

Texto Técnico

Escola Politécnica da USP

Departamento de Engenharia de Construção Civil

TT/PCC/08

**Sistemas
Prediais de
Água Fria**

**Marina Sangoi de Oliveira Ilha
Orestes Marraccini Gonçalves**

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Departamento de Engenharia de Construção Civil
Texto Técnico - Série TT/PCC

Diretor: Prof. Dr. Francisco Romeu Landi
Vice-Diretor: Prof. Dr. Antonio M. A. Massola
Chefe do Departamento: Prof. Dr. Vahan Agopyan
Suplente: Prof. Dr. Alex Kenya Abiko

O Texto Técnico é uma publicação da Escola Politécnica da USP/Departamento de Engenharia de Construção Civil, destinada a alunos dos cursos de Graduação

Ilha, Marina Sangoi de Oliveira
Sistemas prediais de água fria / M.S. de O. Ilha,
O.M. Gonçalves. -- São Paulo : EPUSP, 1994.
106p. -- (Texto Técnico/Escola Politécnica da
USP. Departamento de Engenharia de Construção Civil,
TT/PCC/08)

1. Instalações hidráulicas e sanitárias I. Gon-
çalves, Orestes Marraccini II. Universidade de São
Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenha-
ria de Construção Civil III. Título IV. Série

CDU 628.6

SISTEMAS PREDIAIS DE ÁGUA FRIA

Eng^a. Marina S. de Oliveira Ilha*
Eng. Orestes M. Gonçalves**

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

Departamento de Engenharia de Construção Civil

O projeto dos sistemas prediais de água fria deve ser feito de forma a garantir que a água chegue em todos os pontos de consumo, sempre que necessário, em quantidade e qualidade adequadas ao uso. Além disso, deve permitir a rastreabilidade e acessibilidade ao sistema em caso de manutenção.

Dentro desse contexto, neste trabalho são abordados os principais aspectos relacionados com o projeto dos sistemas prediais de água fria, ressaltando as recomendações contidas na Norma Brasileira NBR-5626/95 - "Instalações Prediais de Água Fria".

Primeiramente, são apresentados os principais tipos de sistemas prediais de água fria, com as condições que determinam a sua aplicabilidade, tanto a nível técnico como de legislação.

Em seguida, são discutidos os elementos básicos que devem constituir a documentação do projeto.

Por último, são relacionados as principais etapas que constituem o dimensionamento dos sistemas prediais de água fria, bem como as recomendações no que se refere aos materiais e componentes a serem especificados.

* Professora do Departamento de Hidráulica e Saneamento da Faculdade de Engenharia Civil da UNICAMP, Doutora em Engenharia Civil

** Professor do Departamento de Engenharia de Construção Civil da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Doutor em Engenharia Civil.

SUMÁRIO

1. OS SISTEMAS SANITÁRIOS PREDIAIS	04
2. ELEMENTOS DO SISTEMA PREDIAL DE ÁGUA FRIA.....	06
3. CLASSIFICAÇÃO DOS SISTEMAS PREDIAIS DE ÁGUA FRIA	08
3.1 SISTEMA DIRETO	08
3.1.1 Sistema Direto sem Bombeamento	08
3.1.2 Sistema Direto com Bombeamento	09
3.1.3 Comentários	10
3.2 SISTEMA INDIRETO	11
3.2.1 Sistema Indireto por Gravidade	11
3.2.1.1 Sistema Indireto RS	12
3.2.1.2 Sistema Indireto com Bombeamento	13
3.2.1.3 Sistema Indireto RI-RS	14
3.2.1.4 Comentários	15
3.2.2 Sistema Indireto Hidropneumático	16
3.2.2.1 Sistema Indireto Hidropneumático sem Bombeamento	16
3.2.2.2 Sistema Indireto Hidropneumático com Bombeamento	17
3.2.2.3 Sistema Hidropneumático	17
4. ESCOLHA DO SISTEMA A SER UTILIZADO	19
4.1 CONDIÇÕES GERAIS	19
4.2 ESCOLHA DO SISTEMA	20
5. SISTEMA PREDIAL DE ÁGUA FRIA COM REDUÇÃO DE PRESSÃO	25
6. PROJETO DO SISTEMA PREDIAL DE ÁGUA FRIA	27
7. DIMENSIONAMENTO DOS COMPONENTES DO SISTEMA PREDIAL DE ÁGUA FRIA	29
7.1 SISTEMA DE ABASTECIMENTO/RESERVAÇÃO	29
7.1.1 Sistema Direto	29
7.1.2 Sistema indireto	29
7.1.2.1 Sistema Indireto com RS	29
7.1.2.2 Sistema Indireto com RI e RS	36
7.2 SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO	49
7.2.1 Vazão	50
7.2.2 Velocidade	55
7.2.3 Pressão	55
7.2.4 Pré-dimensionamento.....	56

7.2.5 Perda de Carga	58
7.2.6 Verificação das Pressões Mínimas Necessárias	59
8. MATERIAIS E COMPONENTES DO SISTEMA PREDIAL DE ÁGUA FRIA ...	59
8.1 TUBOS E CONEXÕES	59
8.1.1 Cloreto de Polivinila (PVC rígido) ...	59
8.1.2 Aço Carbono	60
8.1.3 Cobre	62
8.1.4 Comentários	63
8.2 VÁLVULAS	65
8.2.1 Válvula de Gaveta	65
8.2.2 Válvula Globo	66
8.2.3 Válvula de Retenção	68
8.2.4 Válvula Redutora de Pressão	69
8.2.5 Válvula Bóia	71
8.3 APARELHOS SANITÁRIOS	71
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	73
10. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA	74
AGRADECIMENTOS	74
ANEXOS:	
ANEXO 1 - PROJETO DO SISTEMA PREDIAL DE ÁGUA FRIA - SIMBOLOGIA E ELEMENTOS BÁSICOS	75
ANEXO 2 - FUNDAMENTOS DE MECÂNICA DOS FLUIDOS APLICADOS AO DIMENSIONAMENTO DE CONDUTOS FORÇADOS	83
ANEXO 3 - PLANILHAS PARA O DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA FRIA	103
ANEXO 4 - ALTURAS DOS PONTOS DE ALIMENTAÇÃO DOS APARELHOS SANITÁRIOS.....	105

1 OS SISTEMAS SANITÁRIOS PREDIAIS

Segundo conclusões da comissão de trabalho do CIB, o edifício é constituído de subsistemas inter-relacionados, classificados de acordo com suas funções, conforme ilustra a tabela 1.

Tabela 1 - Classificação dos subsistemas do edifício segundo norma ISSO/DP6241 (extraído de CIB - Publication 64).

<u>SUBSISTEMAS</u>	
ESTRUTURA:	<ul style="list-style-type: none">• FUNDAÇÕES• SUPERESTRUTURA
ENVOLTÓRIA EXTERNA:	<ul style="list-style-type: none">• SOB NÍVEL DO SOLO• SOBRE NÍVEL DO SOLO
DIVISÕES DE ESPAÇOS EXTERNOS:	<ul style="list-style-type: none">• VERTICAIS• HORIZONTAIS• ESCADAS
DIVISORES DE ESPAÇOS INTERNOS:	<ul style="list-style-type: none">• VERTICAIS• HORIZONTAIS• ESCADAS
SERVIÇOS:	<ul style="list-style-type: none">• SUPRIMENTO E DISPOSIÇÃO DE ÁGUA• CONTROLE TÉRMICO E VENTILAÇÃO• SUPRIMENTO DE GÁS• SUPRIMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA• TELECOMUNICAÇÕES• TRANSPORTE MECÂNICO• TRANSPORTE PNEUMÁTICO E POR GRAVIDADE• SEGURANÇA E PROTEÇÃO

Ao projetar cada subsistema é indispensável considerar as diversas interações com os demais subsistemas, de tal forma que o produto final apresente a harmonia funcional solicitada pelo usuário. Segundo GRAÇA (1985), a harmonia funcional é a inter-relação entre os subsistemas visando o adequado relacionamento Homem - Edifício - Meio Ambiente.

Os sistemas sanitários prediais, conforme vê - se na figura 1, podem ser divididos em:

- sistema de suprimento:
- água fria;
- água quente;
- sistema de equipamento/aparelho sanitário
- sistema de esgotos sanitários

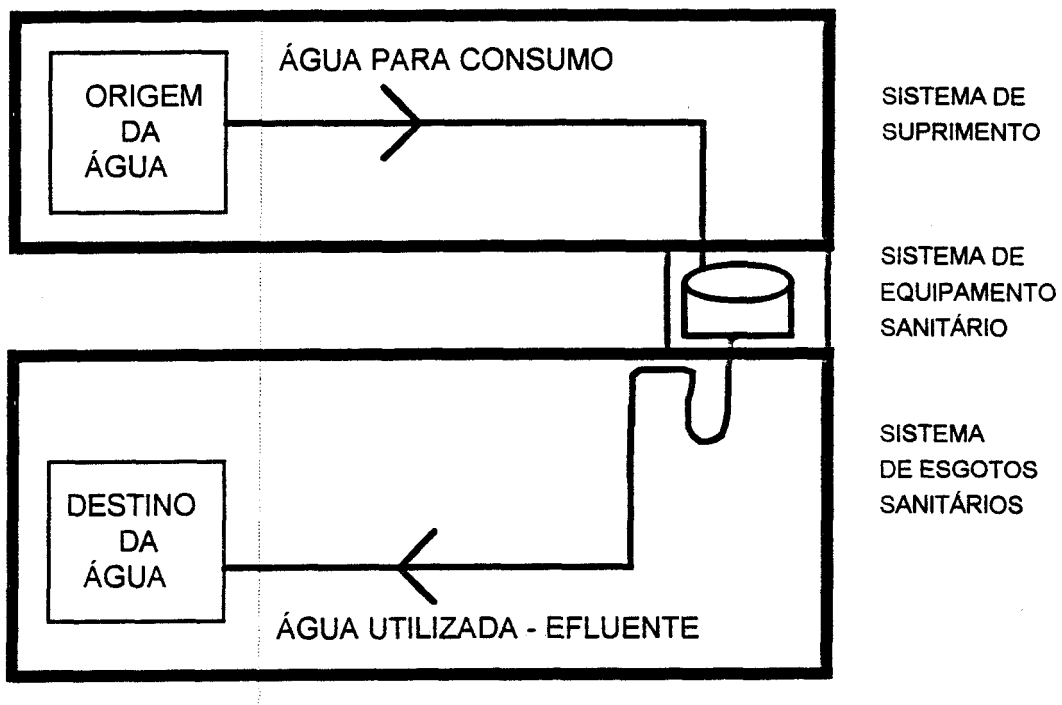


Figura 1 - Sistemas sanitários prediais.

2 ELEMENTOS DO SISTEMA PREDIAL DE AGUA FRIA

A captação de água para o sistema predial pode ser feita por meio da rede pública ou então a partir de fontes particulares.

