0,00086 \cdot x \cdot Q^{1,75} \cdot x \cdot d^{-4,75}$
Hms = Hes + Hps + Hcs			
Hes =	3,00 m		
Hps = (Lr + Le) J =	3,87927E-09 m		
Hcr = v ² /2g	0,207504814 m		
Hms =	3,2075 m		
Hm = Hmr + Hms =	18,2141 m		
Pcv = 1000*Hm*Q/ 75*n		n =	0,50
Pcv =	0,49 CV		

Figura 1.13.4.7– Cálculo do dimensionamento do conjunto motor bomba

Observando a Tabela teremos:

1/4	= 0,25 CV
1/3	= 0,33 CV
1/2	= 0,50 CV
3/4	= 0,75 CV
1	

Adota-se a Bomba de $\frac{1}{2}$ CV ou 0,50 CV, com vazão de $3,60\text{m}^3/\text{h}$ e altura manométrica total de $H_m = 18,21\text{m}$.

Com estas informações no projeto, o passo seguinte seria o de encontrar no comércio a bomba que mais se identifique com o desejado levando em consideração a segurança da Tabela 1.13.3.3.

Verifique também que a velocidade no recalque obtida no cálculo atinge $3,18\text{m/s}$, superior ao limite de $3,00\text{m/s}$ recomendado em norma e conseqüentemente apresentando maior ruído e vibração ao longo da tubulação.

Vamos analisar a opção **b**:

Recalque de 1". Logo a sucção será de 1 1/4".

Da tabela 1.12.4.1:

BITOLA DAS TUBULAÇÕES EM PVC		
DN (mm)	Polegadas	Soldável comercial (mm)
25	1"	32
32	1 1/4"	40

CÁLCULO DO DIMENSIONAMENTO DO CONJUNTO MOTOR BOMBA				
Consumo Diário	Cd =	7200 litros		
Horas de funcionamento da bomba	h =	2 horas		
Vazão	Q =	3600 l/h	3,6 m ³ /h	0,0010 m ³ /s
		1 l/s		
Aceleração da Gravidade	g =	10 m/s ²		
Diâmetro de Recalque Adotado	Dr =	0,025 m	25 mm	1" polegadas
Diâmetro de Sucção	Ds =	0,032 m	32 mm	1 1/4" polegadas

Figura 1.13.4.8– Cálculo do dimensionamento do conjunto motor bomba

CONEXÕES NO RECALQUE 1"				
Quantidade	Unidades ou peças	Com equiv	Σ	
1	Joelho de 90°	1,50	1,50	
1	Registro de gaveta	0,30	1,80	
1	Válvula de Retenção Vertical	5,80	7,60	Total
Altura Estática no Recalque =		14,50		
Altura Desenvolvida no Recalque =		14,50		
Velocidade no Recalque (v) =		2,037178508 m/s		Eq. 09
Perdas de Carga no Recalque (J) =		6,09588E-11 m/m		Eq. 14
Hmr = Her + Hpr + Hcr				
Her =		14,50 m		
Hpr = (Lr + Le) J =		1,34719E-09 m		
Hcr = $v^2/2g$		0,207504814 m		
Hmr =		14,7075 m		
CONEXÕES NO SUCCÃO 1 1/4"				
Quantidade	Unidades ou peças	Com equiv	Σ	
2	Joelho de 90°	2,00	4,00	
1	Válvula de Pé c/ Crivo	15,50	19,50	Total
Altura Estática na Sucção =		3,00		
Altura Desenvolvida na Sucção =		3,40		
Velocidade na Sucção (v) =		1,243395085 m/s		Eq. 09
Perdas de Carga na Sucção (J) =		6,09588E-11 m/m		Eq. 14
Hms = Hes + Hps + Hcs				
Hes =		3,00 m		
Hps = (Lr + Le) J =		1,39596E-09 m		
Hcr = $v^2/2g$		0,077301567 m		
Hms =		3,0773 m		
Hm = Hmr + Hms =		17,7848 m		
Pcv = $1000 \cdot Hm \cdot Q / 75 \cdot n$			n =	0,50
Pcv =		0,47 CV		

Figura 1.13.4.9- Conexões no recalque 1"

Adota-se a Bomba de $\frac{1}{2}$ CV ou 0,50 CV, com vazão de $3,60\text{m}^3/\text{h}$ e altura manométrica total de $H_m = 17,78\text{m}$.

Ou seja, não ocorreu grande variação nos resultados, no entanto a velocidade agora obtida foi de $2,07\text{m/s}$, inferior a recomendação da norma.

Vamos trabalhar um segundo exemplo que tome por projeto o esquema vertical a seguir:

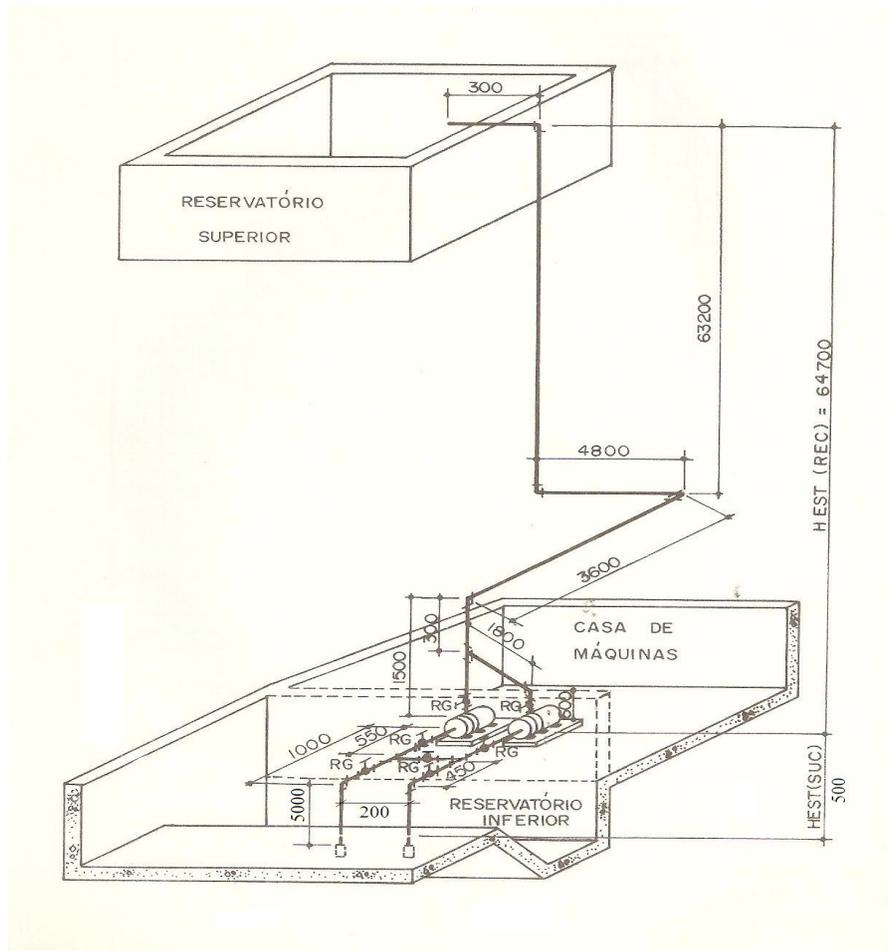


Figura 1.13.4.10 – Projeto exemplo do dimensionamento conjunto motor bomba

Este é um esquema clássico com o problema do “by pass” exigido em edifícios multifamiliares. A escolha do cálculo deve levar em consideração o caminho mais difícil.

Imagine uma das bombas apresentando problemas que obrigue a sua paralisação. A que se encontra na reserva deve estar em condições de substituição imediata.

Neste caso, o cálculo procura dar condições para qualquer tipo de situação que ocorra no Conjunto Motor-Bomba.

Solução do problema:

Dados o $C_d = 32.000,00$ litros e 4,5 horas de funcionamento.

CÁLCULO DO DIMENSIONAMENTO DO CONJUNTO MOTOR BOMBA				
Consumo Diário	$C_d =$	32000 litros		
Horas de funcionamento da bomba	$h =$	4,5 horas		
Vazão	$Q =$	7111,1111 l/h 1,9753 l/s	7,1111 m ³ /h	0,0020 m ³ /s
Aceleração da Gravidade	$g =$	10 m/s ²		
Diâmetro de Recalque Adotado	$D_r =$	0,038 m	38,02 mm	1 1/2" polegadas
Diâmetro de Sucção	$D_s =$	0,050 m	50,00 mm	2" polegadas

Comprimento real no recalque = $0,60 + 1,80 + 0,30 + 3,60 + 4,80 + 63,20 + 0,30 = 74,60\text{m}$ (caminho mais longo e com maior número de conexões).

Altura real no recalque = $1,50 + 63,20 = 64,70\text{m}$

CONEXÕES NO RECALQUE 1 1/2"				
Quantidade	Unidades ou peças	Com equiv	Perdas	Σ
3	Joelho de 90°	3,20	9,60	9,60
3	Joelho de 45°	1,00	3,00	12,60
1	Tê de 90°	7,30	7,30	19,90
1	Saída de canalização	3,20	3,20	23,10
1	Registro de gaveta	0,30	0,30	23,40
1	Válvula de Retenção Vertical	5,80	5,80	29,20
Altura Estática no Recalque =		64,70		
Altura Desenvolvida no Recalque =		74,60		
Velocidade no Recalque (v) =		1,739889881 m/s		Eq. 09
Perdas de Carga no Recalque (J) =		2,40853E-11 m/m		Eq. 14
Hmr = Her + Hpr + Hcr				
	Her =	64,70 m		
	Hpr = (Lr + Le) J =	2,50005E-09 m		
	Hcr = $v^2/2g$	0,15136084 m		
	Hmr =	64,8514 m		

Figura 1.13.4.11– Conexões no recalque 1 1/2"

Comprimento real na sucção = 5,00 + 0,45 + 2,00 + 0,55 = m

Altura real na sucção = 5,00 m

CONEXÕES NO SUCCÃO 2"				
Quantidade	Unidades ou peças	Com equiv	Perdas	Σ
2	Joelho de 90°	3,40	6,80	6,80
2	Tê de 90°	7,60	15,20	22,00
2	Registros de gaveta abertos	0,80	1,60	23,60
1	Válvula de Pé c/ Crivo	23,70	23,70	47,30
Altura Estática na Sucção =		5,00		
Altura Desenvolvida na Sucção =		8,00		
Velocidade na Sucção (v) =		1,006014078 m/s		Eq. 09 →
Perdas de Carga na Sucção (J) =		2,40853E-11 m/m		Eq. 14 →
Hms = Hes + Hps + Hcs				
Hes =		3,00 m		
Hps = (Lr + Le) J =		1,33192E-09 m		
Hcr = $v^2/2g$		0,050603216 m		
Hms =		3,0506 m		
Hm = Hmr + Hms =		67,9020 m		
Pcv = $1000 \cdot Hm \cdot Q / 75 \cdot n$			n =	0,50
Pcv =		3,58 CV		

Figura 1.13.4.12- Conexões no sucção 2"

Resumo a ser aplicado no PROJETO DE INSTALAÇÕES:

Potência estimada = 3,58 CV

Potência ADOTADA = 4,00 CV

Hm = 67,90m

Q = 7,11 m³/h

Com estas informações devemos analisar as bombas que existem no mercado local e suas respectivas características técnicas de funcionamento.

CAPITULO 2: INSTALAÇÕES PREDIAIS DE ESGOTO

2.1 CONCEITO:

A instalação predial de esgotos é o conjunto de aparelhos sanitários, canalizações e dispositivos destinados a coletar e afastar da edificação as águas servidas por fins higiênicos, encaminhando-as ao destino adequado. Essas instalações regem-se pela NBR-8160/83 – Instalação Predial de Esgoto Sanitário. Algumas cidades possuem regulamentação específica, que também deve ser respeitada.

2.2 NORMAS

Uma instalação predial de Esgotos Sanitários visa atender às exigências mínimas de habitabilidade em relação:

- segurança;
- à higiene;
- economia; e
- conforto dos usuários.

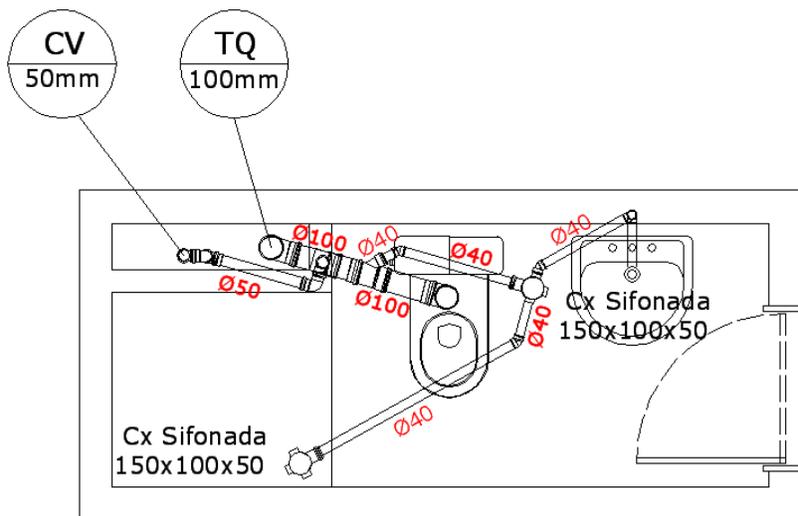
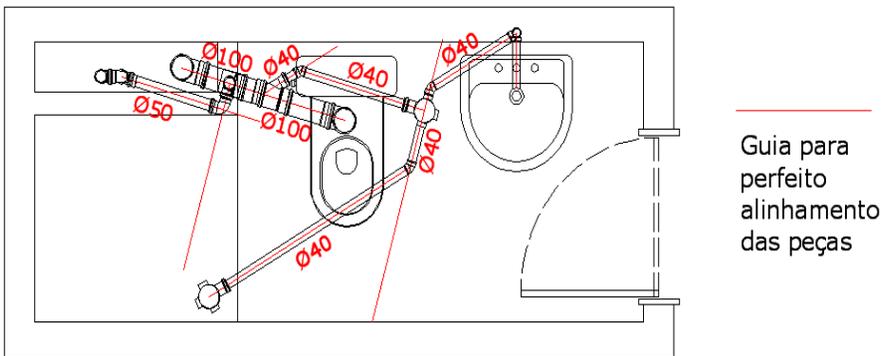
2.3 PARTES COMPONENTES DE INSTALAÇÃO DE ESGOTO:

Uma instalação de esgotos pode ser descrita, de maneira simplificada, como um sistema que se inicia num aparelho sanitário (lavatório, banheira, etc.) do qual a água servida passa para uma tubulação (ramal de descarga), que deságua numa caixa sifonada. Esta, também recebendo outros ramais, concentra as descargas e deságua, por meio de outra tubulação (ramal de esgoto), que por sua vez descarrega num tubo de queda ou numa caixa de inspeção. A partir

dessa caixa se desenvolve o coletor predial, tubulação horizontal, que carrega os esgotos até sua ligação final ao coletor público. (Figura 2.3.1)

OBS: O ramal de descarga da bacia sanitária, em razão das características do material que transporta, despeja-o diretamente no ramal de esgoto.

Numa instalação em pavimento superior de uma edificação, o sistema é idêntico ao anteriormente descrito até o ramal de esgoto, que vai se ligar a um tubo vertical, tubo de queda, o qual vai se ligar, no pavimento térreo, a uma caixa de inspeção. A partir desta se desenvolve o coletor predial, que encaminhar os esgotos até a disposição final. O ramal de descarga das bacias sanitárias liga-se diretamente ao tubo de queda.



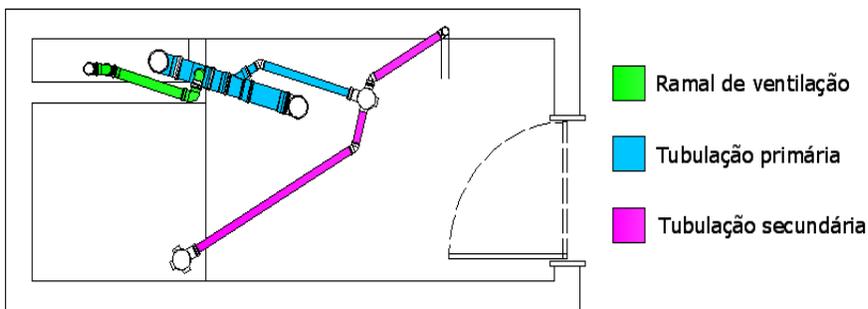


Figura 2.3.1 – Projeto de esgoto

Portanto, os componentes de um sistema de esgotos são:

- a) ramal de descarga – canalização que recebe diretamente os efluentes de uma única peça (aparelhos sanitários);
- b) ramal de esgoto – recebe os efluentes dos ramais de descarga (duas ou mais peças e despeja no tubo de queda ou sub-coletor);
- c) tubo de queda – é a canalização, basicamente vertical, que recebe a contribuição dos ramais de esgoto dos diversos pavimentos. Deve ter diâmetro constante ao longo do seu comprimento;
- d) tubo operculado – peça de inspeção em forma de tubo provida de abertura com tampa removível;
- e) desconector – é um dispositivo provido de fecho hídrico, destinado a vedar a passagem de gases e insetos, como os sifões e as caixas sifonadas. Todas as instalações devem ter desconectores que permitem a limpeza do sistema;
- f) sifão – dispositivo que recebe efluentes do esgoto sanitário, impedindo o retorno de gases, graças ao fecho hídrico. Deve ser munido de inspeção, tipo bujão com rosca ou similar na sua parte inferior para permitir a limpeza.

OBS: O sifão rígido impede o retorno de gases, mas é de difícil acesso para limpeza. O flexível dependendo da instalação poderá vaziar gases e ainda é corrugado o que faz com que a tubulação acumule sujeiras e gorduras. O recomendado é o uso do sifão copo que impede o fluxo contrário dos gases e é facilmente desenroscado para limpeza. (Figura 2.3.2)

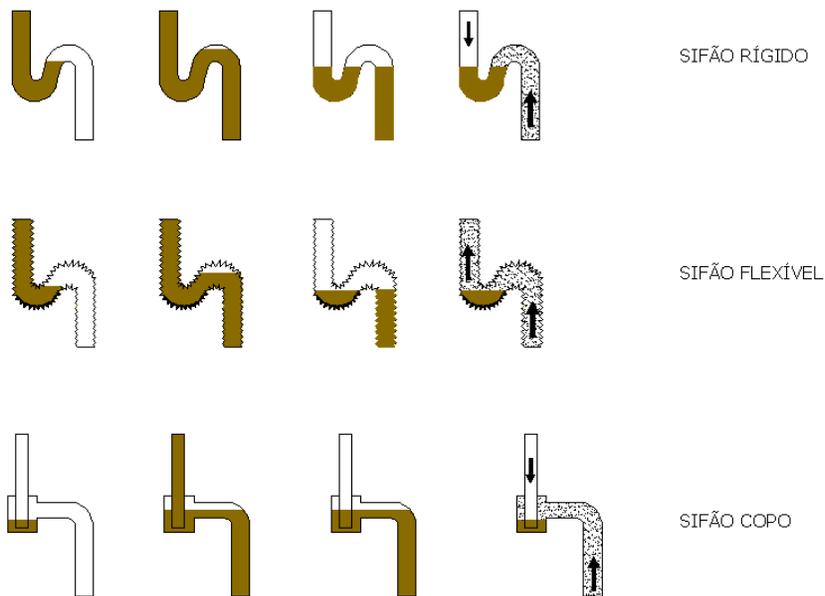


Figura 2.3.2 – Sifão

- Caixa sifonada – dispositivo desconector, destinado a receber efluentes do ramal de descarga e águas de lavagem de piso, encaminhando-as ao ramal de esgoto. Possui varias aberturas para entradas e uma saída, nos diâmetros apropriados aos dos ramais de descarga e esgoto. A caixa sifonada é dotada de fecho hídrico.
- Fecho hídrico – é camada de liquido, convenientemente disposta num desconector, destinada a vedar a passagem de gases e de insetos. A altura mínima deve ser de 50mm.
- tubo ventilador – canalização ascendente destinada a permitir acesso de ar atmosférico ao interior das canalizações de esgoto e a saída de gases dessas canalizações, bem como impedir a ruptura do fecho hídrico dos desconectores;
- ventilador primário – é aquele que tem sua extremidade superior diretamente ligada para o exterior (em geral no prolongamento do tubo de queda);

- e) ventilador secundário – tubo ventilador com a extremidade superior ligada ao tubo ventilador primário, a uma coluna de ventilação ou a outro ventilador secundário;
- f) coluna de ventilação – tubo ventilador que se desenvolve através de um ou mais andares, cuja extremidade superior é aberta à atmosfera ou ligada a ventilador primário;
- g) sub-coletor – tubulação que recebe os afluentes de um ou mais tubos de queda ou de ramais de esgoto;
- h) coletor predial - canalização compreendida entre a última inserção do sub-coletor e a rede pública;
- i) caixa coletora – caixa situada abaixo do nível do coletor público e que necessita de bomba para o seu esgotamento;
- j) caixa de inspeção – caixa destinada a permitir a inspeção e desobstrução das canalizações;
- k) caixa de gordura – caixa detentora de gorduras;
- l) testes finais – após concluídas as tubulações e de se verificar que não há material estranho no seu interior; antes da colocação de qualquer aparelho, a tubulação deve ser ensaiada com água ou ar; após a colocação dos aparelhos, deve ser submetida a ensaio final de fumaça.
- m) ensaio de água – tamponar todas as saídas de tubulação com água, com exceção da mais alta, onde se introduz a água, mantendo-se por 15 minutos;
- n) ensaio de ar – fecham-se todas as saídas das tubulações e introduz-se por uma delas o ar até que atinja pressão de 3,5 mca, devendo permanecer assim durante 15 minutos.

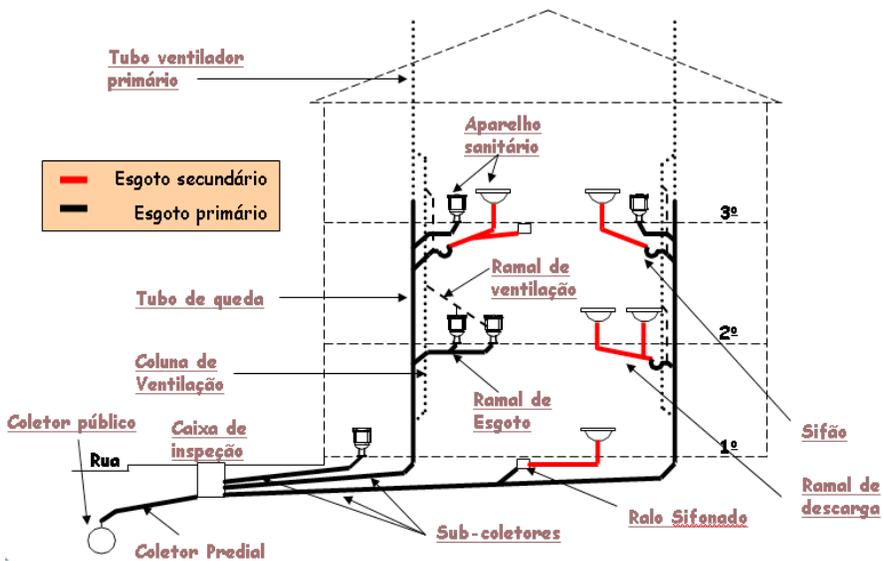


Figura 2.3.3 – Partes componentes de instalação de esgoto

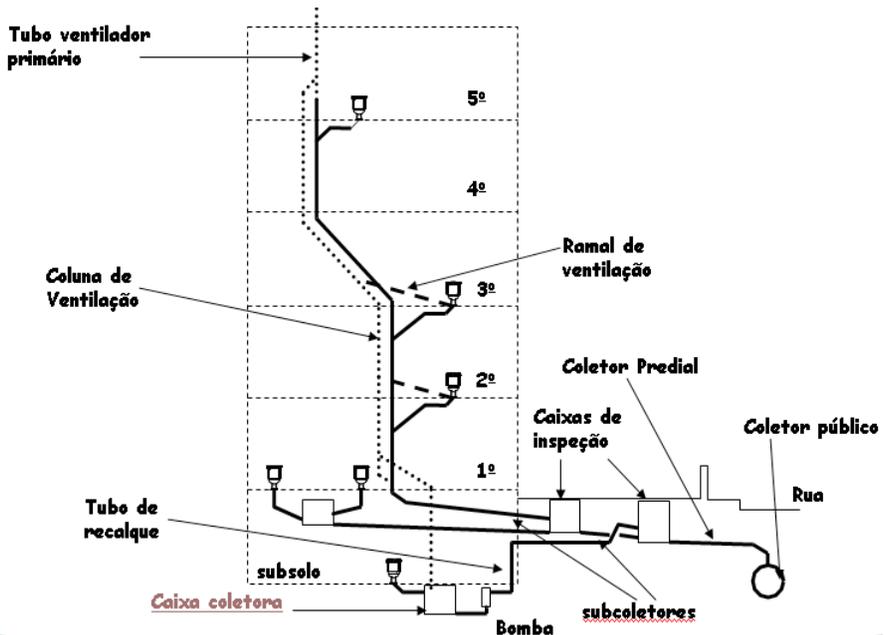


Figura 2.3.4 – Detalhe de ventilação

2.4. MATERIAIS EMPREGADOS:

- a) Tubos de ferro fundido – tipo esgoto, principalmente em pisos de pavimento tipo e tubos de queda;
- b) Tubos de PVC – largamente utilizados em pisos de pavimentos tipo e residências;
- c) Manilhas de barro vidrado – quando se tratam de tubulações em contato direto com o solo. Muito usadas nas valas de infiltração.

A tabela 2.4.1 apresenta os materiais que podem ser usados de acordo com as tubulações e dispositivos.

Tubulações/dispositivos	PVC	Latão	Ferro Fundido
ramal de descarga	sim	não	sim
ramal de esgoto	sim	não	sim
tubo de queda	sim	não	sim
subcoletor	sim	não	sim
coletor predial	sim	não	sim
ventilação	sim	não	sim
caixas e ralos	sim	sim	sim
caixa de gordura	sim	não	não
caixa de inspeção	sim	não	não
sifão	sim	sim	sim

Tabela 2.4.1 – Materiais empregados

2.5. O PROJETO

Projeto de instalação de esgoto sanitário mal elaborado, pode trazer os seguintes problemas:

- Refluxo dos esgotos;
- Aparecimento de espumas em ralos;
- Mau cheiro nas instalações sanitárias.

Para se projetar convenientemente tais instalações, é necessário que:

- Promova-se o rápido escoamento dos esgotos;
- Através de traçados convenientes, busque-se evitar curvas verticais e horizontais;
- As curvas devem ser preferencialmente de 45°. Quando inevitável, as curvas de 90° deverão ser de raios longos, utilizando-se peças de inspeção antes e depois das mesmas;
- As ligações entre a canalização deverão ser feitas sempre que possível através do traçado mais curto, com prioridade para a de maior diâmetro;
- Vede-se a passagem de gases e animais das tubulações para o interior dos edifícios, provendo-se todas as peças ou canalizações ligadas a elas, de fecho hídrico, que deve ser mantido sob quaisquer condições de funcionamento da rede;
- Impeça-se a poluição da água de consumo e de gêneros alimentícios evitando as interconexões, bem como a passagem de canalizações de água em rebaixos de pisos ou canaletas de águas servidas;
- Impeça-se vazamentos, escapamentos de gases e formação de depósitos no interior das tubulações. Para se evitar vazamentos é aconselhável que a instalação seja submetida ao teste de fumaça, que consiste em colocar fumaça na tubulação a ser testada; se houver vazamento a fumaça irá se propagar no ambiente;
- Devem ser evitados colos que permitam a deposição de material particulado presente nos esgotos;
- Deve-se prover as tubulações de inspeções (peças especiais ou tampas de inspeção) que permitam a manutenção da rede;
- A durabilidade das instalações está diretamente ligada à qualidade do material empregado, que deve ser resistente à corrosão, e da execução dos serviços. Por isso a instalação não deve nunca estar solidária à estrutura do prédio;
- Permita-se a ventilação contínua da rede pública coletora de esgotos. Tal condição é satisfeita pelas instalações de ventilação que apresentam como único objetivo, a ventilação de gases e entrada de ar.

O projeto deve compreender:

- d) Plantas em escalas 1:25 ou maior, esquemas, detalhes, com dimensionamento e itinerário das tubulações;
- e) memórias descritivas, justificativas e de cálculos;
- f) especificações dos materiais e normas para sua aplicação;
- g) orçamento.

O projeto de instalações de esgotos se reduz a um exercício de traçado geométrico, em que as inserções de tubos devem processar-se, em ângulos de 45° ou 90° (raios largos). Nas mudanças de direção devem ser evitados os ângulos retos, que facilitam a deposição, sujeitando-se a entupimentos; Caso haja necessidade, deve-se utilizar duas curvas de 45° ou caixa de inspeção.

O cuidado principal a ser observado é a necessidade de desconexão dos gases, através de caixas ou ralos sifonados, ou dos sifões instalados nas tubulações dos aparelhos ou os que lhes são próprios.

2.5.1 Ventilação:

A NBR 8160/83, no item 4.1.5, estabelece: “*As instalações primárias de esgoto devem ser dotadas de ventilação, a fim de evitar a ruptura do fecho hídrico dos desconectores por aspiração ou compressão e também para que os gases emanados dos coletores sejam encaminhados para a atmosfera*”.

Já no item 4.6.3, especifica: “*A ligação de um tubo ventilador a uma tubulação horizontal deve ser feita acima do eixo da tubulação, elevando-se o tubo ventilador até 15cm, ou mais, acima do nível de transbordamento da água do mais alto dos aparelhos servidos, antes de ligar-se ao tubo ventilador*”. Essa recomendação é muito importante, pois no caso da ligação abaixo do eixo da tubulação, ocorrerá a entrada de efluentes no tubo ventilador. No caso de ocorrer em nível inferior ao preconizado, poderá provocar a penetração de efluentes no tubo ventilador, quando de um eventual entupimento.