Se a captação de água for feita a partir de uma fonte particular, deve ser previsto um sistema de tratamento, a fim de se garantir a qualidade da água para uso humano.

De qualquer forma, caso exista rede urbana, as fontes particulares podem ser utilizadas para outras finalidades, tais como combate a incêndio, lavagem de pisos, uso industrial, entre outros.

Considerando-se a captação a partir da rede pública, os sistemas prediais de água fria podem ser divididos em dois sub-sistemas básicos:

- abastecimento (com a instalação elevatória);
- distribuição.

O abastecimento de água é feito por meio de uma ligação predial, que compreende:

- Ramal predial propriamente dito, ou ramal externo: É o trecho compreendido entre a rede pública e o aparelho medidor (hidrômetro).
- Alimentador predial ou ramal interno de alimentação: É o trecho compreendido entre o hidrômetro e a primeira derivação, ou até a válvula de flutuador ("válvula de bóia") na entrada de um reservatório.

Se o sistema possuir reservatório inferior, conforme será visto na seqüência, deve ser prevista uma instalação elevatória, constituída por dois conjuntos moto-bomba, válvulas para operação e manutenção, entre outros.

A distribuição compreende os elementos que levam a água desde a instalação elevatória, ou desde o reservatório, caso esta última seja desnecessária, até os pontos de consumo (ou pegas de utilização).

Na figura 2 são apresentados, de forma esquemática, os elementos do sistema predial de água fria descritos acima.

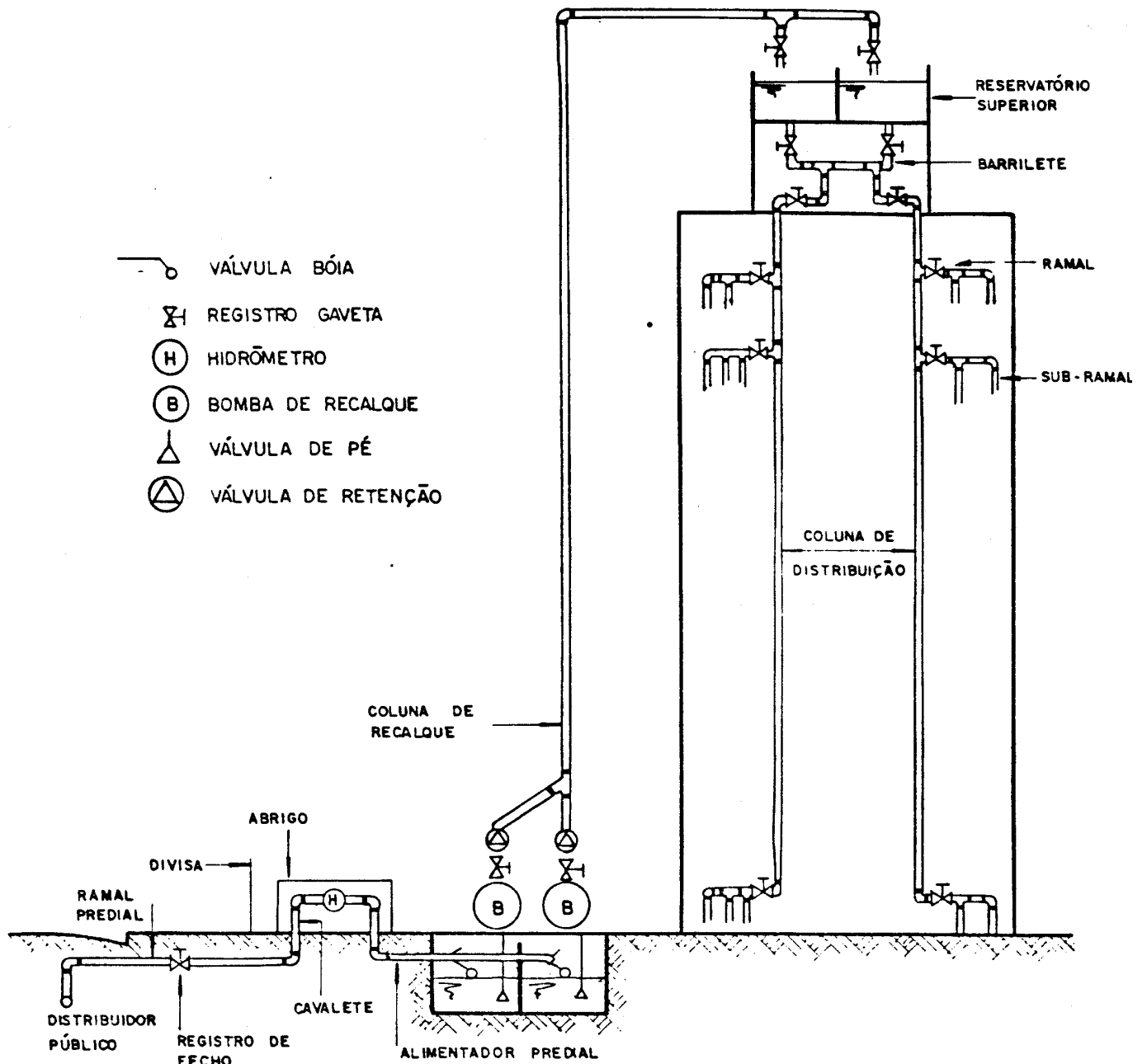


Figura 2 - Sistema predial de água fria.

3 CLASSIFICAÇÃO DOS SISTEMAS

3.1 Sistema Direto

No sistema direto, as peças de utilização do edifício estão ligadas diretamente aos elementos que constituem o abastecimento, ou seja, a instalação é a própria rede de distribuição.

Conforme as condições de pressão e vazão da rede pública, tendo em vista as solicitações do sistema predial, o sistema direto pode ser sem bombeamento ou com bombeamento.

3.1.1 Sistema Direto sem Bombeamento

Neste caso, é o sistema de abastecimento que deve oferecer condições de vazão, pressão e continuidade suficientes para o esperado desempenho da instalação. Este sistema encontra-se detalhado na figura 3.

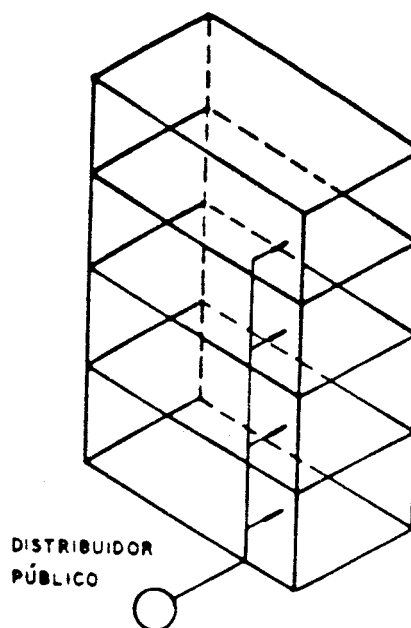


Figura 3 - Sistema direto sem bombeamento

3.1.2 Sistema Direto com Bombeamento

Neste caso, à rede de distribuição é acoplado um sistema de bombeamento direto, conforme a figura 4. A água é recalçada diretamente do sistema de abastecimento até as peças de utilização.

Esta tipologia de sistema direto é empregada quando a rede pública não oferece água com pressão suficiente para que a mesma seja elevada aos pavimentos superiores do edifício.

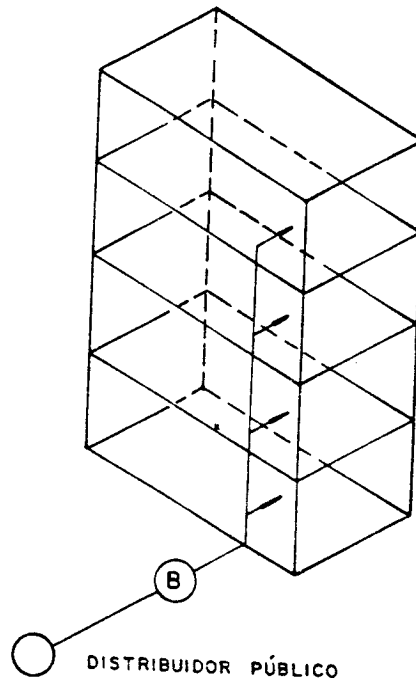


Figura 4 - Sistema direto com bombeamento.

3.1.3 Comentários

O sistema direto apresenta, basicamente, as seguintes vantagens:

- dispensa reservatórios;
- proporciona um menor custo da estrutura, pois uma vez que dispensa a construção de reservatórios (superior e inferior), há uma diminuição da carga depositada sobre a mesma;
- possibilita a disposição de uma maior área útil, já que o espaço destinado aos reservatórios poderá ser utilizado para outros fins;
- garante uma melhor qualidade da água, tendo em vista que o reservatório pode se constituir numa fonte de contaminação (limpeza inadequada ou inexistente, possibilidade de entrada de elementos estranhos, etc).

Porém, o sistema direto apresenta também algumas desvantagens, tais como:

- fica inoperante quando falta água na rede pública, pois não é provido de reservatório;
- necessita de dispositivos anti-retorno, para impedir que a água retorne e possa contaminar a rede pública;
- solicita continuamente a rede pública, com pressões e vazões adequadas ao sistema predial;
- tem-se um aumento da reserva de água no sistema público, uma vez que este terá que atender aos picos de consumo do edifício;
- pode ocorrer contaminação da rede pública devido a um funcionamento inadequado do dispositivo anti-retorno, que é um componente mecânico.

No caso do sistema direto ser pressurizado por bomba, existem outros fatores a serem considerados, quais sejam:

- inoperância quando da falta de energia elétrica, o que acarretaria a adoção de um sistema gerador de energia elétrica de emergência ou a óleo diesel, onerando ainda mais o sistema;
- manutenção periódica, exigindo mão-de-obra especializada, uma vez que se trata de um sistema com características e equipamentos diferenciados;
- maior gasto de energia elétrica, pois pelo menos um conjunto motor-bomba opera continuamente.

3.2 Sistema Indireto

O sistema indireto é aquele onde, através de um conjunto de suprimento e reservação, o sistema de abastecimento alimenta a rede de distribuição.

Quanto à pressurização, o sistema indireto de água fria pode ser por gravidade ou hidropneumático.

3.2.1 Sistema Indireto por Gravidade

Neste tipo de sistema, cabe a um reservatório elevado a função de alimentar a rede de distribuição. Este reservatório é alimentado diretamente pelo sistema de abastecimento, com ou sem bombeamento, ou por um reservatório inferior com bombeamento.

Desta forma, configuram-se três tipos de sistemas indiretos por gravidade, quais sejam, o sistema indireto RS, o sistema indireto com bombeamento e o sistema indireto RI-RS.

3.2.1.1 Sistema Indireto RS

O sistema indireto RS é composto por um alimentador predial equipado com válvula e bóia, um reservatório superior e uma rede de distribuição.

Quando há consumo na rede de distribuição, ocorre uma diminuição no nível do reservatório causando uma abertura total ou parcial da válvua de bóia. Tal abertura implica num reabastecimento do reservatório superior proporcionado pela rede de abastecimento, através do alimentador predial.

Para a adoção deste sistema, faz-se necessário uma rede de abastecimento com condições hidráulicas suficientes para elevar a água ao reservatório superior.

Na figura 5 é apresentado um esquema do sistema indireto RS.

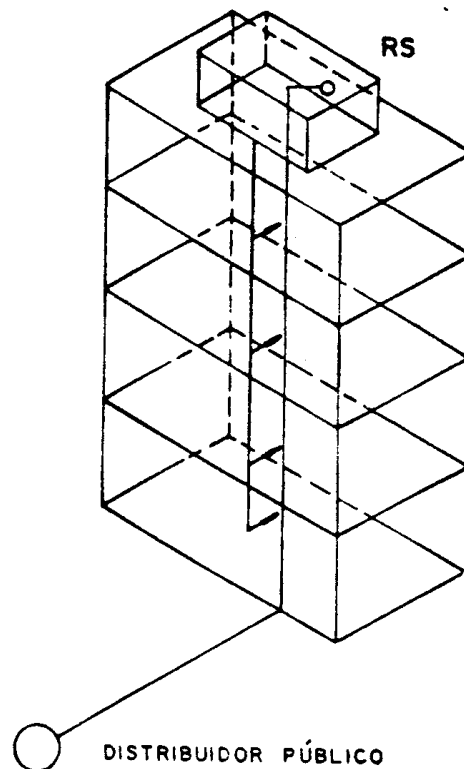


Figura 5 - Sistema indireto RS.

3.2.1.2 Sistema - Indireto com Bombeamento

No caso do sistema indireto com bombeamento, tem-se um alimentador predial equipado com válvula de bóia, a instalação elevatória, o reservatório superior e a rede de distribuição.

Esta solução é adotada quando não forem oferecidas, pelo sistema de abastecimento, condições hidráulicas suficientes para elevação da água ao reservatório superior.

Desta forma, a finalidade do sistema de recalque é elevar a água diretamente do sistema de abastecimento ao reservatório superior, sendo o suprimento feito conforme o controle imposto pela válvula de bóia. Na figura 6 é apresentado um esquema do sistema indireto com bombeamento.

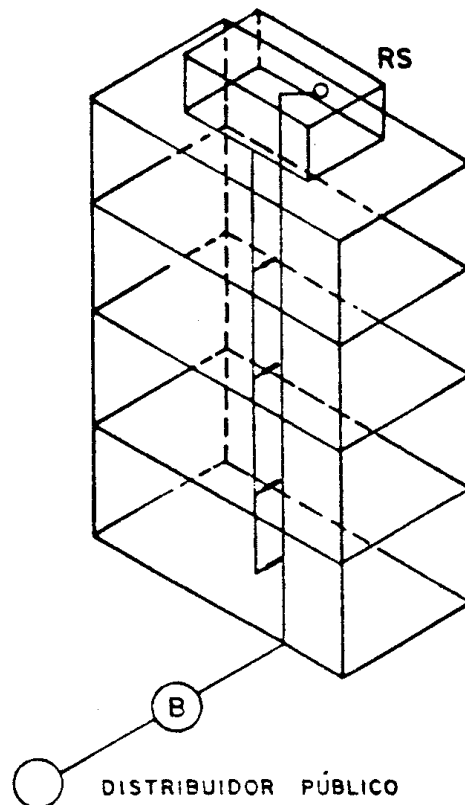


Figura 6 - Sistema indireto com bombeamento.

3.2.1.3 Sistema Indireto RI-RS

Este sistema é composto por um alimentador predial com válvula de bóia, reservatório inferior, instalação elevatória, reservatório superior e rede de distribuição.

O início do ciclo de funcionamento deste sistema ocorre quando o reservatório superior estiver no nível máximo e a instalação elevatória desligada. O reservatório superior possui uma chave elétrica de nível, a qual aciona a instalação elevatória num nível mínimo e desliga a mesma num nível máximo. Desta forma, havendo consumo na rede de distribuição, o nível da água no reservatório superior desce até atingir o nível de ligação, acionando a instalação elevatória, a qual será novamente desligada quando a água voltar a atingir o nível máximo, encerrando assim o ciclo.

Paralelamente, quando do acionamento da instalação elevatória, a válvula de bóia do alimentador predial abre-se parcial ou totalmente, e o reservatório inferior passa a ser alimentado pela rede de abastecimento. Vale salientar que o reservatório inferior também é equipado de uma chave elétrica de nível, a qual impossibilitará o acionamento da instalação elevatória quando o referido reservatório estiver vazio. A figura 7 apresenta um esquema deste sistema .

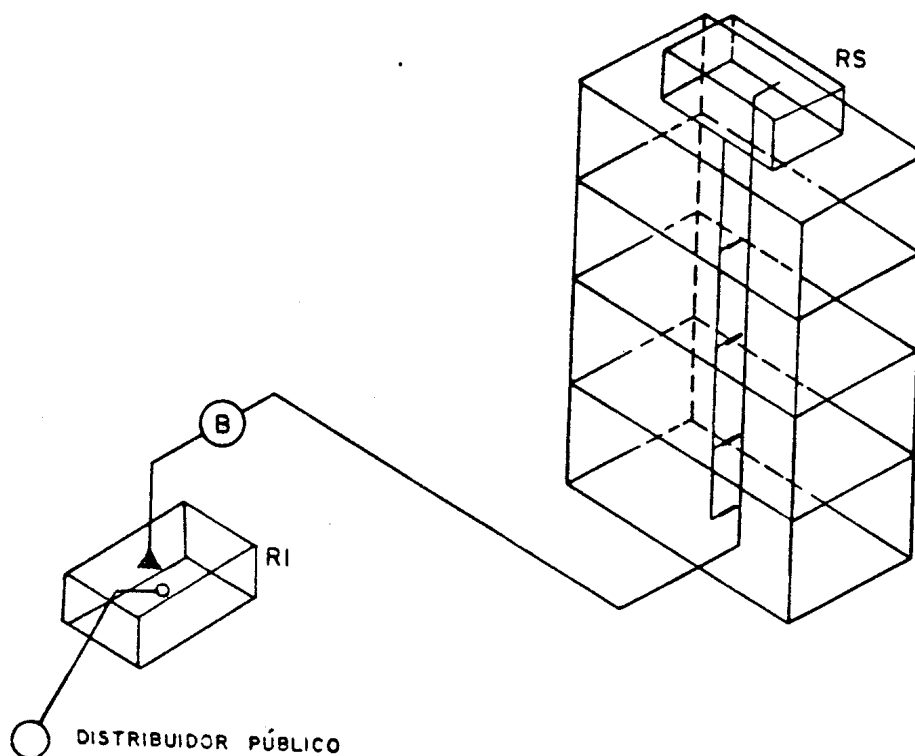


Figura 7 - Sistema indireto RI-RS

Convém salientar que as características de funcionamento do sistema em questão, evidenciam que as condições hidráulicas exigidas ao sistema de abastecimento referem-se apenas ao reservatório inferior.

3.2.1.4 Comentários

Os sistemas indiretos por gravidade apresentam as seguintes vantagens:

- rede predial menos exposta às falhas da rede pública, uma vez que com o(s) reservatório(s) se garante, dentro do possível, a continuidade da vazão e pressão necessárias para o sistema predial;
- economia de energia elétrica, pois não se utiliza de bombas para elevar a água aos reservatórios superiores; no caso de sistemas indiretos por gravidade, aumentado diretamente pela rede pública e no caso de sistemas indiretos por gravidade através de um reservatório inferior com bombeamento de água ao reservatório superior, o conjunto motorbomba é utilizado apenas durante determinados períodos de tempo, economizando assim energia elétrica.

Em contrapartida, os sistemas indiretos por gravidade apresentam as seguintes desvantagens:

- possibilidade de contaminação da água nos reservatórios;
- maior custo, devido ao acréscimo de carga na estrutura, decorrente da existência de um reservatório superior;
- maior tempo de execução da obra, pois a existência do reservatório implica numa estrutura mais complexa e a tubulação tem, na maioria das vezes, um percurso maior, uma vez que não mais alimenta diretamente os aparelhos sanitários;
- maior área de construção, com o acréscimo decorrente das áreas dos reservatórios, acarretando uma menor área útil.

3.2.2 Sistema Indireto Hidropneumático

Neste sistema, o escoamento na rede de distribuição é pressurizado através de um tanque de pressão contendo ar e água. O sistema indireto hidropneumático pode ser sem bombeamento, com bombeamento ou ainda um sistema com bombeamento e reservatório inferior, usualmente denominado de sistema hidropneumático.

3.2.2.1 Sistema Indireto Hidropneumático sem Bombeamento

Este sistema compõe-se de um alimentador predial, um tanque de pressão e a rede de distribuição. A pressurização do tanque é através do sistema de abastecimento. Na figura 8 apresenta-se um esquema deste sistema.

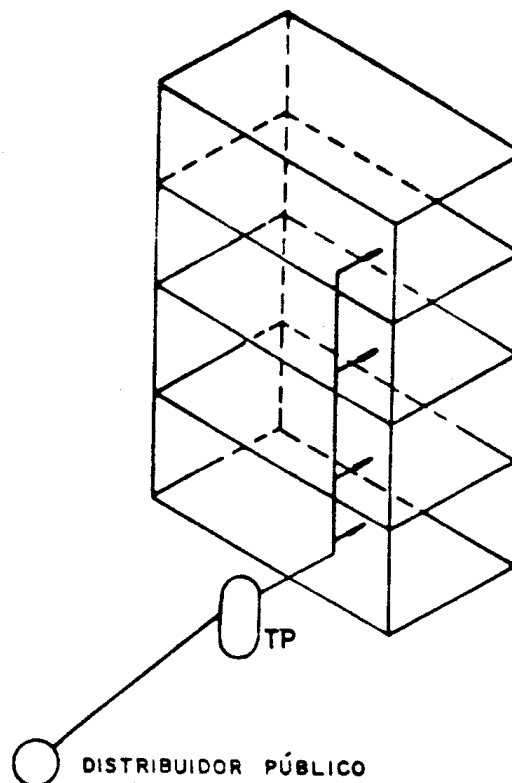


Figura 8 - Sistema hidropneumático sem bombeamento.

3.2.2.2 Sistema indireto Hidropneumático com Bombeamento

A composição deste sistema é a seguinte: alimentador predial, instalação elevatória, tanque de pressão e rede de distribuição. O tanque é pressurizado através da instalação elevatória. Na figura 9 é apresentado um esquema deste sistema.