A coluna de ventilação deve ter diâmetro uniforme e deve ser instalada de modo que uma eventual penetração de líquido que nela venha a ingressar possa escoar completamente por gravidade. A extremidade inferior deve ser ligada a um subcoletor ou a um tubo de queda, conectado em ponto situado abaixo da ligação do primeiro ramal de esgoto ou descarga ou, ainda, nesse mesmo ramal de esgoto ou descarga.

Todo desconector deve ser ventilado e a distância de um desconector à conexão do tubo ventilador ao qual estiver ligado deve atender ao disposto na tabela 2.5.1.

Diâmetro nominal do ramal de esgoto DN (mm)	Distância máxima (m)
40	1,0
50	1,2
75	1,8
100	2,4

Tabela 2.5.1 – Distância máxima de um desconector ao tubo ventilador

A extremidade aberta de um tubo ventilador deve estar situada a mais de 4m de qualquer janela, porta ou outro vão de ventilação, exceto se elevada 1m acima das vergas dos referidos vãos de acordo com a figura 2.5.1 a seguir.

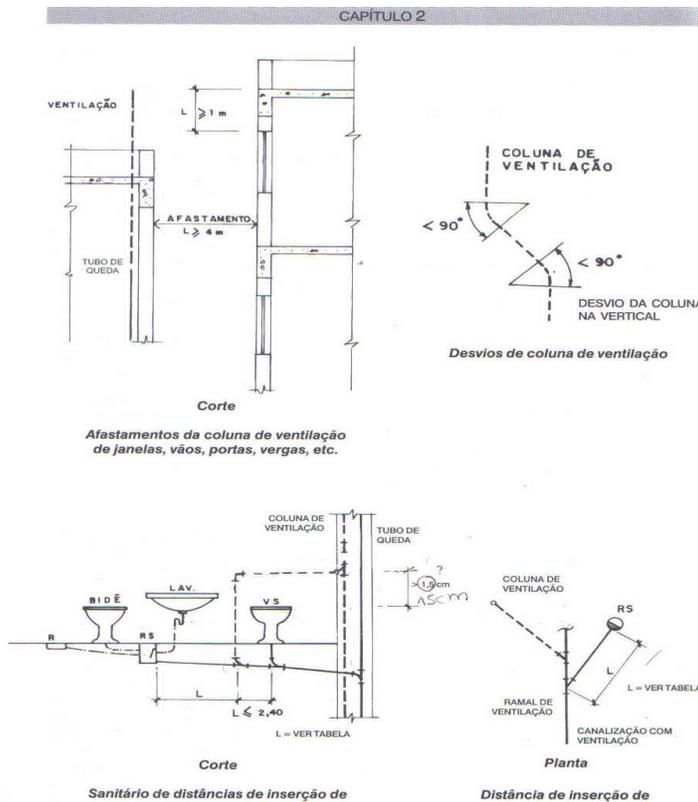


Figura 2.5.1 – Afastamento de coluna de ventilação de janelas, vãos, portas, etc.

É necessário tomar as devidas precauções no projeto e na obra quanto à conexão do tubo ventilador em seus dois extremos: na parte inferior junto à ligação com o ramal de esgoto, onde deve se posicionar na parte superior ou conectar a 45°, para evitar a entrada de efluentes, e principalmente entupimentos e refluxos. A ligação na parte superior deve ocorrer, no mínimo, 15 cm acima do mais alto dos aparelhos servidos, para impedir o eventual refluxo para o tubo ventilador de acordo com a figura 2.5.2.

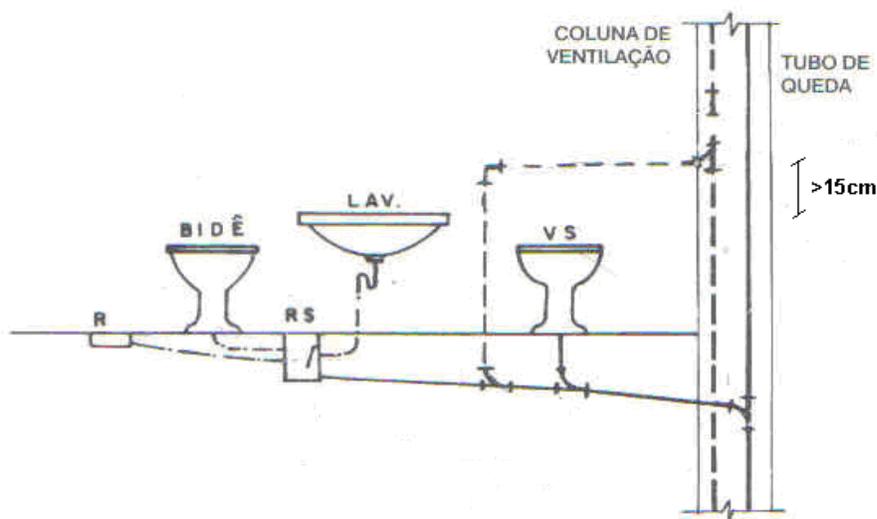


Figura 2.5.2 – Ligações do tubo ventilador

2.6. DIMENSIONAMENTO:

O sistema de esgoto convencional funciona por gravidade, isto é, exige a existência da pressão atmosférica ao longo de todas as tubulações, característica esta que deve ser garantida pela tubulação ventilação do sistema.

O dimensionamento do sistema de esgoto é simples, sendo realizado por meio de tabelas, em função do material e da declividade mínima fixada, com base nas Unidades Hunter de Contribuição (UHC), ou UD – Unidade de Descarga, de acordo com a NBR 8160/83. Não há, portanto, a necessidade de verificação da pressão ao longo das tubulações, pois o que deve ser garantido é a pressão atmosférica do lugar. No dimensionamento das tubulações,

considera-se que elas devem ser ocupadas, no máximo, até a metade de suas seções.

A fórmula básica adotada é a de Chèzy, utilizada para cálculo de canais (condutos livres), a meia seção, que fornecem diretamente os diâmetros dos trechos calculados por meio de tabelas. Nestes cálculos considera-se:

- tubulações horizontais com diâmetros nominais iguais ou menores que DN 75 → declividade mínima de 2%.
- tubulações horizontais com diâmetros nominais iguais ou maiores que DN 100 → declividade mínima de 1%, exceto coletor e sub coletor.

A Unidade Hunter de Contribuição (UHC), também conhecida como Unidade de descarga (UD), é um fator probabilístico numérico que representa a frequência habitual de utilização, associada à vazão típica das diferentes peças de um conjunto de aparelhos sanitários em funcionamento simultâneo.

O Diâmetro nominal (DN) é um número que serve para classificar dimensionalmente as tubulações, e que corresponde aproximadamente ao diâmetro interno das tubulações em milímetros.

2.6.1 Ramais de Descarga

O cálculo do diâmetro do ramal de descarga (trecho entre o aparelho e a caixa sifonada, ou, no caso do vaso sanitário, entre este e o subcoletor ou o tubo de queda) é função apenas do número de Unidades Hunter de Contribuição (UHC), conforme a tabela 2.6.1.

Ramais de Descarga : Diâmetro Nominal (DN) Mínimo		
Aparelho	UHC	DN (mm)
Banheira de residência	3	40
Banheira de uso geral	4	40
Banheira Hidroterápica, fluxo contínuo	6	75
Banheira de emergência, hospital	4	40
Banheira infantil, hospital	2	40
Bacia de assento, hidroterápica	2	40
Bebedouro	0,5	40

Bidê	2	40
Chuveiro de residência	2	40
Chuveiro coletivo	4	40
Chuveiro hidroterápico	4	75
Chuveiro hidroterápico, tipo tubular	4	75
Ducha escocesa	6	75
Ducha perineal	2	40
Lavador de comadre	6	100
Lavatório de residência	1	40
Lavatório geral	2	40
Máquinas de lavar roupa acima de 60Kg	14	150
Vaso sanitário	6	100
Lavatório quarto de enfermeira	1	40
Lavabo cirúrgico	3	40
Lava pernas, hidroterápico	3	50
Lava braço, hidroterápico	3	50
Lava pés, hidroterápico	2	50
Mictório, válvula de descarga	6	75
Mictório, caixa de descarga	5	50
Mictório, descarga automática	2	40
Mictório, de calha por metro	2	50
Mesa de autópsia	2	40
Pia de residência	3	40
Pia de serviço, despejo	5	75
Pia de laboratório	2	40
Pia de lavagem de instrumentos, hospital	2	40
Pia de cozinha industrial, preparação	3	40
Pia de cozinha industrial, lavagem de panelas	4	50
Tanque de lavar roupa	3	40
Máquina de lavar pratos	4	75
Máquinas de lavar roupa até 30 Kg	10	75

Tabela 2.6.1.1– Unidades Hunter de Contribuição (UHC) dos aparelhos sanitários.

Diâmetros mínimos são os constantes da Tabela 2.6.1 e não pode ser inferior a 40 mm.

Exemplo: considere o banheiro da Figura 2.3.1, o diâmetro dos ramais de descarga dos aparelhos, pela Tabela 2.6.1, serão:

- Chuveiro de residência – DN 40 – $i=2\%$
- Lavatório de residência – DN 40 – $i=2\%$
- Ducha Perineal – DN 40 – $i=2\%$
- Vaso sanitário – DN 100 – $i=1\%$

2.6.2 Ramais de Esgotos

O diâmetro do ramal de esgoto (trecho entre a saída da caixa sifonada e a ligação ao ramal da bacia sifonada) é determinado em função do somatório das Unidades Hunter de Contribuição (UHC), conforme tabela 2.6.2.

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

Tabela 2.6.2.1 – Dimensionamento de ramais de esgoto

O dimensionamento é imediato, a partir dos valores indicados na tabela, em função do somatório do número de UHC. O diâmetro do ramal de esgoto não pode ser inferior ao diâmetro de nenhuma peça e ser maior que 50mm.

Exemplo: para o mesmo banheiro da Figura 2.3.1, o diâmetro do ramal de esgotos é encontrado fazendo-se o somatório do número de UHC dos aparelhos:

- Chuveiro de residência – 2
- Lavatório de residência – 1
- Ducha – 2
- Vaso sanitário – 6
- TOTAL = 11 UHC

Logo, pela tabela 2.6.2, o diâmetro do ramal de esgoto indicado é DN 75.

Como o vaso sanitário necessita de DN 100 (tabela 2.6.1), o ramal de esgoto deverá ter no mínimo o mesmo diâmetro. Logo, o diâmetro do ramal de esgoto do exemplo a ser adotado não poderá ser de 75, no caso do exemplo em foco, deverá ser de 100mm.

2.6.3 Tubos de Queda

O dimensionamento também é função do somatório de UHC dos ramais de esgoto que se conectam ao tubo de queda, por pavimento. O tubo de queda deve ter diâmetro uniforme. A tabela 2.6.3.1 fornece os diâmetros, subdividida em prédios de até 3 pavimentos e acima de 3 pavimentos.

Tubo de Queda			
Diâmetro Nominal (DN) Mínimo			
Número Máximo de UHC			DN (mm)
Prédio menor que 3 pavimentos	Prédio maior que 3 pavimentos		
	Em 1 pavimento	Em todo o tubo	
4	2	8	40
10	9	24	50
30	16	70	75
240	90	500	100
960	350	1900	150
2200	600	3600	200
3800	1000	5600	250
6000	1500	8400	300
Deve ser usado o diâmetro nominal mínimo DN 100 para as tubulações que recebam despejos de vasos sanitários.			

Tabela 2.6.3.1 – Dimensionamento de tubo de queda

Observe-se que o DN mínimo de um tubo de queda que descarrega o vaso sanitário continua sendo de 100 mm. O dimensionamento é imediato, a partir dos valores indicados na tabela, em função do somatório do número de UHC de cada ramal de esgoto ligado ao tubo de queda.

Exemplo: considere ainda o banheiro da Figura 2.3.1, fazendo parte de um prédio de apartamentos de 7 pavimentos. O diâmetro do Tubo de Queda, pela Tabela 2.6.3.1, será:

Para um prédio de 7 pavimentos o tubo de queda em questão recebe contribuição de cada sanitário do exemplo do item anterior, com um somatório de 11 UHC em cada pavimento, tendo-se um total de 77 UHC, em todo o tubo. Considerando a tabela 2.6.3.1 de dimensionamento de tubo de queda, tem-se o DN=100mm.

Caso o somatório fosse inferior a 70, não se poderia se adotar para o tubo de queda o DN 75, em razão do mínimo DN para tubos de queda que recebem efluentes de vasos sanitários ser DN100. Por outro lado, também teria que se utilizar DN mínimo de 100, pois o tubo de queda não poderia ser inferior ao menor diâmetro a ele ligado, no caso o ramal de esgoto do vaso sanitário, com DN100.

Havendo desvios na vertical, os tubos de queda devem ser dimensionados como a seguir:

- Desvio com ângulo menor que 45° com a vertical, o tubo de queda deve ser dimensionado normalmente pela tabela 2.6.3.1
- Desvio com ângulo maior que 45° com a vertical tem-se:
- Trechos acima e abaixo do desvio: trata-se de trecho normal e é dimensionado pela mesma tabela.
- Trecho horizontal do desvio: trata-se de um subcoletor, dimensionado pela tabela de dimensionamento de coletores e subcoletores (item 2.6.5 adiante).
- Trecho abaixo do desvio não poderá ter diâmetro inferior ao do trecho horizontal.

2.6.4 Ventilação

O dimensionamento baseia-se, a exemplo dos itens anteriores no número de UHC. Para o ramal de ventilação e para as colunas de ventilação encontram-se adiante as tabelas utilizadas.

- a) Ramal de ventilação:

Ramais de Ventilação			
Dimensionamento			
Grupo de Aparelhos Sanitários			
Sem vasos		Com vasos	
UHC	DN (mm)	UHC	DN (mm)
até 2	40	até 17	50
3 a 12	40	18 a 60	75
13 a 18	50	-	-
19 a 36	75	-	-

Tabela 2.6.4.1 – Dimensionamento de ramal de ventilação

Exemplo: Considere o mesmo banheiro da figura 2.3.1, o diâmetro do ramal de ventilação será encontrado utilizando-se a tabela 2.6.4.1. Como no caso deste exemplo o banheiro o grupo de aparelhos sanitários possui vaso sanitário, totalizando 11 UHC, o diâmetro do ramal de ventilação é DN= 50mm.

b) Coluna de ventilação:

Colunas e Barriletes de Ventilação											
Dimensionamento											
DN do tubo de queda ou ramal de esgoto (mm)	UHC	DN Mínimo do Tubo de Ventilação									
		30	40	50	60	75	100	150	200	250	300
		Comprimento Máximo Permitido (m)									
40	8	15	46	-	-	-	-	-	-	-	-
	10	9	30	-	-	-	-	-	-	-	-
50	12	9	23	61	-	-	-	-	-	-	-
	20	8	15	46	-	-	-	-	-	-	-
	10	-	13	46	110	317	-	-	-	-	-
75	21	-	10	33	82	247	-	-	-	-	-
	53	-	8	29	70	207	-	-	-	-	-
	102	-	8	26	64	189	-	-	-	-	-
	43	-	-	11	26	76	299	-	-	-	-

100	140	-	-	8	20	61	229	-	-	-	-
	320	-	-	7	17	52	195	-	-	-	-
	530	-	-	6	15	46	177	-	-	-	-
150	500	-	-	-	-	10	40	305	-	-	-
	1.100	-	-	-	-	8	31	238	-	-	-
	2.000	-	-	-	-	7	26	201	-	-	-
	2.900	-	-	-	-	6	23	183	-	-	-

Tabela 2.6.4.2- Dimensionamento de coluna de ventilação

No caso do mesmo banheiro da figura 2.3.1 do exemplo anterior, e considerando o mesmo edifício com 7 pavimentos, foi encontrado um total de 77UHC, com tubo de queda de 100mm. Assim, o cálculo da coluna de ventilação é realizado utilizando a tabela 2.6.4.2. Entrando-se na tabela 2.6.4.2 com o diâmetro do tubo de queda (DN=100) e com o total de UHC (77), encontraremos que o menor valor de UHC para este diâmetro é 140 UHC. Nesta linha, considerando que a coluna de ventilação tenha um comprimento de 23m (= 7x3m de pé esquerdo + 2m de cobertura), encontraremos que o valor mais próximo de 23m, nesta linha é 61. Subindo a partir deste último número, teremos que o diâmetro mínimo da coluna de ventilação será de DN=75mm.