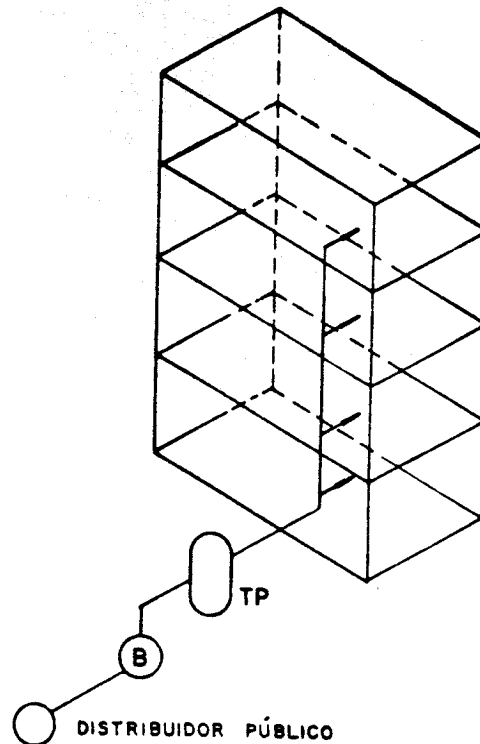


Figura 9 - Sistema indireto hidropneumático com bombeamento.

3.2.2.3 Sistema Hidropneumático

O sistema hidropneumático é composto por um alimentador predial com válvula de bóia, um reservatório inferior, uma instalação elevatória e um tanque de pressão.

Quando o tanque de pressão estiver submetido à pressão máxima e o sistema de recalque desligado, a água no reservatório está num nível máximo e o sistema apresenta condições de iniciar seu ciclo de funcionamento.

Desta forma, quando há consumo na rede de distribuição, o nível de água no reservatório começa a diminuir progressivamente. O colchão de ar expande-se e a pressão no interior do tanque diminui até atingir a pressão mínima. Nesta situação, o pressostato aciona o sistema de recalque elevando, simultaneamente, o nível de água e a pressão no interior do tanque aos respectivos valores máximos. À pressão máxima, o pressostato desliga o sistema de recalque, propiciando o início de um novo ciclo.

Quanto ao reservatório inferior, o mesmo comporta-se identicamente ao reservatório inferior do sistema indireto RI-RS. Na figura 10 é apresentado um esquema, do sistema hidropneumático.

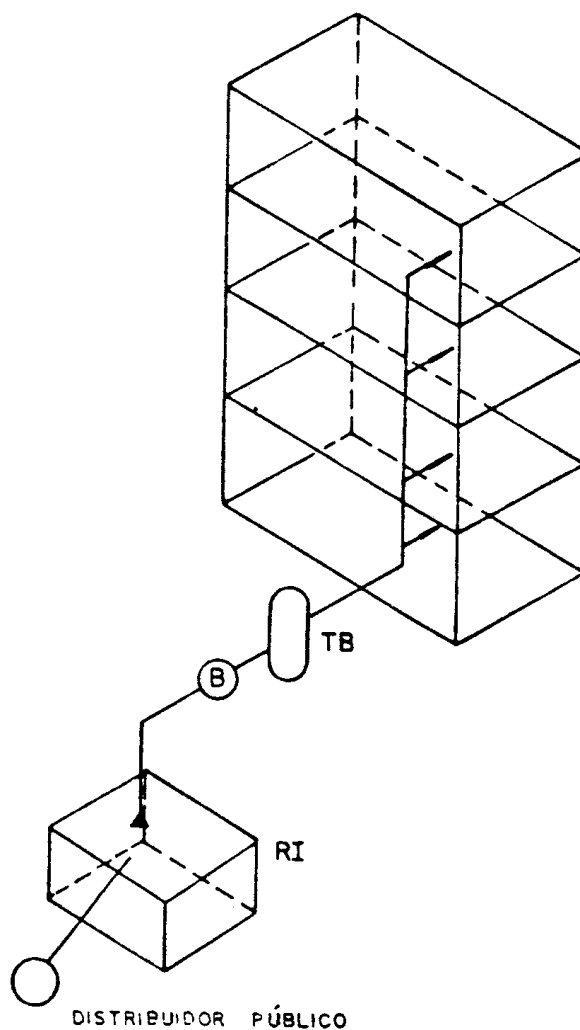


Figura 10 - Sistema hidropneumático.

4 ESCOLHA DO SISTEMA A SER UTILIZADO

4.1 Condições Gerais

Quanto a escolha do sistema a ser utilizado, é importante observar as condições de disponibilidade de suprimento oferecidas pela rede de pública, assim como as condições de demanda.

As condições de disponibilidade de suprimento da rede pública podem ser sintetizadas em três situações:

- A.** suprimento continuamente disponível e confiável: nesta forma de suprimento, o abastecimento de água feito pela rede pública não está sujeito a interrupções sistemáticas; as eventuais interrupções são, em quantidade e duração, compatíveis com a confiabilidade esperada da instalação.

- B.** suprimento continuamente disponível e não confiável: nesta forma de suprimento, o abastecimento de água feito pela rede pública não está sujeito a interrupções sistemáticas, porém, quando ocorrem, estas interrupções são incompatíveis com a confiabilidade esperada do sistema predial.

- C.** suprimento com disponibilidade intermitente: nesta forma de suprimento, o abastecimento de água está sujeito a interrupções sistemáticas.

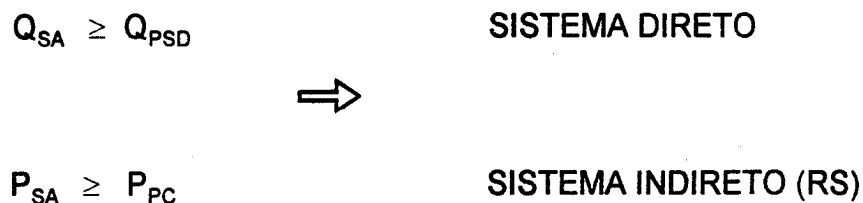
As condições de demanda referem-se às relações entre as solicitações mínimas, em termos de vazão e pressão do sistema de distribuição, e as condições mínimas oferecidas pelo sistema público.

4.2 Escolha do Sistema

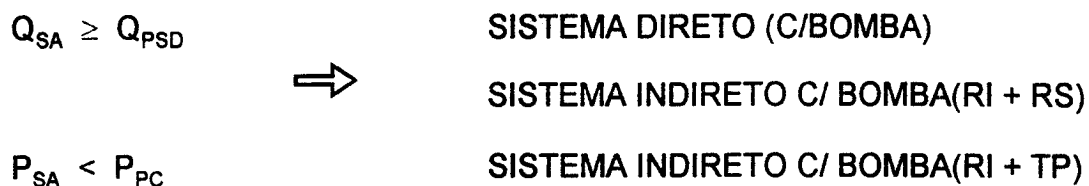
Se o suprimento for continuamente disponível e confiável, o sistema predial de água fria a ser adotado poderá ser direto ou indireto, dependendo das condições de demanda.

Todavia, sendo o suprimento continuamente disponível e não confiável, ou de disponibilidade intermitente, recomenda-se a utilização do sistema indireto.

Quando o sistema público tiver vazão (Q_{SA}) maior ou igual à vazão de pico do sistema de distribuição (Q_{PSD}), e a pressão disponível no ponto terminal (P_{SA}) também for maior ou igual à pressão mínima necessária nos pontos de consumo (P_{PC}), poderá ser escolhido tanto o sistema direto como o sistema indireto com reservatório superior, ou seja:



Por outro lado, se o sistema público tiver vazão (Q_{SA}) maior ou igual a vazão de pico do sistema de distribuição (Q_{PSD}), porém a pressão disponível no ponto terminal (P_{SA}) for menor que a pressão mínima necessária nos pontos de consumo (P_{PC}), as alternativas de escolha para o sistema predial de água fria são: sistema direto com bombeamento, ou indireto com bombeamento com reservatório superior e inferior, ou ainda, indireto com bombeamento com reservatório inferior e tanque de pressão, (indireto hidropneumático com bombeamento). Então:



Ainda, quando o sistema público tiver vazão (Q_{SA}) menor do que a vazão de pico do sistema de distribuição (Q_{psd}), porém a pressão disponível no ponto terminal (P_{SA}) for maior ou igual, à pressão nos pontos de consumo do sistema de distribuição (P_{pc}), a alternativa a ser escolhida será o sistema indireto com reservatório superior, ou seja:

$$Q_{SA} < Q_{psd}$$



SISTEMA INDIRETO (RS)

$$P_{SA} \geq P_{pc}$$

E, finalmente, se o sistema público tiver vazão (Q_{SA}) menor que a vazão de pico do sistema de distribuição (Q_{psd}) e a pressão disponível no ponto terminal (P_{SA}) também for menor que a pressão nos pontos de consumo do sistema de distribuição (P_{pc}), as alternativas de escolha do sistema predial de água fria serão: indireto com reservatórios superior e inferior (RI + RS), ou ainda, indireto com reservatório inferior e tanque de pressão (sistema indireto hidropneumático sem bombeamento / RI + TP). Então:

$$Q_{SA} < Q_{psd}$$

SISTEMA INDIRETO (RI + RS)



$$P_{SA} < P_{pc}$$

SISTEMA INDIRETO (RI + TP)

Através da observação das premissas quanto às condições de disponibilidade de suprimento e M condições de demanda, o projetista poderá exercer uma escolha adequada a sua realidade, entre diversas opções para o sistema predial de água fria.

Porém, alguns aspectos legais devem ser levados em consideração, pois a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), quanto o Código Sanitário de São Paulo e a Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP), predeterminam alguns sistemas prediais de abastecimento em alguns casos específicos, conforme mostram os trechos dos textos de cada uma delas, apresentados a seguir.

→ **NBR-5626/95 – “Instalação Predial de Água Fria”**

A NBR5626/95 deixa livre a escolha do tipo de sistemas, porém recomenda verificar as condições da concessionária local:

- No item 5.1.4 “Informações preliminares” diz que uma das informações a ser levantada pelo projetista é:

"... necessidade de reservação, inclusive para combate a incêndio"

No item 5.2.2.1.:

"...A adoção do tipo direto para alguns pontos de utilização e do indireto para outros, explorando-se as vantagens de cada tipo..."

No item 5.2.2.2.:

"... Nos lugares onde a pressão disponível na rede pública é insuficiente... pode ser introduzido um equipamento para elevação da pressão da água (evidentemente sem utilização de reservatório), desde que haja autorização da concessionária..."

No item 5.2.9.1.:

"...O caso de instalação elevatória do tipo bombeamento direto da rede pública deve ser evitado porque provoca perturbações na pressão da rede pública..."