OBS: O diâmetro mínimo do tubo de ventilação é 75mm, aceitando-se 50mm para residências térreas. A extremidade do tubo ventilador ou coluna de ventilação deve estar situada acima da cobertura do edifício com no mínimo 30 cm.

No exemplo anterior, a distância máxima permitida entre o desconector e o tubo (ramal) de ventilação que o serve é de 1,8m, de acordo com a tabela 2.6.4.3 a seguir.

Ramal de Descarga DN (mm)	Distância Máxima (m)
30	0,7
40	1
50	1,2
75	1,8
100	2,4

Tabela 2.6.4.3 – Distância de um desconector ao tubo de ventilação que o serve

No exemplo a distancia máxima permitida entre o desconector e o tubo de ventilação que o serve é de 1,8m (lembrar que o valor encontrado para o ramal de esgoto foi DN=75mm, tendo-se adotado DN=100mm pela ligação da bacia sanitária).

2.6.5 Coletores Prediais e Subcoletores

O dimensionamento do coletor e subcoletor baseia-se no somatório de UHC, bem como nas declividades mínimas da tabela 2.6.5.1. O diâmetro mínimo exigido é DN 100. No caso específico desse dimensionamento para prédios residenciais, deve ser considerado apenas o aparelho de maior descarga de cada sanitário no cálculo de UHC.

Coletores Prediais(1) e Subcoletores					
Diâmetro Nominal (DN) Mínimo					
Declividades Mínimas (%)				DN (mm)	
0,5	1	2	4		
Número Máximo de UHC					
-	180	216	250		100
-	700	840	1000		150
1400	1600	1920	2300		200
2500	2900	3500	4200		250
3900	4600	5600	6700		300
7000	8300	1000	12000		400

1) O coletor predial deve ter diâmetro nominal mínimo DN 100.

Tabela 2.6.5.1 – Dimensionamento de coletor predial e subcoletor

Exemplo: Para o cálculo do coletor e subcoletores, utilizando a tabela 2.6.5.1 vamos considerar o esquema da figura a seguir. O desenho apresenta a planta baixa de um edifício contendo 3 áreas molhadas: A1, A2 e A3. O edifício é o mesmo do exemplo anterior e tem 7 pavimentos.

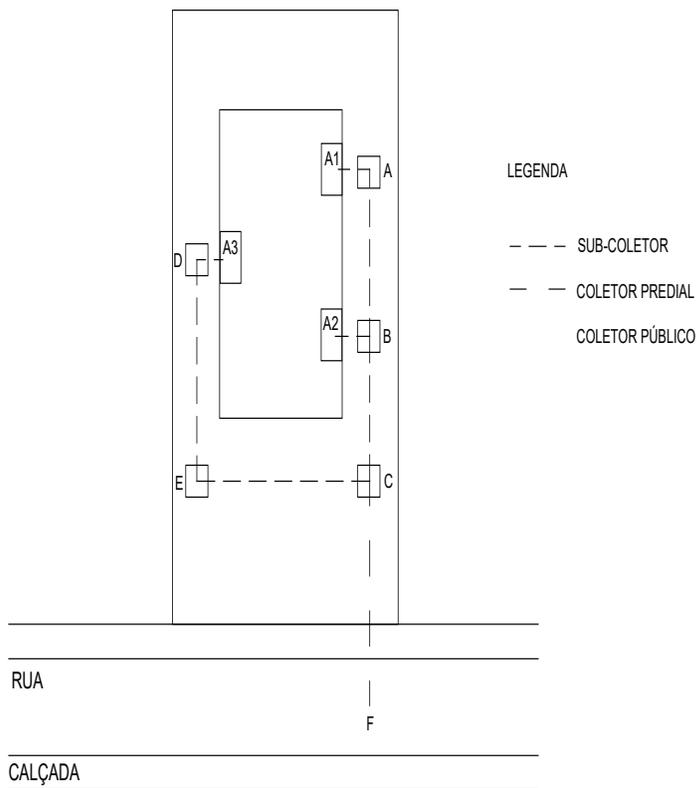


Figura 2.6.5 – Esquema mostrando coletor e sub-coletores de um edifício

As áreas molhadas A1 e A2 são iguais, e trata-se do mesmo banheiro da Figura 2.3.1, cujo somatório do número de UHC dos aparelhos é:

- Chuveiro de residência – 2
- Lavatório de residência – 1
- Ducha – 2
- Vaso sanitário – 6
- TOTAL = 11 UHC

As áreas molhadas A3 se trata de uma cozinha e área de serviço, cujo somatório do número de UHC dos aparelhos é:

- 2 Pias de residência – $2 \times 3 = 6$
- Tanque de lavar roupas – 3
- TOTAL = 9 UHC

Com esses dados de entrada passemos agora ao cálculo do coletor predial e dos sub-coletores utilizando a tabela 2.6.5.1. Neste cálculo vamos dividir os sub-coletores por trecho e considerar sua declividade de 1%.

O trecho AB recebe as contribuições de 7 andares da área molhada A1, perfazendo um número total de $(11 \times 7) = 77$ UHC. Utilizando a tabela 2.6.5.1, para uma declividade de 1% encontraremos na primeira linha dessa coluna o número de 180 UHC, que é maior do que 77UHC, o que nos leva a um diâmetro para esse trecho de sub-coletor de DN=100mm.

O trecho BC recebe as contribuições de 7 andares das áreas molhadas A1 e A2, perfazendo um número total de $(2 \times 11 \times 7) = 154$ UHC. Utilizando a tabela 2.6.5.1, para uma declividade de 1% encontraremos na primeira linha dessa coluna o número de 180 UHC, que continua sendo maior do que 154UHC, permanecendo o diâmetro para esse trecho de sub-coletor de DN=100mm.

O trecho DE recebe as contribuições de 7 andares da área molhada A3, perfazendo um número total de $(9 \times 7) = 63$ UHC. Utilizando a tabela 2.6.5.1, para uma declividade de 1% encontraremos na primeira linha dessa coluna o número de 180 UHC, que é maior do que 63UHC, permanecendo o diâmetro para esse trecho de sub-coletor de DN=100mm.

O trecho EC é apenas uma mudança de direção, não havendo a inserção de novas contribuições de esgoto no trecho. Assim sendo o diâmetro do sub-coletor permanece DN=100m.

O trecho CF recebe as contribuições de 7 andares das áreas molhadas A1, A2 e A3, perfazendo um número total de $(2 \times 11 \times 7 = 154) + (9 \times 7 = 63) = 217$ UHC. Utilizando a tabela 2.6.5.1, para uma declividade de 1% encontraremos na segunda linha dessa coluna o número de 700 UHC, que é maior do que 217UHC, o que nos leva a um diâmetro para esse trecho de coletor predial de DN=150mm.

A escolha da declividade dos sub-coletores e do coletor deve ser tal que permita a ligação com o coletor público, pois se o coletor predial chegar abaixo deste último exigirá a implantação de uma unidade elevatória. Na prática

verifica-se a profundidade do coletor público e faz-se um nivelamento topográfico para se verificar se esta ligação é possível.

2.6.6 Caixa de Gordura

É um dispositivo em forma de tanque retentor com um septo, dividindo-o em duas câmaras: receptora e vertedora. A comunicação entre as câmaras se faz pelo fundo garantindo o fecho hídrico. A gordura que flutua na água se acumula na parte superior da câmara receptora onde deve ser removida periodicamente.

As caixas de gordura devem ser instaladas nos ramais prediais das pias de cozinha e copas. Elas permitem que a gordura não se incruste na parede da tubulação gerando entupimento.

As caixas de gorduras podem ser construídas em concreto e alvenaria, mas podem ser encontradas também em material plástico e ferro fundido. Na região sudeste do país já existem e são comercializadas caixas de gordura padronizadas de material plástico (PVC).

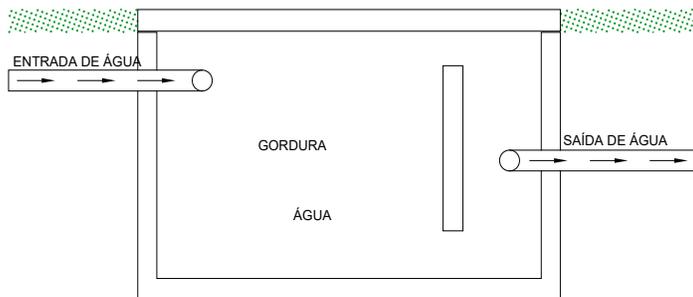


Figura 2.6.6 – Corte de caixa de gordura

Tipos de caixas de gordura:

- Pequena (18 litros na caixa de retenção) – 01 cozinha
- Simples (31 litros na caixa de retenção) – 02 a 12 cozinhas
- Dupla (120 litros na caixa de retenção) – 12 a 24 cozinhas
- Especial (acima de 120 litros) – para restaurantes, lanchonetes, supermercados e quartéis → cozinhas industriais.

O volume da caixa de gordura pode ser calculado pela seguinte fórmula:

$$V \text{ (litros)} = 20 + 2 N$$

Equação 2.6.6.1 – volume da caixa de gordura

onde;

V = volume da câmara de retenção;

N = n° pessoas servidas pela cozinha.

CAPITULO 3: INSTALAÇÕES PREDIAIS DE ÁGUAS PLUVIAIS

3.1 CONCEITO:

É o conjunto formado por calhas, condutores e coletores, cujo objetivo é afastar convenientemente o excesso de águas das chuvas (aquela que não se infiltrou no terreno) para as ruas ou coletores públicos, de modo a evitar a penetração de água no interior dos edifícios, inundações de quintais e terraços, proteger as paredes de umidade e evitar desconforto de transeuntes e moradores.

A coleta de águas pluviais se faz em todas as áreas atingidas diretamente pelas águas de chuva. Exemplos. coberturas, telhados, marquises, áreas circunvizinhas ao edifício, estacionamento, acessos de garagem.

3.2 NORMAS:

NBR 10.844/89

NB – 611 (não regulamentada)

Código de Obras da Prefeitura

No projeto das instalações prediais de águas pluviais é importante observar os seguintes aspectos:

- No Brasil adota-se o sistema separador absoluto, no qual o coletor público de águas pluviais é diferente do coletor de esgotos;
- Os coletores de águas pluviais não podem ser usados para receber fluentes de esgotos sanitários ou como tubos de ventilação da instalação predial de esgotos sanitários;
- Os coletores da instalação predial de esgotos sanitários não podem ser aproveitados para a condução de águas pluviais;
- As superfícies horizontais de lajes devem ter uma declividade mínima de 0,5% que garanta o escoamento das águas pluviais até os pontos de drenagem previstos;

- O diâmetro interno mínimo dos condutores verticais de seção circular é 75mm;
- Os coletores horizontais devem ser projetados, sempre que possível, com declividade uniforme com, valor mínimo de 0,5%.

3.3 PARTES COMPONENTES:

Nas edificações os sistemas de águas pluviais são constituídos das seguintes partes e peças que têm com objetivo proteger as edificações das águas de chuvas que se precipitam sobre elas:

- Telhados e coberturas: têm a função de impedir a entrada de águas pluviais nos edifícios;
- Sistema pluvial: tem a função de recolher e dispor adequadamente as águas pluviais;
- Rufos: peças metálicas, plásticas ou em concreto que são colocadas no encontro de planos de telhados ou entre o telhado e parede contígua - platibanda, com a função de garantir a vedação contra a penetração da água de chuva;



Figura 3.3.1 - Rufo de concreto

- Calhas: são canais horizontais de seção diversas (retangulares, trapezoidais, semicirculares) destinados a coletar as águas de chuvas

dos telhados e conduzi-las a um condutor (tubulação vertical). São do tipo: rincões, beiral, platibanda;



Figura 3.3.2 - Calha de concreto



Figura 3.3.3 - Calha de alumínio

- Condutores (verticais e horizontais): tubulações destinadas a recolher e conduzir águas pluviais das calhas até os coletores;

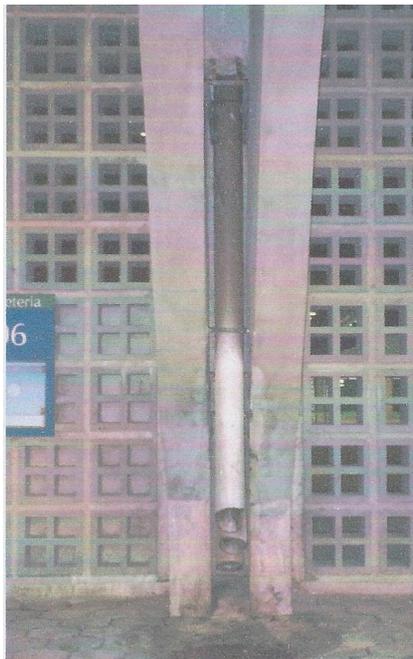


Figura 3.3.4 – Mostra Conductor em Concreto e em tubos de PVC

- Ralos: são caixas dotadas a receber as águas pluviais. São do tipo: ralo plano, ou ralo hemisférico (ralo abacaxi);
- Coletores: têm a função de coletar as águas dos condutores e transportá-las até a rua ou aos coletores públicos;
- Buzinotes ou gárgulas: são tubos curtos, de pequenos diâmetros, destinados a permitir o deságue direto das águas de chuvas. São colocados nas marquises, e pequenos terraços;



Figura 3.3.5 – Gárgula em concreto



Figura 3.3.7 – Buzinote em tubo de amianto

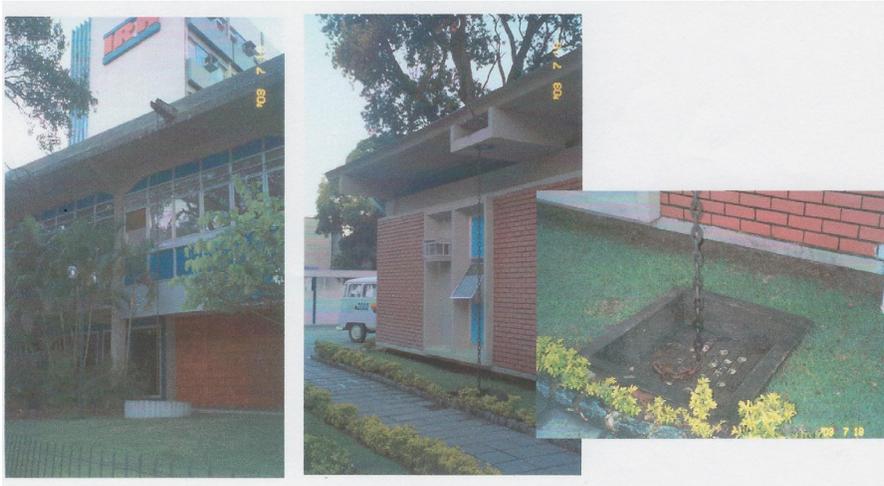


Figura 3.3.8 – Gárgula em concreto

- Pingadeira: elementos construídos como recurso para evitar que as águas de chuva fiquem escorrendo pela parede.



Figura 3.3.9 – Pingadeira no concreto

3.4 MATERIAIS EMPREGADOS:

Nos sistemas prediais de águas pluviais são os seguintes os materiais empregados:

- Nas calhas: chapas de alumínio e cobre, PVC, fibra de vidro, fibrocimento, concreto ou alvenaria revestida;
- Nos condutores: tubos de ferro fundido, PVC, tubos de folhas alumínio ou cobre;
- Nos coletores: tubos PVC, tubos concreto simples, canaletas de concreto, manilhas cerâmicas;
- Nos ralos e grelhas: aço, PVC e ferro fundido.

3.5 PROJETO

O destino final das águas pluviais pode ser realizado da seguinte maneira:

- Disposição no terreno, com o cuidado para não haver erosão, usando para isso leito de pedras no local do impacto;
- Disposição direta na sarjeta da rua ou por tubulação enterrada sob o passeio; que por meio do sistema público de galerias, as águas pluviais vão descarregar num córrego ou rio;
- Cisterna (reservatório inferior) de acumulação de água pluvial, para reuso posterior.

O esquema apresentado na figura a seguir mostra, de forma esquemática os diversos componentes de um sistema predial de águas pluviais.

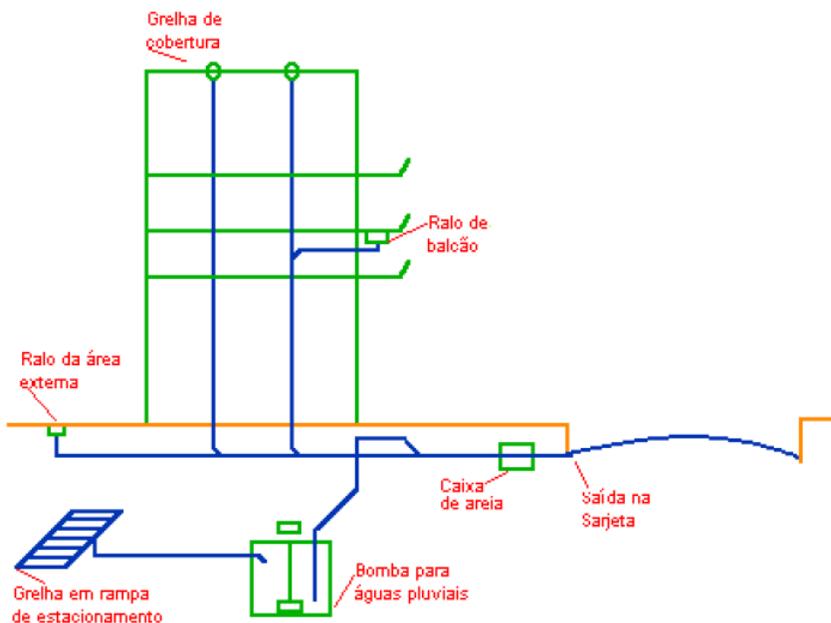


Figura 3.5.1 - Esquema de componentes

Para o correto dimensionamento desse sistema faz-se necessário entendermos as diferentes grandezas apresentadas a seguir:

- Área molhada: seção transversal, correspondente a seção efetiva de escoamento;
- Perímetro molhado: é a linha de interseção da seção molhada com paredes do conduto;
- Raio hidráulico: relação entre a seção molhada e perímetro molhado;

$$RH = \frac{A_{mol}}{P_{mol}}$$

Equação 3.5.1 Raio hidráulico

- Intensidade pluviométrica (I): é a medida (mm/h) da quantidade de chuva que cai num determinado local num espaço de tempo. Mede-se esse valor com o uso de um equipamento chamado pluviógrafo. A intensidade pluviométrica depende da duração da precipitação e do período de retorno adotado;

- e) Coeficiente de escoamento superficial (c): coeficiente de deflúvio ou coeficiente de *run off*, corresponde a parcela de chuva que escorre pela superfície;
- f) Período de retorno (T): estudando-se os registros de intensidade de chuva num dado local pode-se concluir que chuvas numa determinada intensidade repetem-se a cada “ x ” anos, que chuvas pouco intensas ocorrem todos os anos e as muito intensas apenas a cada de “ y ” anos. Ao projetar um sistema pluvial, cabe ao projetista escolher o período de tempo que a chuva, com dada intensidade costuma ocorrer. Obras caras e importantes como as barragens possuem um período de retorno na faixa de 150 anos, já as menores de 5 a 10 anos;
- g) Tempo de concentração (t_c): é o intervalo de tempo decorrido entre o início da chuva e o momento em que toda a área passa a contribuir para uma mesma seção de escoamento. Nos telhados e áreas que interessam a esta disciplina, o tempo de concentração é no máximo de 5 minutos (pelas normas), ou seja, depois deste intervalo chuvoso, já se tem a máxima vazão sendo coletada no tubo condutor. Por conseguinte, após 5 minutos do fim da chuva não deverá haver água correndo no sistema, pois a mesma já deve ter sido escoada. Para sistemas maiores, o tempo de concentração é de horas ou dias.

3.6 DIMENSIONAMENTO:

3.6.1 Dados a considerar:

- a) Lâmina máxima de trabalho da calha 0,5 h (meia seção);
- b) A declividade normal da calha, $i = 0,5\% = 0,005\text{m/m}$;
- c) O índice pluviométrico, $I = 120$ a 150mm/h , para a RMR;
- d) Área máxima da cobertura (30m x 30m) (pequenas cobertas);
- e) A declividade do sub-coletor = 0,5%;
- f) O diâmetro mínimo para colunas e sub-coletores = 75mm;
- g) A distância mínima entre coluna e sub-coletor = 2,50m.

A NBR 10.844/89 fixa que cada obra, em face do seu vulto ou responsabilidade, deve ter seu tempo de retorno (grau de segurança hidrológico) adotado, devendo-se considerar:

- T = 1 ano, para áreas pavimentadas, onde alagamentos possam ser tolerados;
- T = 5 anos, para coberturas e telhados de edifícios;
- T = 25 anos, para coberturas e áreas onde extravasamentos não possam ser tolerados.

O valor da intensidade da chuva a ser usado no projeto nas demais cidades do Brasil, em função do local estão apresentadas na tabela 3.6.1.1.

Intensidade Pluviométrica (mm/h)				
Local		Período de retorno (anos)		
		1	5	25
1	Alegrete - RS	174	238	313 (17)
2	Alto Itatiaia - RJ	124	164	240
3	Alto Tapajós - PA	168	229	267(21)
4	Alto Teresópolis - RJ	114	137(3)	
6	Avaré - SP	115	144	170
7	Bajé - RS	126	204	234(10)
8	Barbacena - MG	156	222	265(12)
9	Barra do Corda - MA	120	128	152(20)
0	Bauru - SP	110	120	148(9)
1	Belém - PA	138	157	185(20)
2	Belo Horizonte - MG	132	227	230(12)
3	Blumenau - SC	120	125	152(15)
4	Bonsucesso - MG	143	196	
5	Cabo Frio - RJ	113	146	218
6	Campos - RJ	132	206	240
7	Campos do Jordão - SP	122	144	164(9)
9	Caxambu - MG	106	137(3)	

0	Caxias do Sul -RS	120	127	218
1	Corumbá - MT	120	131	161(9)
2	Cruz Alta -RS	204	246	347(14)
	Cuiabá - MT	144	190	230(12)
4	Curitiba - PR	132	204	228
5	Encruzilhada - RS	106	126	158(17)
6	Fernando de Noronha - PE	110	120	140(6)
7	Florianópolis - SC	114	120	144
8	Formosa - GO	136	176	217(20)
9	Fortaleza - CE	120	156	180(21)
0	Goiânia - GO	120	178	192(17)
1	Guaramiranga - CE	114	126	152(19)
2	Iraí - RS	120	198	228(16)
3	Jacarezinho - PR	115	122	146(11)
4	Juruatê - AM	192	240	288(10)
5	João Pessoa - PB	115	140	163(23)
7	Lins -SP	96	122	137(13)
8	Maceió - AL	102	122	174
9	Manaus - AM	138	180	198
0	Natal - RN	113	120	143(19)
1	Nazaré da Mata - PE	118	134	155(19)
2	Niterói - RJ	130	183	250
3	Nova Friburgo - RJ	120	124	156
4	Olinda - PE	115	167	173(20)
5	Ouro Preto - MG	120	211	
7	Paranaguá - PR	127	186	191(23)
8	Parintins - AM	130	200	205(13)
9	Passa Quatro - MG	118	180	192(10)

0	Passo Fundo - RS	110	125	180
1	Petrópolis - RJ	120	126	156
3	Piracicaba - SP	119	122	151(10)
4	Ponta Grossa - PR	120	126	148
5	Porto Alegre - RS	118	146	167(21)
6	Porto Velho - RO	130	167	184(10)
7	Quixeramubim - CE	115	121	126
8	Resende - RJ	130	203	264
9	Rio Branco - AC	126	139(2)	
0	Rio de Janeiro - RJ (Bangu)	122	156	174(20)
1	Rio de Janeiro - RJ (Ipanema) 119	119	125	160(15)
2	Rio de Janeiro - RJ (Jacarepaguá) 120	120	142	152(6)
3	Rio de Janeiro - RJ (Jardim Botânico)122	122	167	227
4	Rio de Janeiro - RJ (Praça 15) 120	120	174	204(14)
6	Rio de Janeiro - RJ (Santa Cruz)	121	132	172(20)
7	Rio Grande - RS	121	204	222(20)
8	Salvador - BA	108	122	145(24)
9	Santa Maria - RS	114	122	145(16)
1	Santa Vitória do Palmar - RS	120	126	152(18)
3	Santos - SP	136	198	240
4	São Carlos - SP	120	178	161(10)
5	São Francisco do Sul - SC	118	132	167(18)
6	São Gonçalo -PB	120	124	152(15)
7	São Luis - MA	120	126	152(21)
8	São Luis Gonzaga - RS	158	209	253(21)
9	São Paulo - SP (Congonhas)	122	132	
1	São Simão - MG	116	148	175
2	Sena Madureira - AC	120	160	170(7)
3	Sete Lagoas - MG	122	182	281(19)
4	Soure - PA	149	162	212(18)
5	Taperinha - PA	149	202	241
6	Taubaté - SP	122	172	208(6)
7	Teófilo Ottoni - MG	108	121	154(6)

8	Teresina - PI	154	240	262(23)
9	Teresópolis - RJ	115	149	176
0	Tupi - SP	122	154	
1	Turiaçu - MG	126	162	230
2	Uauapés - AM	144	204	230(17)
3	Ubatuba - SP	122	149	184(7)
4	Uruguaiana - RS	120	142	161(17)
5	Vassouras - RS	125	179	222
6	Viamão - RS	114	126	152(15)
7	Vitória - ES	102	156	210
8	Volta Redonda - RJ	156	216	265(13)

Tabela 3.6.1.1 – Índice pluviométrico

Para obras de edifícios comuns e de área de telhado até 100m², pode-se adotar a medida da chuva padrão de 150 mm/h de intensidade e duração de 5 minutos.

A medida da chuva de projeto corresponderá a uma vazão a ser coletada pelas calhas.

A Vazão de Projeto, será a vazão para dimensionamento das calhas e condutores dada pela fórmula a seguir:.

$$Q = c \times I \times A$$

Equação 3.6.1.1 – vazão para dimensionamento das calhas

Onde Q (litros/seg) = Vazão de Projeto (l/s);

I = Intensidade Pluviométrica (mm/h);

A = área de contribuição do telhado em m²;

Para pequenas áreas o coeficiente de escoamento c = 1,00.

Considerando que as chuvas não caem verticalmente, por conta da ação dos ventos, a norma fornece critérios para determinar a área de contribuição em função da arquitetura dos telhados (Figura 3.6.1.1).

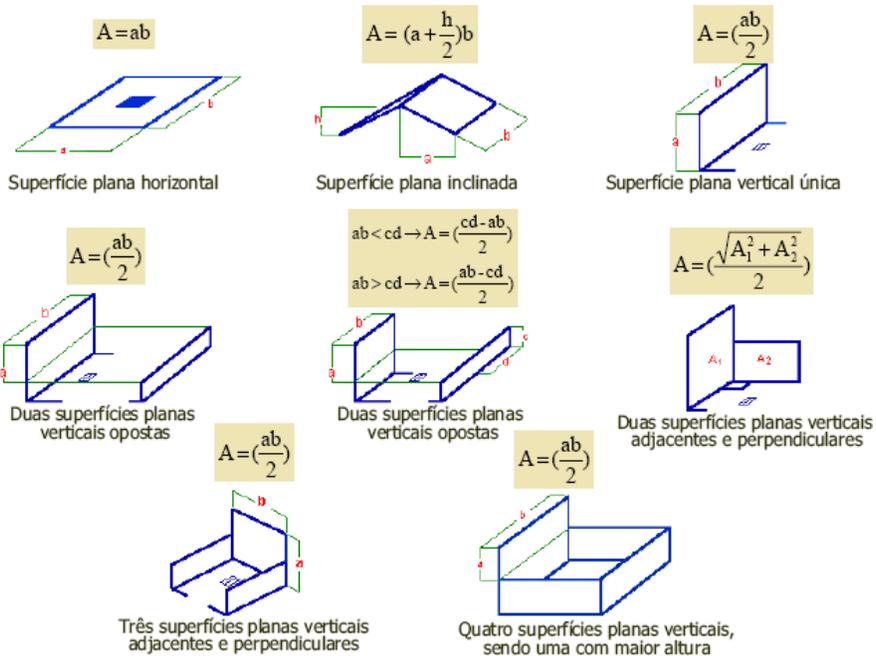


Figura 3.6.1.1 - Esquema de áreas de contribuição de vazão

Além disso deve-se considerar um ângulo de inclinação da chuva em relação à horizontal de:

$$\Theta = \arctg 2$$

Onde Θ é o ângulo de queda da chuva com influência do vento.