→ **Código Sanitário de São Paulo Decreto nº 12342 – 27/03/78**

Basicamente, dois artigos referenciam os tipos de sistemas prediais de água fria a serem adotados:

Art. 10 - "Sempre que o abastecimento de água não puder ser feito com continuidade e sempre que for necessário para o bom funcionamento das instalações prediais, será obrigatória a existência de reservatórios prediais"

Art. 12 – "Não será permitida:

I - A instalação de dispositivos para a sucção da água diretamente da rede".

→ **Companhia de Saneamento BAstico do Estado de SP - SABESP**

Refere-se ao, sistema predial de água fria nos seguintes artigos:

Art. 28 - "...deverão ser providos de reservatório :"

Item 1 - Prédios com mais de 3 pavimentos deverão ter Reservatório inferior e Superior

Art. 29 - Veta qualquer dispositivo de sucção ligado diretamente à rede pública.

5 SISTEMA PREDIAL DE ÁGUA FRIA COM REDUÇÃO DE PRESSÃO

A limitação das pressões e velocidades de escoamento máximas nas redes de distribuição é feita com vistas aos problemas de ruído, corrosão e do golpe de ariete.

Em edifícios de grande altura, a limitação da pressão estática máxima pode ser obtida pelo uso de válvulas redutoras de pressão ou pela construção de um reservatório intermediário (caixa de quebra-pressão).

Algumas vezes, devido ao fato do reservatório intermediário tomar um espaço útil muito importante no interior do edifício, e devido à dificuldade de se executar um barrilete intermediário para a distribuição da água, a solução mais comumente, adotada tem sido a de empregar válvulas redutoras de pressão.

A válvula redutora é um dispositivo que é instalado nas redes de distribuição com o objetivo de introduzir uma grande perda de carga localizada, reduzindo, assim, a pressão dinâmica a jusante de si, sendo totalmente ineficiente na condição estática.

A válvula redutora pode ser instalada numa posição intermediária, conforme vê-se na figura 11 ou, o que é mais comum, ser instalada no subsolo, como mostra a figura 12.

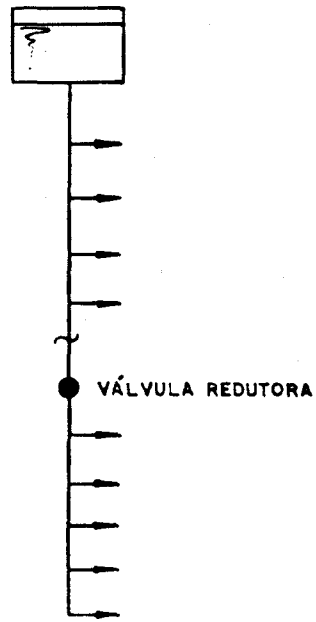


Figura 11 - Sistema predial de água fria com redução de pressão num pavimento intermediário.

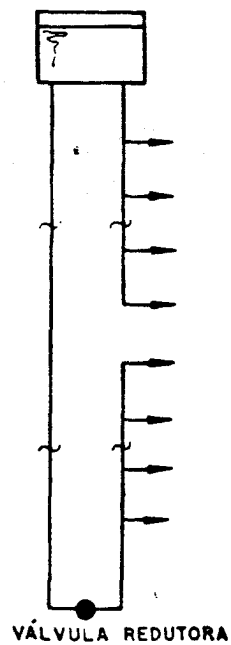


Figura 12 - Sistema predial de água fria com redução de pressão no subsolo do edifício.

6 PROJETO DO SISTEMA PREDIAL DE AGUA FRIA

O projeto do sistema predial de água fria compreende, basicamente, as seguintes etapas:

- concepção;
- cálculo (dimensionamento);
- quantificação e orçamentação;
- elaboração do projeto para a produção;
- elaboração do projeto "as built".

A concepção consiste na proposição da solução a ser adotada, a qual é função não somente das solicitações sobre o sistema, mas também das exigências da normalização técnica, das concessionárias e órgãos públicos locais, resultando na definição do traçado do sistema, dos tipos de sistemas a serem adotados, etc.

O cálculo consiste na estimativa das solicitações impostas ao sistema predial de água fria e no dimensionamento de todos os seus componentes para atender a estas solicitações.

O projeto para produção consiste num conjunto de elementos a serem elaborados tendo em vista o processo de execução do sistema, tais como: detalhes de "kits" hidráulicos e tabelas descritivas dos componentes dos "kits".

O projeto "as built" é elaborado a partir de registros de alterações no sistema, feitas na obra, tendo por objetivo possibilitar a rastreabilidade do sistema em caso de manutenção.

Em ILHA [1993], podem ser encontrados os principais aspectos a serem considerados quando da elaboração do projeto do sistema predial de água fria.

Dentro do projeto do sistema predial de água fria, os elementos gráficos e documentos a serem apresentados variam conforme a complexidade do referido sistema e/ou da edificação para a qual foi projetado.

De qualquer forma, alguns elementos básicos devem ser apresentados, quais sejam:

- planta da cobertura, barrilete, andar(res) tipo, térreo, subsolo(s), com a indicação das colunas de distribuição de água fria e desvios;
- esquema vertical (ou fluxograma geral) de todo o sistema, sem escala, incluindo reservatórios e sistema de recalque;
- detalhe dos reservatórios e sistema de recalque;

desenhos isométricos dos ambientes sanitários, com a indicação das colunas de distribuição, ramais e sub-ramais;

- memorial descritivo e especificações técnicas;

De posse dos elementos acima, podem ser procedidas as etapas de quantificação e orgamentação dos componentes do sistema, para a posterior execução.

No ANEXO 1 são apresentados alguns exemplos dos elementos básicos e a simbologia comumente empregada no projeto do sistema predial de água fria.

7 DIMENSIONAMENTO DOS COMPONENTES DO SISTEMA PREDIAL DE ÁGUA FRIA

Em função das condicionantes apresentadas anteriormente, serão abordados neste item os componentes dos seguintes sistemas: direto sem bombeamento, indireto com reservatório superior e indireto com reservatórios inferior e superior.

7.1 Sistema de Abastecimento/Reservação

O sistema de abastecimento/reservação é constituído pelos elementos situados entre a rede pública e a rede de distribuição, tendo como função receber a água do sistema urbano em condições por ele impostas e garantir o funcionamento adequado do sistema predial.

7.1.1 Sistema Direto

No sistema direto, como visto no item 3.1., a instalação se resume a uma rede de distribuição, inexistindo o elemento de reservação. A forma de dimensionamento deste sistema é apresentada dentro do item 7.2.

7.1.2 Sistema Indireto

7.1.2.1 Sistema Indireto com RS

Neste caso, tem-se um alimentador predial com a extremidade de jusante equipada com uma válvula de bóia e um reservatório superior.

A energia necessária para o funcionamento do sistema é fornecida pela rede pública. A medida em que ocorre o consumo através da rede de distribuição, a válvula de bóia é total ou parcialmente aberta, ficando a ocorrência de suprimento dependendo apenas da rede pública.

Tradicionalmente, os elementos constituintes do sistema de abastecimento/reservação são dimensionados a partir da determinação dos seguintes itens:

a. Estimativa do Consumo Diário de Água

O consumo diário de água é estimado, tendo em vista o tipo de edifício, pela seguinte fórmula:

$$C_D = C * P$$

onde:

C_D = consumo diário total (l/dia);

C = consumo diário "per capita" (l/dia);

P = população do edifício (pessoas);

Na tabela 1 são indicados alguns valores do consumo diário "per capita" C .

Tabela 1 - Estimativa de consumo diário de água em edifícios.

EDIFÍCIO	CONSUMO (l/dia)
alojamento provisório	80 "per capita"
apartamento	200 "per capita"
asilo, orfanato	150 "per capita"
cinema e teatro	2 por lugar
edifício público, comercial ou com escritórios	50 "per capita"
escola - externato	50 "per capita"
escola - internato	150 "per capita"
escola - semi-internato	100 "per capita"
garagem	50 por automóvel
hospital	250 por leito
hotel (s/cozinha e s/lavand)	120 por hóspede
jardim	1,5 por m ² de área
lavanderia	30 por kg roupa seca
mercado	5 por m ² de área
quartel	150 "per capita"
residência popular ou rural	120 "per capita"
residência	150 "per capita"
restaurante e similares	25 por refeição

A população P do edifício é definida a partir do projeto arquitetônico. Alguns valores usualmente empregados são apresentados na tabela 2.

Tabela 2 - Estimativa de população em edifícios.

EDIFÍCIO	POPULAÇÃO (P)
escritório	1 pessoa/9m ²
loja	1 pessoa/3m ²
hotel	1 pessoa/15m ²
hospital	1 pessoa/15m ²
apartamento/residência	$P = 2 * N_{DS} + N_{DE}$ (**) ou 5 pessoas/unid.

(**) N_{DS} = número de dormitórios sociais
 N_{DE} = número de dormitórios de serviço

b. Dimensionamento do Sistema de Abastecimento

· Ramal Predial e Medição

O ramal predial e a medição (abrigo + cavalete com hidrômetro) são dimensionados a partir dos parâmetros estabelecidos pelas Concessionárias, tendo como dado fundamental o consumo diário do edifício.

Na tabela 3 são apresentados os valores adotados pela Companhia de Saneamento de São Paulo - SABESP.

Tabela 3 - Dimensionamento do ramal predial e medição. Fonte: SABESP.

Consumo provável (m ³ /dia) até	LIGAÇÃO		HIDRÔMETRO		CAVALETE		ABRIGO
	diâmetro externo (mm)	Material	Consumo provável (m ³ /dia) até	Vazão característica (m ³ /h)	Diâmetro (mm)	Material	Dimensões internas (m)
16	20	PEAD	5	3	19	F ^o G ^o	0,85x0,65x0,30
			8	5	19		
			11	7	25		
			16	10	25		
30	20	PEAD	30	20	38	F ^o G ^o	0,85x0,65x0,30
50	32	PEAD	50	30	50	F ^o G ^o	2,00x0,90x0,40
100	32	PEAD	300		50	F ^o G ^o	2,00x0,90x0,40
	50	F ^o F ^o					
300	50	F ^o F ^o					
1100	75	F ^o F ^o	1100		75	F ^o G ^o	2,30x1,10x0,50
1800	100	F ^o F ^o	1800		100	F ^o F ^o	3,00x1,25x0,80
4000	130	F ^o F ^o	4000		150	F ^o F ^o	3,20x1,50x0,80
6500	200	F ^o F ^o	6500		200	F ^o F ^o	3,20x1,50x0,80

· Alimentador Predial

A vazão a ser considerada para o dimensionamento do alimentador predial é obtida a partir do consumo diário:

$$Q_{AP} \geq \frac{C_D}{24h \ 60min \ 60s}$$

onde:

Q_{AP} - vazão mínima a ser considerada no alimentador predial (m^3/s);

C_D - consumo diário (l/dia).

$$D_{AP} \geq \sqrt{\frac{4 \cdot Q_{AP}}{\pi \cdot V_{AP}}}$$

onde:

D_{AP} = diâmetro do alimentador predial, m;

V_{AP} = velocidade no alimentador predial ($0,6 < V_{AP} \leq 1,0$ m/s).

A tabela 4 apresenta os diâmetros de alimentador predial em função da velocidade e do consumo diário.

Velocidade (m/s)	Diâmetro Nominal (mm)									
	20	25	32	40	50	60	75	100	125	150
	Consumo Diário (m^3)									
0,6	16,3	25,4	41,7	65,1	101,8	146,6	229,0	407,2	636,2	916,1
1,0	27,1	42,4	69,5	108,6	169,6	244,3	381,7	678,5	1060,2	1526,8

c. Dimensionamento do Sistema de Reservação

No caso do sistema indireto com reservatório superior (RS), a reservação tem função apenas de suprir o edifício quando da falta de água na rede pública.

O diâmetro do alimentador predial é dado, por sua vez, por:

Assim, o volume do reservatório pode ser estabelecido a partir de:

$$V_R = (1 + N_D) C_D$$

onde:

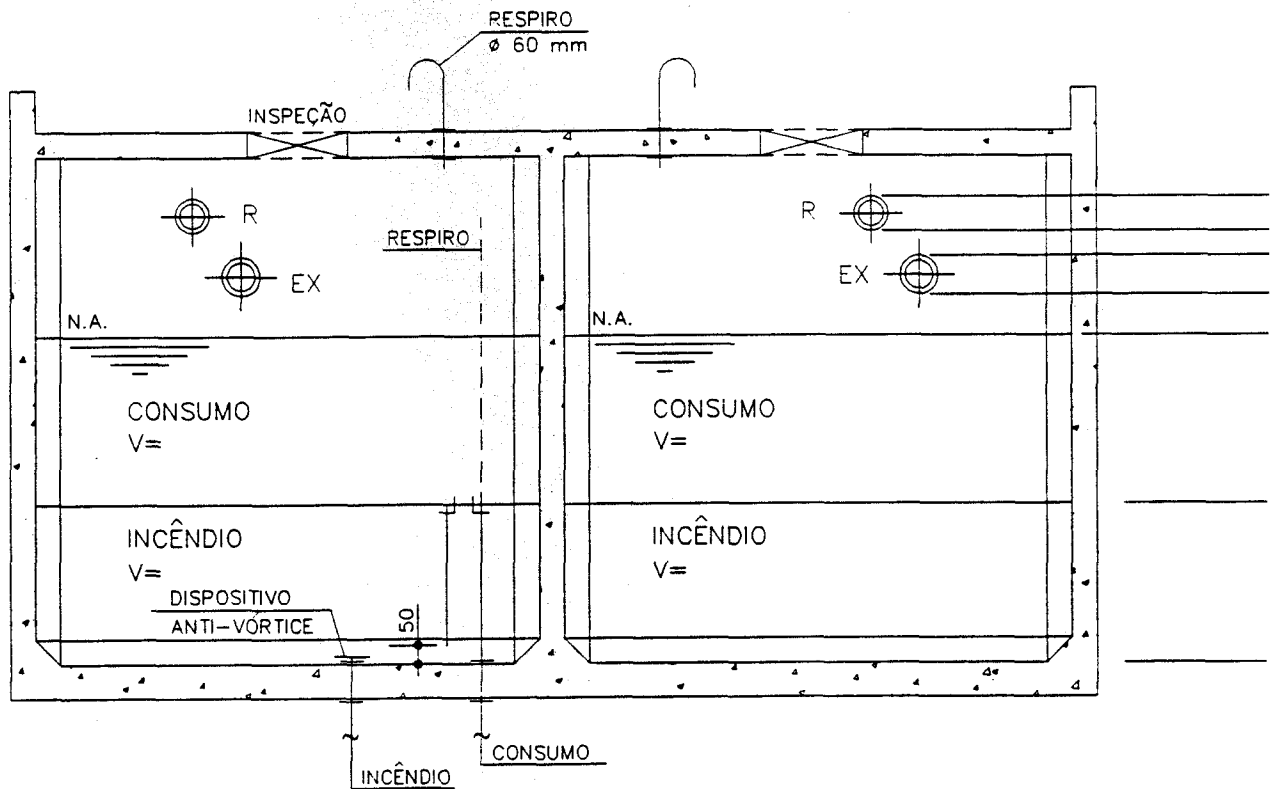
V_R - volume útil do reservatório (m³);

N_D - número de dias que se supõe que ocorra falta de água.

A reserva para o sistema de combate a incêndio e outros, quando for o caso, deve ser adicionada ao volume útil a ser reservado, respeitando-se as condições exigidas de potabilidade.

Ainda, o volume útil do reservatório deve ser, para fins de consumo, no **mínimo** igual a **500 litros**, segundo o **Código Sanitário de São Paulo**.

Na figura 13 apresenta-se o esquema de um reservatório, cujas dimensões características estão relacionadas na tabela 5.



CORTE ESQUEMÁTICO - RESERVATÓRIO SUPERIOR

SEM ESCALA
COTAS EM MILÍMETROS

VOLUME CONSUMO =
VOLUME INCÊNDIO =
VOLUME TOTAL =

Figura 13 - Reservatório Superior.

Tabela 5 - Reservatório superior - dimensões características.

Consumo diário até (m ³ /dia)	diâmetro extravasor e limpeza (mm)	dimensões corte esquemático (mm)					
		PVC			Galvanizado		
		REC	extravasor		REC	extravasor	
		k	l	m	k	l	m
9,2	20	20	60	25	21	63	27
16,3	25	25	75	32	27	81	34
25,4	32	32	96	40	34	102	42
41,7	40	40	120	50	42	126	48
65,1	50	50	150	60	48	144	60
101,8	60	60	180	75	60	180	76
146,6	75	75	225	85	76	228	88
229,0	100	85	255	110	88	264	114
407,2	125	110	330	140	114	342	140
636,2	150	140	420	160	140	420	165
916,1	200	160	480	215	165	495	218

7.1.2.2 Sistema Indireto com RI e RS

Neste tipo de sistema, conforme visto anteriormente, tem-se o alimentador predial com válvula de bóia, um reservatório inferior, uma instalação elevatória e um reservatório superior.

No reservatório inferior, tem-se as mesmas condições apresentadas para o reservatório superior do sistema com apenas um reservatório.

Quando ocorre demanda por acionamento da instalação elevatória, uma chave elétrica de nível mínimo, instalada no reservatório inferior, impede o acionamento do conjunto motor-bomba com o reservatório vazio.

O reservatório superior é equipado com uma chave elétrica do tipo "liga-destiga", que aciona o conjunto motor-bomba quando é atingido o nível mínimo do reservatório e o inverso quando no nível máximo. As falhas se restringem à instalação elevatória, principalmente no sistema elétrico, uma vez que, pela adoção de equipamentos de reserva, as falhas mecânicas não acarretam, normalmente, a inoperância da instalação elevatória.

O dimensionamento do reservatório superior e da instalação elevatória estão intimamente relacionados. Para um determinado padrão de consumo da edificação, a adoção de bombas de menor vazão pode implicar em reservatórios maiores, porém em motores menos potentes, dispositivos de proteção e rede elétrica mais simplificados, resultando em instalações de menor custo ou, no caso inverso, representar sistemas mais onerosos.

O suprimento de água para o sistema de distribuição é intermitente, com períodos sem suprimento, seguidos de períodos com suprimento à vazão constante, vazão esta correspondente a da instalação elevatória.

No caso do sistema indireto com reservatórios inferior e superior, os elementos constituintes do abastecimento/reservação são usualmente dimensionados a partir da determinação dos seguintes itens:

a. Estimativa do Consumo Diário de Água

O consumo diário é estimado., assim como no sistema apenas com reservatório superior, a partir das indicações das tabelas 1 e 2.

b. Dimensionamento do Sistema de Abastecimento

O ramal, assim como a medição e o alimentador predial são dimensionados da mesma forma que no sistema anterior.

c. Dimensionamento do Sistema de Reservação

Os volumes dos reservatórios são estabelecidos em função do consumo diário (C_d) e das necessidades de água para os sistemas de combate a incêndios (V_{ci}) e para outros sistemas, como por exemplo, ar condicionado (V_{ac})

Ainda, costuma-se prever 60% do consumo diário no reservatório inferior e 40% no superior. Assim, tem-se a seguinte reservação:

$$V_{RI} = 0,6 C_D + N_D C_D + (V_{CIS} + V_{AC})$$

$$V_{RS} = 0,4 C_D + V_{CIH} + (V_{AC})$$

onde:

- V_{RI} - volume do reservatório inferior;
- V_{RS} - volume do reservatório superior;
- N_D - número de dias onde ocorra falta de água;
- V_{CIS} - volume para combate a incêndio com "sprinklers";
- V_{CIH} - volume para combate a incêndio com hidrantes;
- V_{AC} - volume necessário para o sistema de ar condicionado.

Foi apresentado anteriormente o esquema de um reservatório superior, na figura 13. Na figura 14 apresenta-se um corte esquemático do reservatório inferior, cujas dimensões características encontram-se relacionadas na tabela 6.

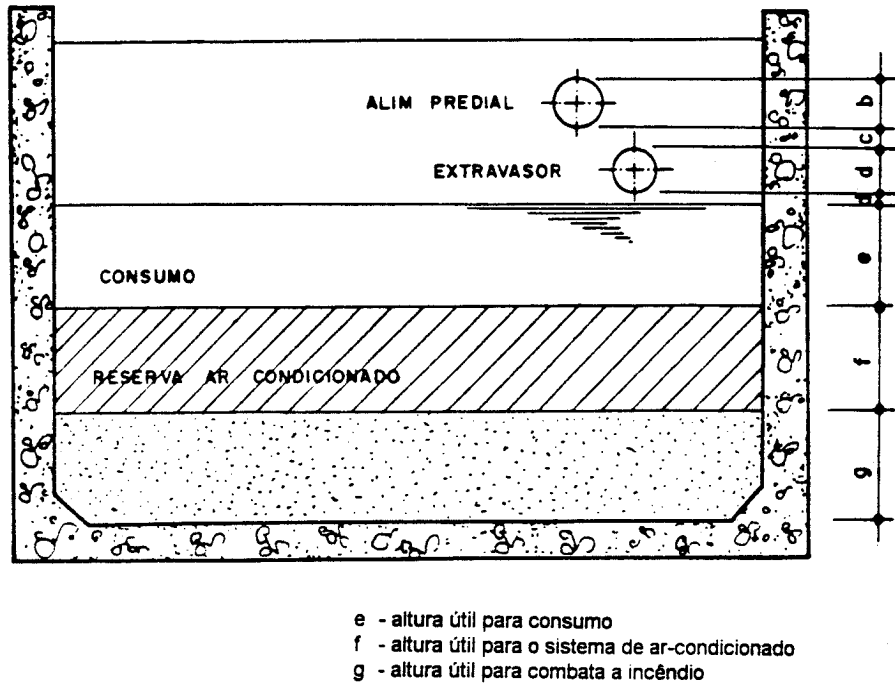


Figura 14 - Reservatório inferior.