A influência do vento na inclinação da chuva (ver figura 3.6.1.2) é dado por:

$$A = b + c / \operatorname{tg} \Theta$$

donde: $A = b + c/2$

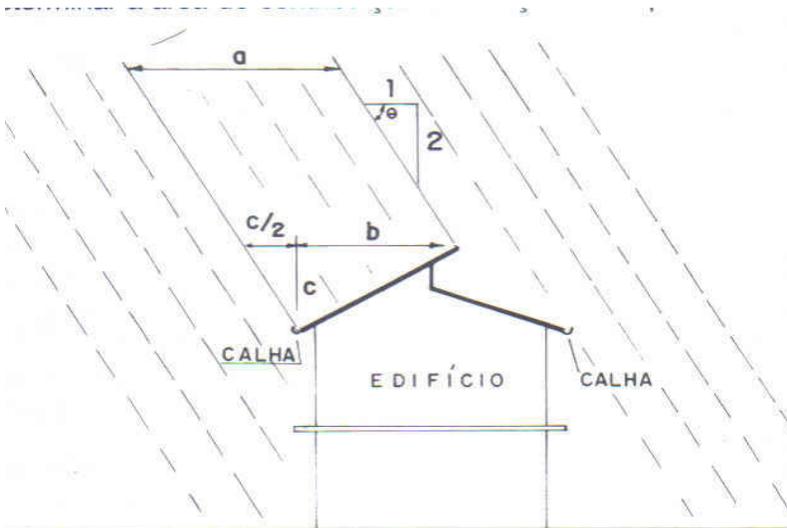


Figura 3.6.1.2 – Influência do vento na inclinação da chuva

3.6.2 Dimensionamento da calha

A calha poderá ser dimensionada pela Fórmula de Manning-Strickler, dada pela expressão:

$$Q_c = 60.000 (A/n) (R_h)^{2/3} (i)^{1/2}$$

Equação 3.6.2.1 – vazão da calha pela fórmula de Manning-Strickler

Onde: Q_c é a vazão de projeto da calha (l/min);

A é a área da seção molhada (m^2);

n é o coeficiente de rugosidade (tabela 3.6.2.1);

R_h é o raio hidráulico (m)

i é a declividade da calha (m/m)

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

Tabela 3.6.2.1 - Coeficientes de rugosidade

O dimensionamento da calha pode ser facilmente realizado levando-se em conta que a vazão que calha é possível escoar deve ser maior que a chuva que incide no telhado, e escorre até a calha, representada pela seguinte expressão:

$$Q_c \geq Q_{ch}$$

onde:

$$Q_{ch} \text{ (l/s)} = (\text{Atel} \times I) / 3600;$$

Q_{ch} é a vazão da chuva (l/s);

Atel é a área do telhado (m²);

I é a intensidade pluviométrica (mm/h).

$$\text{Para } Q_{ch} \text{ em l/min, temos } Q_{ch}(\text{l/min}) = [\text{Atel}(\text{m}^2) \times I(\text{mm/h})] / 60$$

Logo, sabendo-se da vazão da chuva, tendo-se a área do telhado e a Intensidade pluviométrica do local, o cálculo da vazão da calha é fácil de ser encontrado pela equação já apresentada, bastando para isso atribuir valores para suas dimensões, como, por exemplo, para as dimensões a e b da calha de seção retangular apresentada a seguir.

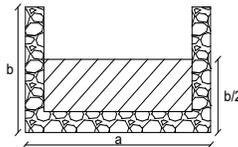


Figura 3.6.2.1 – Calha de seção retangular

OBS: Em calhas de beiral ou platibanda, quando a saída estiver a menos de 4m de uma mudança de direção, a vazão de projeto deve ser multiplicada pelos coeficientes da tabela 3.6.2.2

Dimensão(m)		Declividade		
a	b	0.50%	1%	2%
0,2	0,1	512	724	1.024
0,3	0,2	2.241	3.170	4.483
0,4	0,3	5.611	7.935	11.222
0,5	0,4	10.960	15.500	21.920
0,6	0,5	18.700	26.446	37.401
0,7	0,6	29.107	41.164	58.215
0,8	0,7	42.362	59.908	84.724
0,9	0,8	58.789	83.141	117.579
1,0	0,9	78.792	111.429	157.584

Tipo de curva	Curva a menos de 2m da saída da calha	Curva entre 2 e 4m da saída da calha
Canto reto	1,2	1,1
Canto arredondado	1,1	1,05

Tabela 3.6.2.2 - Coeficientes multiplicativos da vazão de projeto

A Tabela a seguir foi elaborada adotando-se o raciocínio anterior. Nela é possível se estabelecer as dimensões **a** e **b** de uma calha de seção retangular a partir do cálculo da vazão da chuva, dada pela fórmula: $Q(l/mim) = A (m^2) \times I (mm/h) / 60$, para diferentes declividades.

Tabela 3.16

Vazões em l/min em calhas retangulares de concreto liso, lâmina d'água e meia altura

Dimensão(m)		Declividade		
a	b	0.50%	1%	2%
0,2	0,1	512	724	1.024
0,3	0,2	2.241	3.170	4.483
0,4	0,3	5.611	7.935	11.222
0,5	0,4	10.960	15.500	21.920
0,6	0,5	18.700	26.446	37.401
0,7	0,6	29.107	41.164	58.215
0,8	0,7	42.362	59.908	84.724
0,9	0,8	58.789	83.141	117.579
1,0	0,9	78.792	111.429	157.584

Tabela 3.6.2.3 – Vazões em l/mim em calhas retangulares de concreto liso, lâmina d'água a meia altura

3.6.3 Dimensionamento dos condutores verticais

Definidas as dimensões das calhas, passam a ser estudados os condutores verticais. Para o dimensionamento dos condutores a NBR 10844/89 estabelece critérios para sua escolha. Como são peças verticais, seu dimensionamento não pode ser feito pelas fórmulas do escoamento em canal.

Assim sendo, a NBR apresenta ábacos, os quais podem ser utilizados considerando os seguintes fatores: entrada Q (vazão trazida pela calha que alimentará o condutor), L (altura do condutor) e H (altura da água na calha no topo do condutor).

Com esses dados escolhe-se nos ábacos o diâmetro do condutor D em (mm). São dois tipos de condutores: com aresta viva (ábaco 3.6.3.1) e com funil (ábaco 3.6.3.2).

OBS: Para utilização dos ábacos citados é importante observar que a vazão encontrada para a calha deve estar na unidade, Q em (l/min). Se a vazão da calha encontrada foi em l/seg para passar para l/min é só multiplicar por 60.

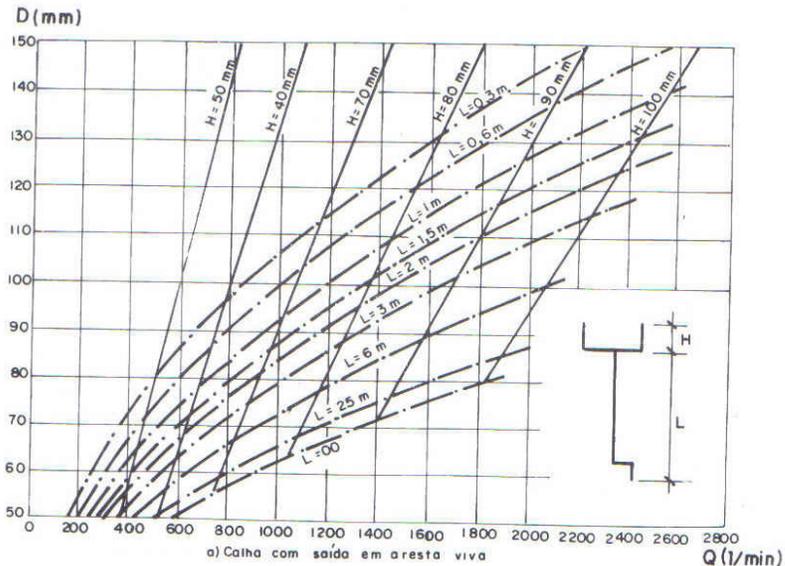


Figura 3.6.3.1 – Ábaco: Calha com saída em aresta viva

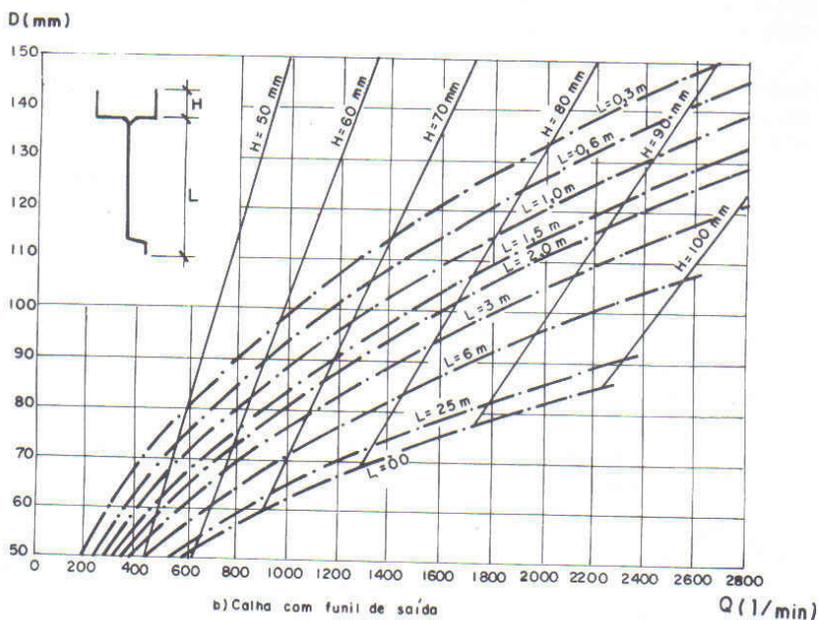


Figura 3.6.3.2 – Ábaco: Calha com saída em funil

3.6.4 Dimensionamentos dos coletores horizontais

Devem ser projetados, sempre que possível, com declividade uniforme e no mínimo de 0,5%. O dimensionamento deve ser feito para que o escoamento da lâmina da água ocupe, no máximo, 2/3 da seção interna do tubo.

Os coletores horizontais devem ser dotados de caixas de areia sempre que houver mudança de declividade e direção, ou conexão com outro coletor, ou ainda nos trechos em percursos retilíneos superiores a 20m.

A NB-611 apresenta a tabela a seguir para cálculo dos coletores horizontais a partir do cálculo da vazão da chuva, dada pela fórmula: $Q(l/min) = A (m^2) \times I (mm/h) / 60$, para diferentes declividades e coeficientes de rugosidade do coletor, em função do seu material constituinte, e altura da lâmina de água igual a 2/3 D (diâmetro).

Tabela 3.15
Capacidade de Condutores Horizontais de Seção Circular
(Vazões em l/min)

Diâmetro Interno(D) (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%
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
50	32	45	64	90	29	41	59	83	27	38	54	76
63	59	84	118	168	55	77	108	154	50	71	100	142
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	1040	339	478	674	956	313	441	622	882
150	602	847	1190	1690	552	777	1100	1550	509	717	1010	1430
200	1300	1820	2570	3650	1190	1670	2360	3350	1100	1540	2180	3040
250	2350	3370	4660	6620	2150	3030	4280	6070	1990	2800	3950	5600
300	3820	5380	7590	10800	3500	4930	6960	9870	3230	4550	6420	9110

Tabela 3.6.4.1 – Capacidade de condutores horizontais de seção circular (vazões em l/min)

CAPITULO 4:

DESTINO FINAL DOS EFLUENTES DE ESGOTOS

4.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS:

A ausência de serviços públicos de coleta e tratamento dos esgotos sanitários nas cidades brasileiras, exige a implantação de alguma forma de tratamento local, com o objetivo de evitar contaminação do solo e da água (devido a decomposição da matéria orgânica) e ao perigo à saúde pela presença de microorganismos patogênicos.

Os despejos devem ser tratados e afastados, de maneira que sejam atendidas as seguintes determinações:

- a) a) Nenhum manancial destinado ao abastecimento domiciliar corra perigo de contaminação;
- b) b) Não sejam prejudicadas as condições próprias à vida nas águas receptoras;
- c) c) Não sejam prejudicadas as condições de balneabilidade das praias ou
- d) outros locais de recreação e esporte;
- e) d) Seja evitada a poluição das águas subterrâneas;
- f) e) Seja evitada ou agravada a poluição de águas localizadas ou que atravessem núcleos de população que façam uso das mesmas;
- g) f) Não venham a ser verificados odores desagradáveis, presença de insetos e outros inconvenientes;
- h) g) Não haja poluição do solo capaz de afetar, direta ou indiretamente, pessoas e animais;
- i) h) Não sejam utilizadas as redes de galerias de águas pluviais.

Não será permitido o lançamento de águas de piscinas ou pluviais, mesmo as oriundas de terraços ou compartimentos internos, nos tanques sépticos e instalações complementares.

Deverá ser prevista caixa de gordura na saída dos efluentes da cozinha, antes dos mesmos serem encaminhados aos tanques sépticos ou a rede coletora de esgotos.

4.2 TIPOS DE TRATAMENTO LOCAIS

- Fossa séptica + disposição efluente líquido;
- Estações de tratamento do tipo compacta (diversos fabricantes);
- Lagoas de estabilização (muito eficiente e econômicas, mais precisam de grandes áreas; indicadas para grandes contribuições → bairros ou conjuntos residenciais).

Nesta publicação só será desenvolvido o tipo de tratamento em fossa séptica, seguida de unidade de disposição do efluente líquido, por ser o tipo mais utilizado nas unidades prediais.

4.3 FOSSAS SÉPTICAS

4.3.1 – NORMAS:

Em Pernambuco utiliza-se o Manual Técnico Nº 001 da CPRH – Agência Estadual de Pernambuco de Meio Ambiente.

4.3.2 – CONCEITO:

A fossa ou tanque séptico é um dispositivo de tratamento de esgotos, destinado a receber a contribuição de um ou mais domicílios e com a especificidade de dar aos esgotos um grau de tratamento compatível com sua capacidade e custos.

É uma câmara convenientemente construída para deter os despejos domésticos, por um período de tempo determinado, destinado a permitir a decantação dos sólidos e retenção dos materiais graxos, transformando-os bioquimicamente em substâncias e compostos mais simples e estáveis.

Na fossa se realiza a retenção dos esgotos, decantação, digestão e redução de volume. É um processo de tratamento de nível primário.

A capacidade mínima das fossas sépticas é de 1.250 litros e a máxima de 75.000 litros.

Devem ser encaminhados aos tanques sépticos todos os despejos domésticos oriundos de cozinhas, lavanderias domiciliares, chuveiros, lavatórios, bacias sanitárias, bidês, banheiras, mictórios e ralos de pisos de compartimentos internos.

4.3.3 – PROJETO:

A localização dos tanques sépticos, dos elementos de disposição dos efluentes (valas e sumidouros) e dos reservatórios de água enterrados no terreno de cada lote deverá ser de forma a atender as seguintes condições:

- Possibilidade de fácil ligação do coletor predial de esgoto à futura rede coletora a ser implantada na via pública;
- Facilidade de acesso, tendo em vista a necessidade de remoção do lodo digerido;
- Não comprometimento dos terrenos vizinhos, exigindo-se que os sistemas de disposição dos efluentes no terreno, quaisquer que sejam os tipos admitidos, guardem uma distância mínima de 1,0 (um) metro da divisa do lote;
- Não comprometimento da estabilidade dos prédios e das condições mínimas de higiene, exigindo-se que o sistema de disposição do efluente do tanque séptico seja construído em terreno a céu aberto, guardando distância mínima de 1,0 (um) metro de qualquer obstáculo como fundações, paredes das garagens do subsolo, depósitos subterrâneos, etc;

Os tanques sépticos devem observar as seguintes distâncias horizontais mínimas para sua instalação, sendo considerada a distância mínima a partir da face externa mais próxima aos elementos considerados:

- 1,0 m de construções, limites de terreno, sumidouros, valas de infiltração e ramal predial de água.
- 3,0 m de árvores e de qualquer ponto de rede pública de abastecimento de água.