Tabela 6 - Reservatório inferior- dimensões características

Consumo diário até (m ³ /dia)	diâmetro extravasor e limpeza (mm)	dimensões corte esquemático (mm)					
		PVC			Galvanizado		
		AP	extravasor		AP	extravasor	
		b	c	d	b	c	d
9,2	20	20	60	25	21	63	27
16,3	25	25	75	32	27	81	34
25,4	32	32	96	40	34	102	42
41,7	40	40	120	50	42	123	48
65,1	50	50	150	60	48	144	60
101,8	60	60	180	75	60	180	76
146,6	75	75	225	85	76	228	88
229,0	100	85	255	110	88	264	114
407,2	125	110	330	140	114	342	140
636,2	150	140	420	160	140	420	163
916,1	200	160	480	215	165	495	218

Existem ainda algumas distâncias a serem respeitadas no reservatório inferior, conforme a figura 15, para as seguintes finalidades:

- evitar a entrada de ar na tubulação de sucção da bomba:

$$h_1 > \frac{V^2}{2g} + 0,20 \text{ (m)}$$

$$2,5 D + 0,10 \text{ (m)}$$

onde:

D - diâmetro interno da tubulação de sucção (m);

V - velocidade média na tubulação de sucção (m/s).

- evitar arraste do material de fundo:

$$h_2 > 0,50 D$$

$$0,30 \text{ m}$$

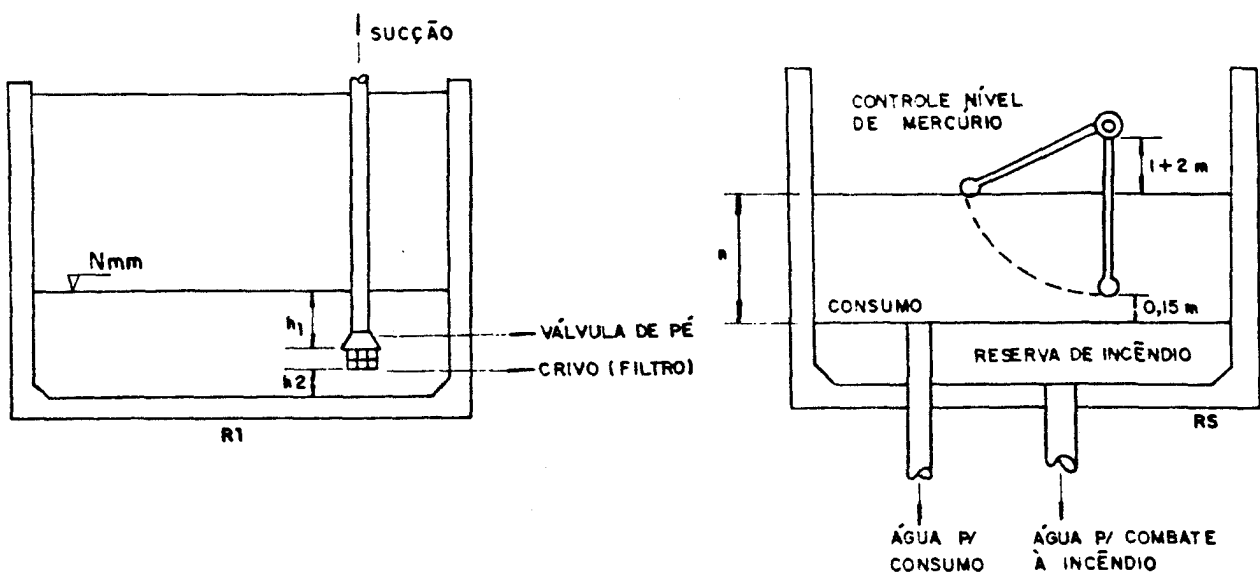


Figura 15 - Reservatórios do sistema predial de água fria.

d. Dimensionamento do Sistema de Recalque

- Tubulações de recalque e sucção

O diâmetro da tubulação de recalque pode ser determinado a partir da Fórmula de Forchheimer:

$$D_{rec} = 1,3\sqrt{Q_{rec}}\sqrt[4]{X}$$

onde:

D_{REC} - diâmetro da tubulação de recalque (m);

Q_{REC} - vazão de recalque (m³/s).

A vazão de recalque é dada por:

$$Q_{REC} = \frac{C_D}{N_F}$$

sendo:

N_F - número de horas de funcionamento da bomba no período de 24 horas;

X - relação entre o número de horas de funcionamento da bomba e o número de horas do dia, ou seja:

$$X = \frac{N_F}{24}$$

Assim, podemos determinar D_{rec} em função do consumo diário (C_d) e de N_F , cujos valores são apresentados na tabela 7.

Tabela 7 - Diâmetro da tubulação de recalque.

Nº de horas de funcionamento da bomba	Diâmetro de Referência (mm)					
	20	25	32	40	50	60
	consumo diário (m3/ dia)					
2,5	6,6	10,3	16,9	26,4	41,2	59,4
3	7,2	11,3	18,5	28,9	45,1	65,0
4	8,3	13,0	21,3	33,3	52,1	75,1
5	9,3	14,5	23,8	37,3	58,3	84,0
6*	10,2	15,9	26,1	40,9	63,9	92,0

Adota-se para a tubulação de sucção um diâmetro igual ou imediatamente superior ao da tubulação de recalque.

Assim,

$$D_{SUC} \geq D_{REC}$$

e. Escolha do Conjunto Motor-Bomba

A escolha do conjunto motor-bomba passa pela determinação da vazão de recalque, Q_{REC} , vista no item "d" e da altura manométrica total da instalação.

· Determinação da altura manométrica total da instalação

A altura manométrica total é dada por:

$$H_{MAN} = H_{MAN}^{REC} + H_{MAN}^{SUC}$$

onde:

H_{MAN}^{REC} = altura manométrica do recalque (mca);

H_{MAN}^{SUC} = altura manométrica da sucção (mca).

.Valor máximo recomendado na NBR 5626/95, para grandes reservatórios.

Para a determinação da altura manométrica do recalque, tem-se:

$$H_{MAN}^{REC} = H_{REC} + \Delta H_{REC}$$

onde:

H_{REC} = diferença de cotas entre o nível médio da bomba e o ponto mais alto a ser atingido;

ΔH_{REC} = perda de carga no recalque.

Para a altura manométrica de sucção, caso o nível do reservatório inferior esteja acima do nível médio da bomba, diz-se que a bomba está "afogada", e a expressão a ser utilizada é a seguinte:

$$H_{MAN}^{SUC} = H_{SUC} - \Delta H_{SUC}$$

onde:

H_{SUC} = diferença de cotas entre o nível médio da bomba e a tomada de sucção;

ΔH_{SUC} = perda de carga no recalque.

Por outro lado, se a bomba não estiver afogada, a altura manométrica de sucção é dada por:

$$H_{MAN}^{SUC} = H_{SUC} + \Delta H_{SUC}$$

No ANEXO 2 são apresentadas as fórmulas para a determinação da perda de carga.

De posse da altura manométrica total da instalação e da vazão de recalque, determina-se, a partir de catálogos de fabricantes de bombas, o equipamento a ser utilizado.

A escolha do conjunto motor-bomba é feita, geralmente, em duas etapas. Primeiramente, a partir da vazão de recalque, da altura manométrica total e do número de rotações por minuto (n) a ser adotado, estabelecido em função do rendimento desejado, loca-se, num gráfico de tipos de bombas como o mostrado na figura 16, um ponto que estará dentro da área de abrangência de um determinado tipo de bomba.

A seguir, parte-se para, um gráfico que contém as curvas características da bomba selecionada. Com os valores da vazão de recalque e da altura manométrica total da instalação, determina-se o diâmetro, do rotor e o rendimento. Com o diâmetro do rotor e a vazão de recalque, pode ser definida a potência da bomba. Na figura 17 apresenta-se um exemplo do gráfico referido acima.

A potência requerida pela bomba também pode ser determinada pela seguinte expressão:

$$P = \frac{1000 Q_{REC} H_{MAN}}{75 \eta}$$

onde:

- P - potência da bomba, em CV;
- Q_{REC} - vazão requerida, em m³/s;
- η - rendimento da bomba;
- H_{MAN} - altura manométrica, em m.