- 15,0 m de poços freáticos.
- 5,0 m para reservatórios de água enterrados e piscinas.
- Distância mínima de 30,0 m para qualquer corpo de água, conforme Lei Federal nº 12.651/2012 (Código Florestal).

4.3.4 DIMENSIONAMENTO:

4.3.4.1 Cálculo do Volume Útil:

O cálculo do volume útil do tanque séptico é dado pelo somatório dos seguintes volumes:

$$V = V_1 + V_2 + V_3$$

Equação 4.3.4.1.1 – volume útil da fossa séptica

sendo:

$V_{1=NCT}$	$V_{2=R1N} Lf Ta$	$V_{3=R2N} Lf T_d$
-------------	-------------------	--------------------

Onde:

V_1 = volume decorrente do período de detenção dos despejos, em litros.dia.

V_2 = volume decorrente do período de armazenamento do lodo, em litros.dia.

V_3 = volume correspondente ao lodo em digestão, em litros.dia.

Onde:

N = número de contribuintes

C = contribuição dos despejos, em litros/pessoa.dia

T = período de detenção dos despejos, em dias

Ta = período de armazenamento do lodo digerido, em dias

Td = período de digestão do lodo, em dias

Lf = contribuição de lodos frescos, em litros/pessoa.dia

R1 = coeficiente de redução de volume do lodo digerido

R2 = coeficiente de redução de volume do lodo em digestão

4.3.4.2 Cálculo do Número de Contribuintes

No caso de residências unifamiliares, o cálculo de contribuintes deve se basear na seguinte fórmula:

$N = 2Q + 2$, para até 3 unidades residenciais;

$N = 2Q$, para mais de três unidades residenciais; onde:

N = número de contribuintes.

Q = número de quartos sociais.

Observação: No caso de habitação multifamiliar, cada unidade residencial será considerada individualmente, somando-se o número de contribuintes para um mesmo sistema.

4.3.4.3 – Contribuição dos Despejos (C)

O período de contribuição dos despejos no caso de prédios residenciais, hotéis, hospitais e quartéis é de 24 horas; outros tipos de prédios deve se verificar os regimes próprios de funcionamento. A Contribuição dos Despejos (C) deverá ser estabelecida de acordo com a tabela abaixo.

Prédio	Unidade	Contribuição de esgotos (C) (litros/dia)	Contribuição de lodo fresco (Lf) (litros/dia)
Ocupantes permanentes			
Hospitais	Leito	250	1
Apartamentos	Pessoa	200	1
Residências	Pessoa	150	1
Escolas - Internatos	Pessoa	150	1
Casas Populares - Rurais	Pessoa	120	1
Hoteis (sem lavanderia e cozinha)	Pessoa	120	1
Aljamento provisório	Pessoa	80	1
Ocupantes temporários			
Fábrica em geral	Operário	70	0,30
Escritório	Pessoa	50	0,20
Edifícios públicos ou comerciais	Pessoa	50	0,20
Escolas externatos	Pessoa	50	0,20
Restaurantes e similares	Refeição	25	0,10
Cinemas, teatros e templos	Lugar	2	0,02

Tabela 4.3.4.3.1 – Contribuições unitárias de esgotos (C) e de lodo fresco (Lf) por tipo de prédio e de ocupantes.

4.3.4.4 – Período de Detenção dos Despejos (T)

O Período de Detenção dos Despejos (T) deverá ser estabelecido de acordo com a tabela abaixo.

Contribuição diária (litros/dia)	Tempo de Detenção (T)	
	dias	horas
até a 6000	1	24
6000 a 7000	0,875	21
7000 a 8000	0,79	19
8000 a 9000	0,75	18
9000 a 10.000	0,71	17
10.000 a 11000	0,67	16
11.000 a 12.000	0,625	15
12.000 a 13.000	0,585	14
13.000 a 14.000	0,54	13
maior que 14.000	0,50	12

Tabela 4.3.4.4.1 – Tempo de Detenção

4.3.4.5 – Contribuição de Lodos Frescos (Lf)

A Contribuição de Lodos Frescos (Lf) deverá ser estabelecida de acordo com a Tabela 4.3.4.3.1, apresentada no item 4.3.4.3

4.3.4.6 – Coeficiente de Redução de Volume do Lodo Digerido (R1)

Deverá ser adotado o valor $R1=0,25$, devido à digestão e adensamento do lodo.

4.3.4.7 – Coeficiente de Redução de Volume do Lodo em Digestão (R2)

Deverá ser adotado o valor $R2=0,50$, devido à digestão e adensamento do lodo.

4.3.4.8 – Período de Armazenamento do Lodo Digerido (T_a)

Deverá ser adotado o período de 10 (dez) meses, que corresponde a 300 dias.

4.3.4.9 – Período de Digestão do Lodo (T_d)

Deverá ser adotado o período de 30 (trinta) dias, para uma temperatura média de 27 graus, no estado de Pernambuco.

4.3.4.10 - Geometria dos Tanques Sépticos

Os tanques sépticos podem ter seções cilíndricas ou prismáticas. Os cilíndricos são utilizados quando se pretende minimizar a área em favor da profundidade. Já os prismáticos, nos casos de priorizar maiores áreas e menores profundidades.

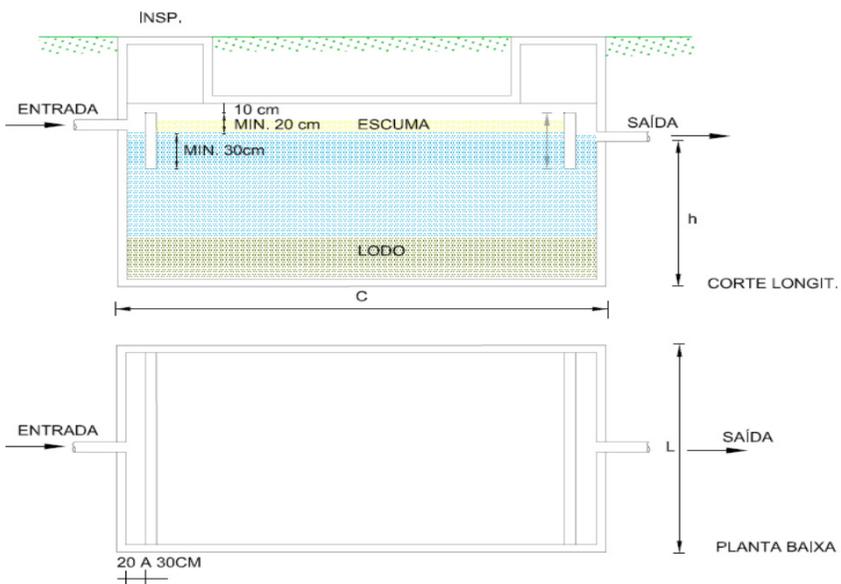


Figura 4.3.4.10 – geometria dos Tanques Sépticos

Os tanques sépticos de forma cilíndrica deverão obedecer às seguintes condições:

- Diâmetro interno mínimo (D) = 1,10 m.
- Profundidade útil mínima (h) = 1,20 m.
- O diâmetro interno (D) não deverá ser superior a duas vezes a profundidade útil (h).

Os tanques sépticos de forma prismática retangular deverão obedecer às seguintes condições:

- Largura interna mínima (L) = 0,70 m.
- Relação entre o comprimento e largura: $4 \geq \frac{\text{Comprimento (C)}}{\text{Largura (L)}} \geq 2$
- Profundidade útil (h) mínima = 1,20 m.
- Profundidade útil (h) máxima = 2,50 m.
- Inclinação do Fundo:
- Contribuição diária ≤ 6.000 l \rightarrow Fundo plano
- Contribuição diária > 6.000 l \rightarrow Fundo com inclinação 1:3

Os tanques sépticos de forma prismática retangular deverão ainda obedecer aos seguintes detalhes construtivos:

- a) A geratriz inferior do tubo de entrada dos despejos no interior do tanque deverá estar 0,05m acima da superfície do líquido;
- b) A geratriz inferior do tubo de saída dos efluentes deverá estar 0,05m abaixo da geratriz inferior do tubo de entrada;
- c) As chicanas ou cortinas deverão ocupar toda largura da câmara de decantação, afastadas 0,20 a 0,30m da parede de entrada e de saída dos efluentes, imersas no mínimo 0,30m e no máximo 0,50m, enquanto a parte emersa terá, no mínimo, 0,20 m e ficará distante, no mínimo, 0,10 m da laje superior do tanque;
- d) Deve ser reservado um espaço para armazenamento e digestão da espuma, determinado por toda superfície livre do líquido no interior do tanque e, no mínimo, com 0,20 m de altura acima da geratriz inferior do tubo de entrada;

- e) Para fins de inspeção e eventual remoção do lodo digerido, deverão os tanques sépticos possuir, na laje de cobertura, entradas dotadas de tampas de fechamento hermético, cuja menor dimensão em seção será de 0,60 m e as aberturas de inspeção deverão ficar no nível do terreno. Quando a laje de cobertura estiver abaixo desse nível, devem ser necessárias construções de chaminés de acesso com diâmetro mínimo de 0,60 m;
- f) Os tanques com mais de 4 (quatro) metros de comprimento devem ter 2 (duas) tampas de inspeção, localizadas acima da chicana de entrada e imediatamente antes da chicana de saída, enquanto os tanques com até 4 (quatro) metros podem possuir apenas 1 (uma) tampa de inspeção, localizada no centro da laje de cobertura;
- g) Os tanques sépticos com capacidade para atendimento de contribuição diária superior a 6.000 (seis mil) litros devem ter a laje superior de fundo com uma inclinação mínima de 1:3, no sentido transversal, das paredes laterais para o centro do tanque séptico.

4.4 DISPOSIÇÕES DO EFLUENTE LÍQUIDO DA FOSSA

A Fossa Séptica não “purifica” os esgotos, apenas reduz carga orgânica. No processo de decomposição que se realiza na fossa o afluente escuro, com odor característico devido à presença de gás sulfídrico e bactérias presentes em grande quantidade, se torna mais claro, com menor carga orgânica e menor quantidade de elementos patogênicos; em decorrência do processo de decomposição que acontece no interior da fossa séptica.

A disposição final do efluente da fossa séptica pode ser feita:

- a) no solo:
 - através de valas de infiltração valas de infiltração – ver **Figura 4.4.1**
 - através de sumidouros – ver **Figura 4.4.2**
- b) em águas de superfície – quando a vazão do corpo receptor é 40 vezes maior que vazão da fossa;

- através de valas de filtração, que não será apresentada nesta publicação, pois não é permitida no estado de Pernambuco;
- através de filtro anaeróbio – ver **Figura 4.4.3**

A seleção do processo a ser adotado depende:

- da natureza e utilização do solo;
- profundidade do lençol freático, que não deve ser atingido;
- grau de permeabilidade do solo;
- da distância de utilização e localização da fonte d'água do sub-solo para consumo humano;
- do volume e taxa de renovação das águas de superfície.

4.4.1 - VALAS DE INFILTRAÇÃO

É o processo de tratamento/disposição final do esgoto, que consiste na percolação do mesmo no solo, onde ocorre a depuração devido aos processos físicos (retenção de sólidos) e bioquímicos (oxidação). Como utiliza o solo como meio filtrante, seu desempenho depende grandemente das características do solo, assim como do seu grau de saturação por água.

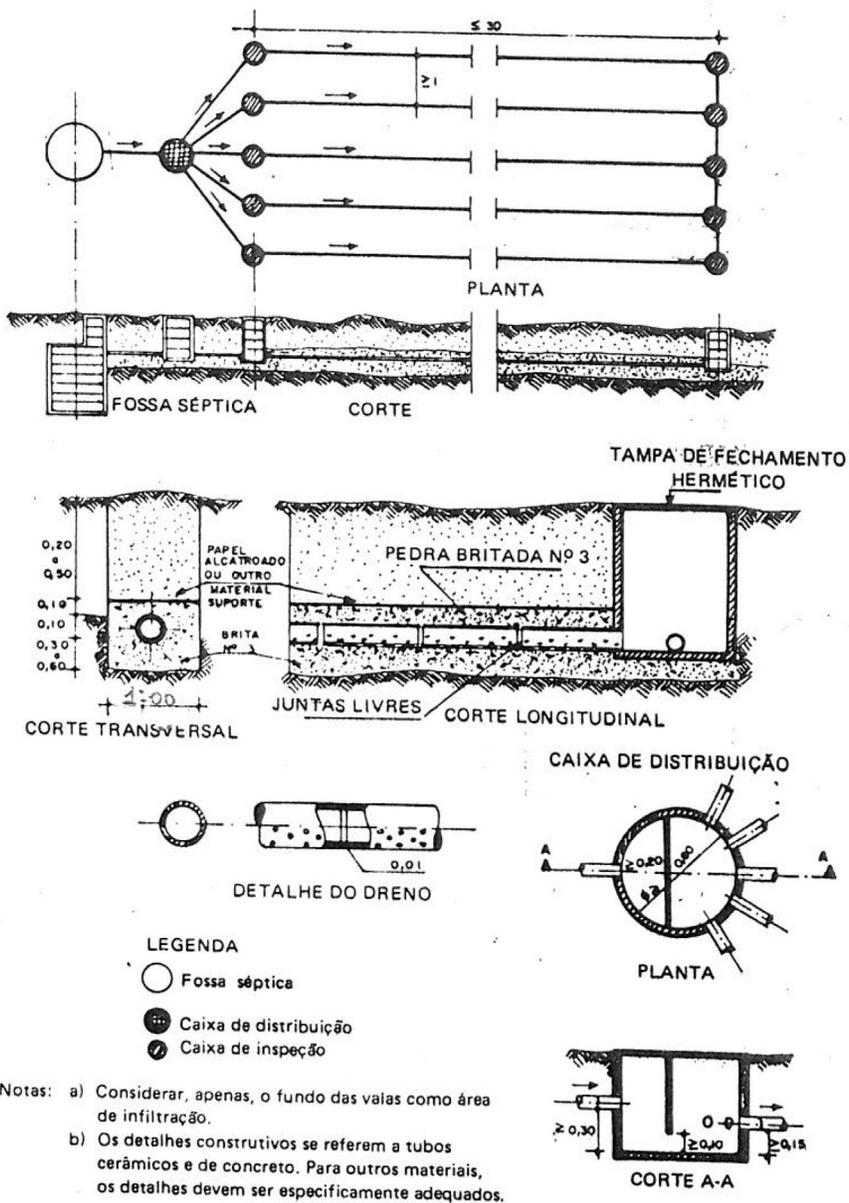


Figura 4.4.1 – geometria das Valas de Infiltração

4.4.1.1 Dimensionamento:

O cálculo da área necessária para disposição do efluente do tanque séptico no solo, através de valas de infiltração, é a mesma que será utilizada para sumidouro, e é dada pela seguinte expressão:

$$A_{\text{absorção}} = C \times N$$

Equação 4.4.1.1.1 – área de absorção

onde:

$T_{\text{absorção}}$
 $A_{\text{absorção}}$ é a área de absorção necessária para percolação no solo do efluente através das valas de infiltração ou do sumidouro, sendo:

N = número de contribuintes;

C = contribuição per capita;

$T_{\text{absorção}}$ = taxa de absorção (percolação) do solo - ver **Tabela 4.4.1.1**

Faixa	Constituição provável do solo	Coef. Infiltração l/m ² .dia
1	Rochas, argilas compactadas de cor branca, cinza ou preta, variando a rochas alteradas e argilas medianamente compactas de cor avermelhada.	Menor que 20
2	Argilas de cor amarela, vermelha ou marrom, medianamente compacta, variando a argilas pouco siltosas e/ou arenosas.	20 a 40
3	Argilas arenosas e/ou siltosa, variando a areia argilosa ou silte argiloso de cor amarela, vermelha ou marrom.	40 a 60
4	Areia ou silte pouco argiloso ou solo arenoso com humos e turfas, variando a solos constituídos predominantemente de areias e siltes.	60 a 90
5	Areia bem selecionada e limpa, variando a areia grossa com cascalhos.	maior que 90

Tabela 4.4.1.1 – Taxa de Absorção dos principais tipos de solo.

No caso das Valas de Infiltração, para efeito de cálculo da área de absorção, deve ser considerada a superfície de fundo situada no nível inferior ao tubo de distribuição do efluente. Já no caso de Sumidouro, para o cálculo da área de absorção, deve ser considerada a superfície de fundo e a área das paredes laterais correspondente à profundidade útil.

A disposição de efluentes por valas de infiltração consiste em distribuir o efluente no terreno, através de tubulação adequada e convenientemente instalada, devendo ser observado o seguinte:

- a) As valas deverão ser escavadas com profundidades entre 0,40 m e 0,90 m, com largura de 0,50 m a 1,00 m, onde serão assentados tubos furados de diâmetro mínimo de 100 mm, com juntas livres, espaçados de 0,01m, recobertos na parte superior com plástico laminado;
- b) A tubulação mencionada na alínea anterior deverá ser envolvida com uma camada de pedra britada nº 25 ou nº 38, sobre a qual deverá ser colocado plástico laminado ou material similar, antes de ser efetuado o enchimento do restante da vala com terra vegetal;
- c) A declividade da tubulação deverá ser de 0,2 a 0,3%;
- d) Deverá haver pelo menos duas valas de infiltração para disposição de efluentes de tanques sépticos, não podendo qualquer uma delas ter área de absorção maior que $\frac{2}{3}$ da área total necessária.
- e) O comprimento máximo das valas de infiltração deve ser de 30,0 (trinta) metros;
- f) A distância em planta, dos eixos centrais das valas de infiltração paralelas, não deve ser inferior a 2,0 (dois) metros;
- g) O comprimento e a largura das valas de infiltração serão determinados em função da contribuição diária ($N \times C$) e da capacidade de absorção do terreno, devendo ser considerada como superfície útil de absorção, a do fundo da vala;
- h) Deverá ser mantida uma distância horizontal mínima de 15,0 (quinze) metros de poços e de 30,0 (trinta) metros para qualquer manancial utilizados para captação de água, como também uma distancia mínima de 5,0 (cinco) metros de piscinas e reservatórios de água enterrados;

- i) O efluente do tanque séptico deverá ser distribuído entre as valas de infiltração, através de tubulação nivelada com junta vedada.
- j) O fundo da vala deverá ficar a uma distância mínima de 1,0 (um) metro do nível máximo do lençol freático;
- k) O fundo, assim como as paredes laterais das valas de infiltração, não deverá sofrer qualquer compactação durante a sua construção. Caso ocorra involuntariamente, as valas deverão passar por um processo de escarificação, até uma profundidade de 0,10m a 0,20m antes da colocação do material suporte do tubo de distribuição do efluente;
- l) Nos locais onde o terreno tem inclinação acentuada, como nas encostas e morros, as valas devem ser instaladas acompanhando as curvas de nível, e modo a manter a declividade das tubulações, devendo possuir um sistema de drenagem das águas pluviais, para não permitir a erosão da vala ou ingresso de águas de chuvas nas mesmas;
- m) Não será permitido o plantio de árvores próximo às valas, para que as suas raízes não venham a danificá-las.

4.4.2 Sumidouro

O sumidouro é um tipo de unidade de depuração e disposição final do efluente de tanque séptico, de natureza prismática quando comparada à vala de infiltração. Para o cálculo da área de absorção, adota-se o mesmo critério da vala de infiltração. No entanto, sendo o sumidouro uma unidade prismática, no cálculo da área de absorção deve ser considerada a altura útil do sumidouro, para estimativa da área vertical interna (área das paredes laterais), acrescida da superfície do fundo.

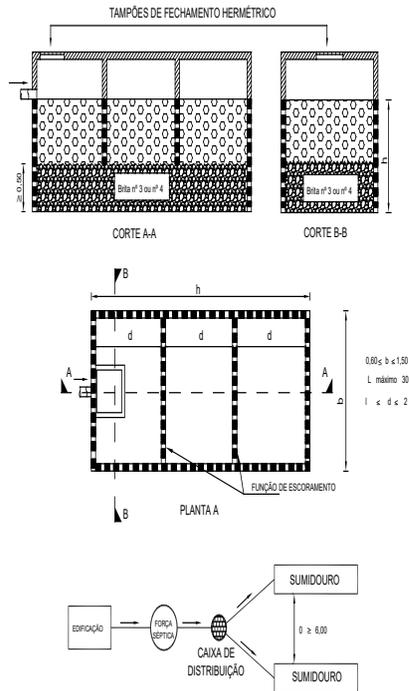


Figura 4.4.2 – geometria dos Sumidouros

A disposição do efluente de tanque séptico em camadas subterrâneas do solo consiste em distribuir os efluentes em sumidouros, devendo, na sua construção, ser observado o seguinte:

- Os sumidouros deverão ter o fundo em terreno natural e as paredes em alvenaria de tijolos assentes com juntas verticais livres ou de anéis premoldados de concreto convenientemente perfurados. As paredes serão contornadas externamente por uma camada de pedra (brita 50) e o fundo recoberto por uma camada de 0,10 m de altura da mesma pedra;
- As lajes de cobertura dos sumidouros serão de concreto armado, dotadas de abertura de inspeção ao nível do terreno e devem possuir tampa de fechamento hermético, cuja menor dimensão será 0,60 m;

- c) As dimensões dos sumidouros serão determinadas em função da contribuição diária ($C \times N$) e da capacidade de absorção do terreno, devendo ser considerada como superfície útil de absorção, a do fundo e das paredes laterais, até o nível de entrada do efluente no tanque;
- d) Os sumidouros deverão resguardar uma distancia mínima de 1,0 (um) metro entre o fundo e o nível máximo do lençol freático;
- e) Os sumidouros de forma retangular terão um comprimento máximo de 30,00 m e largura mínima de 0,60 m e máxima de 1,50 m;
- f) O espaçamento mínimo entre dois sumidouros retangulares é de 3 vezes sua largura ou de 2 vezes sua altura útil, adotando-se sempre o maior valor;
- g) O espaçamento mínimo entre sumidouros de forma circular é de 3 vezes o seu diâmetro e nunca menor que 6,00 metros;
- h) No caso de habitação multifamiliar ou de uso público, será sempre exigida a construção de, no mínimo, dois sumidouros não interligados, não podendo qualquer um deles possuir área de absorção maior que $2/3$ da área total necessária.

4.4.3 Filtro Anaeróbio de fluxo ascendente com leito fixo

O filtro anaeróbio consiste em um reator biológico, onde o esgoto é depurado por meio de microorganismos anaeróbios, dispersos tanto no espaço vazio do reator, quanto nas superfícies do meio filtrante, sendo este utilizado mais para retenção de sólidos.

O efluente do filtro anaeróbio é sempre lançado num corpo receptor (rio, canal, lagoa, açude, ou no mar) sendo proibido, no Estado de Pernambuco seu lançamento no sistema de galerias.

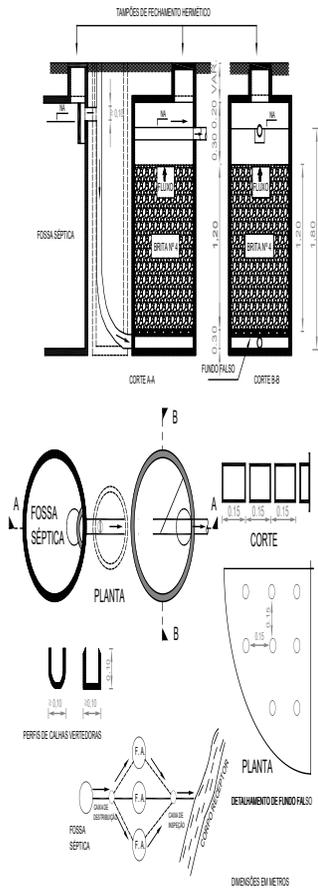


Figura 4.4.3 – geometria dos Filtros Anaeróbios

4.4.3.1 Dimensionamento

O cálculo do volume útil do filtro anaeróbio é dado pela seguinte expressão:

$$V_u = 1,6 N.C.T$$

Equação 4.4.3.1.1 – volume útil do filtro anaeróbio

onde:

V_u = volume útil do filtro, em litros;

N = números de contribuintes;

C = contribuição de despejos, em litros/dia

T = tempo de detenção hidráulico, em dias (conforme **Tabela**

4.3.4.4.1);

Quanto à seção horizontal do filtro, a expressão é a seguinte:

S = seção horizontal, em metros quadrados (m^2);

H = profundidade útil do filtro: 1,80 m.

Considerações gerais:

- O leito filtrante deve ter altura (h) igual a 1,20 m, que é constante para qualquer volume obtido no dimensionamento;
- A profundidade útil (H) do filtro anaeróbio é de 1,80 m para qualquer volume de dimensionamento;
- O diâmetro (d) mínimo é de 0,95 ou a largura (L) mínima de 0,85 m;
- O diâmetro (d) máximo e a largura (L) não devem exceder a três vezes a profundidade útil (H);
- O volume útil mínimo é de 1.250 litros;
- A carga hidrostática mínima no filtro é de 1 kPa (0,10 m). Portanto, o nível de saída do efluente do filtro deve estar a 0,10m abaixo do nível do tanque séptico;
- O fundo falso deve ter aberturas de 0,03 m, espaçadas de 0,15 m entre si;

- O dispositivo de passagem do tanque séptico para o filtro pode constar de Tê, tubo e curva de máximo DN 100 ou de caixa de distribuição quando houver mais de um filtro;
- O dispositivo de saída deve consistir de vertedor tipo calha, com 0,10 m de largura e comprimento igual ao diâmetro (ou largura) do filtro. Deve passar pelo centro da seção e situar-se em cota que mantenha o nível do efluente a 0,30 m do topo do leito filtrante;
- O fundo falso utilizado nos filtros anaeróbios poderá ser substituído por outro dispositivo que tenha a mesma finalidade da placa, ou seja, distribuir uniformemente o efluente no interior do filtro, desde que sua concepção seja aprovada pela CPRH.

BIBLIOGRAFIA

BATISTA, Paula Cristina de Souza - **Medição e Controle de Consumo de Água em Instalações Prediais** – Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Controle e Automação da Universidade Federal de Ouro, Orientador: Luiz F. Rispoli Alves - Escola de Minas – UFOP - Abril/2013.

BORGES, Ruth Silveira e Wellington Luiz – **Manual de Instalações Prediais Hidráulico-Sanitárias e de Gás**, 3ª edição, 1989.

BOTELHO, Manoel Henrique Campos e Geraldo de Andrade Ribeiro Jr. – **Instalações Hidráulicas Prediais Feitas Para Durar Usando Tubos d PVC**, 3ª edição, Editora Blucher, 2010.

CAGECE, Companhia de Água e Esgoto do Ceará – Disponível em: <<http://www.cagece.com.br>> Acesso em 23 Mar. 2014.

CARVALHO, Daniel Fonseca de - **Hidráulica Aplicada** – Disponível em: <<http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/daniel/Downloads/Material/Graduacao/IT%20144/Cap%207%202011%202.pdf>> Acesso em Mar. 2014.

COELHO, Adalberto Cavalcanti – **Medição Individualizada de Apartamentos**, Recife – Disponível em: <http://www.lenhs.ct.ufpb.br/html/downloads/serea/trabalhos/A17_25.pdf> Acesso em Set. 2013.

COELHO, Adalberto Cavalcanti – **Medição Individualizada de Apartamentos**, Recife – Editora COMUNICARTE, 1996.

CREDER, Hélio 1926-2005 (2012) – **Instalações Hidráulicas e Sanitárias / Hélio Creder**. 6. Ed. – [Reimpr.] – Rio de Janeiro: LTC, 466p.

HIDROLUZ, Grupo. Disponível em: <http://www.hidroluz.com.br/Main/servicos/medicao_individualizada.aspx> Acesso em: 23 Mar. 2014.

MACINTYRE, Archibald Joseph – **Instalações Hidráulicas - Prediais e Indústrias**, 4ª edição, Livros Técnicos e Científicos S. A., 2010.

PEXDOBRASIL, Disponível em: <<http://www.pexdobrasil.com.br/index2.htm>> Acesso em 08/2010

VASCONCELOS, Ronald F. A.e MELO, Marcos J. Vieira de. **Notas de Aula da Disciplina Instalações Hidrosanitárias**. Recife, Departamento de Arquitetura e Urbanismo da UFPE, 2005.

TOMAZ, Plínio - **Previsão de Consumo de Água** – Disponível em: <<http://www.pliniotomaz.com.br/>> Acesso em 23 Mar. 2014.

Livro-Texto

A Pró-Reitoria Acadêmica (Proacad) e a Editora da UFPE, apresentam a obra *Introdução ao Projeto das Instalações Hidráulicas e Sanitárias: Arquitetura e Urbanismo - UFPE*, organizada pelos professores Marcos José Vieira de Melo e Ronald Fernando Albuquerque Vasconcelos, editado pelo Programa Livro-Texto.

Esta Coleção publica o material produzido pelos professores da UFPE. Trata-se de uma proposta que visa à publicação de exemplares de qualidade acadêmica a um baixo custo de aquisição para o aluno, além de dar a possibilidade concreta de publicação para o professor. Estimula, ainda, o docente a produzir seu próprio material, oportunizando correções e atualizações em cada nova impressão. O padrão de cores utilizado nas capas identifica a área do conhecimento e, conseqüentemente, o Centro Acadêmico onde a disciplina é ministrada: laranja para Humanas, verde para Saúde e azul para Exatas.

Espera-se que os alunos, incentivados pelas publicações adequadas aos programas das disciplinas que vêm estudando, criem o hábito de adquirir livros e construam, progressivamente, – como estudantes e futuros profissionais – suas bibliotecas particulares.

Como Editora, ressalto o empenho da Administração Central, da Proacad e da Comissão Editorial, que, criteriosamente, avançaram nesse nível de produção.