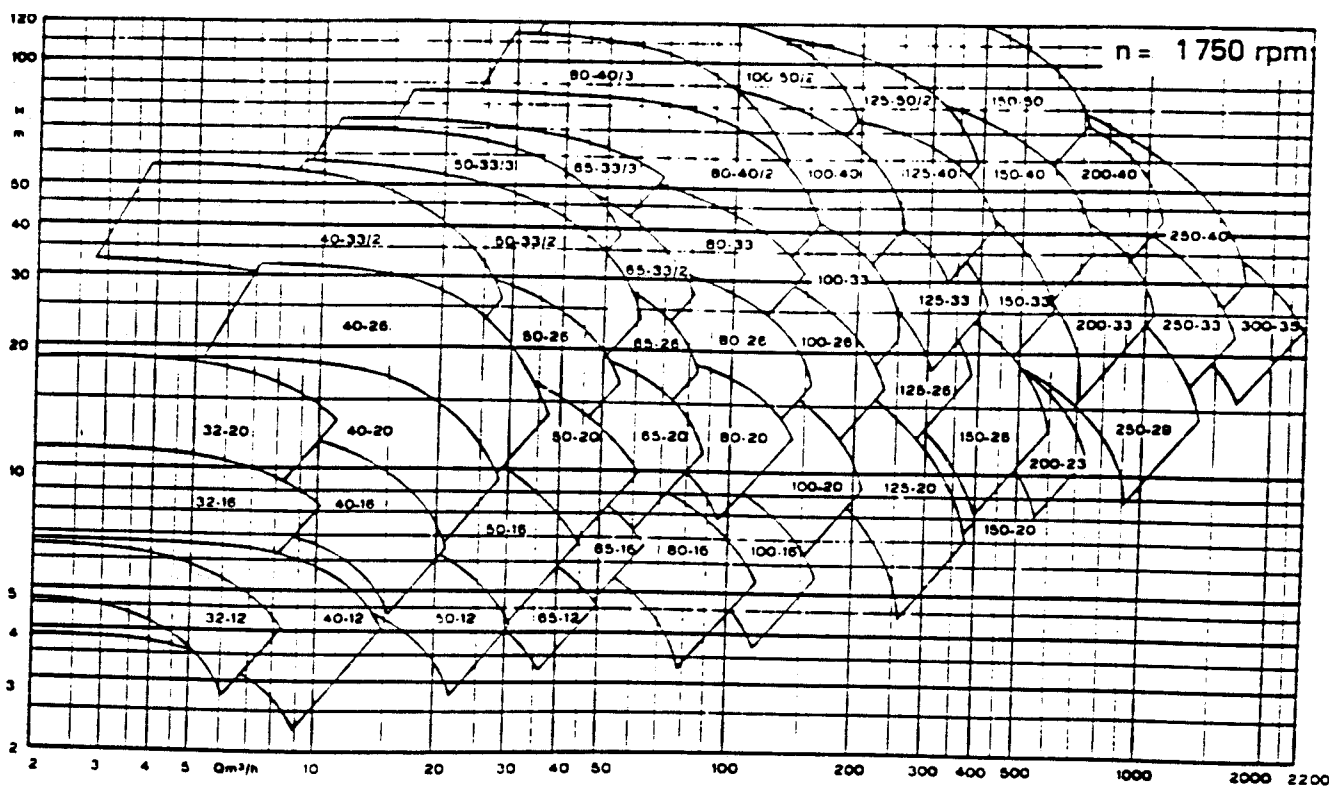
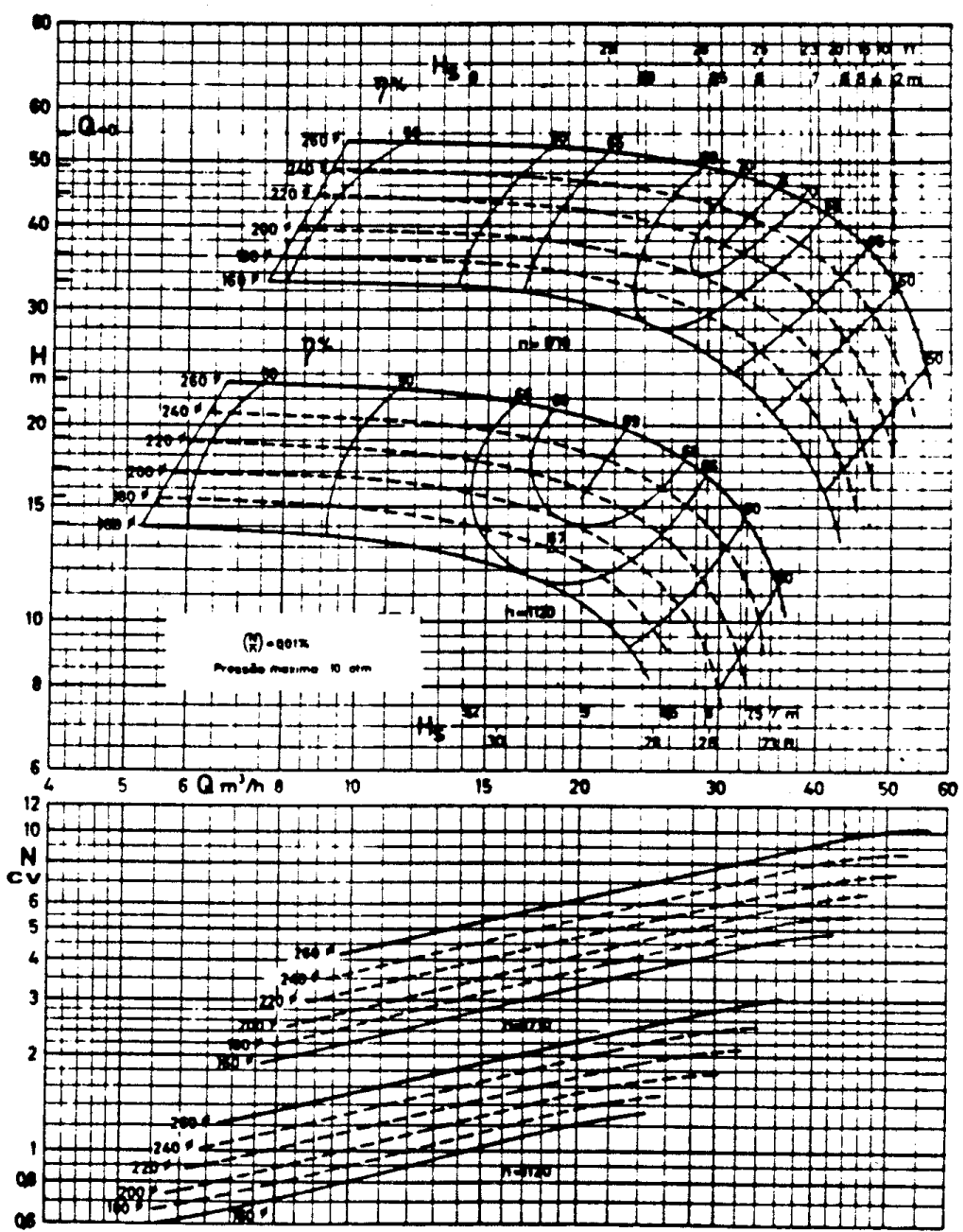


Figura 16 - Exemplo de gráfico para seleção de bombas.



Dados para água γ=1 recalcular sempre os pontos de aplicação para a rotação efetiva		rpm	
D		93912	93913
M		P36167	P34606
Z		P45386C	P22176B
Largura		8mm 5/16	5mm 3/16
Rotor		205φ	260-160φ
1º	max.-min.	205φ	260-160φ
2º	max.-min.	260-160φ	260-160φ

Figura 17 - Curvas características de bombas.

Uma vez feito o cálculo do sistema de recalque, deve ser verificado se a altura de sucção, h_s , é adequada para evitar a ocorrência de cavitação, fenômeno este capaz de danificar a bomba.

Ou seja, deve ser verificada a seguinte desigualdade:

$$NPSH_{REQ} < NPSH_{DISP}$$

onde:

$NPSH_{REQ}$ - energia mínima requerida pela bomba para evitar a cavitação;

$NPSH_{DISP}$ - energia do líquido na entrada da bomba.

O valor de $NPSH_{REQ}$ é fornecido pelos fabricantes das bombas. O valor de $NPSH_{DISP}$ pode ser obtido pela seguinte expressão:

$$NPSH_{DISP} = H_{at} - (h_s + \Delta H_{suc} + h_v)$$

onde:

H_{at} - altura representativa da pressão atmosférica (10,33 mca);

h_v - altura representativa da pressão de vapor líquido, a uma dada temperatura.

Neste equacionamento, fica evidenciado que o $NPSH_{DISP}$ é função das características da instalação elevatória. Desta forma, se a desigualdade não se verificar, deve-se reduzir o valor de h_s .

A determinação do ponto de trabalho da bomba, quando instalada no sistema, passa pela confrontação das curvas características da bomba selecionada e da tubulação do sistema elevatório.

A curva da tubulação permite a caracterização do escoamento na mesma, uma vez que representa a variação da altura manométrica total requerida pelo sistema em função da variação da vazão.

Para efetuar o traçado da curva da tubulação, a cada vazão de escoamento, devem ser determinadas as perdas de carga correspondentes. Estas perdas de carga, somadas ao desnível geométrico resultam em pontos de coordenadas $(Q_i, H_{MAN,i})$, através dos quais será traçada a curva. Na figura 18 exemplifica-se o procedimento descrito acima.

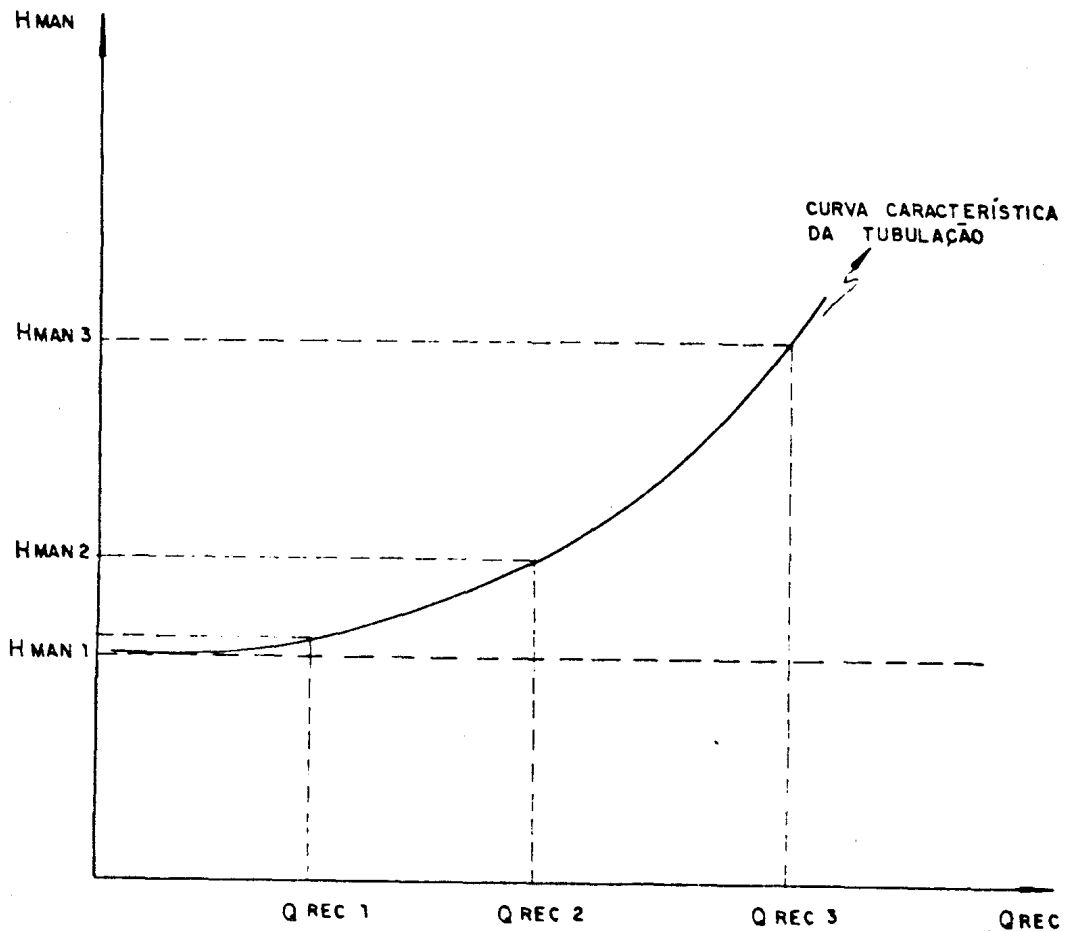


Figura 18 - Curva característica da tubulação do sistema elevatório.

A confrontação das duas curvas características, da bomba e da tubulação, resulta na determinação do ponto de trabalho da bomba.

Em outras palavras, a curva característica da bomba tende a se adaptar à curva da tubulação, uma vez que a bomba centrífuga transfere ao líquido apenas a energia suficiente para atender a altura manométrica requerida.

No ponto de trabalho, tem-se os valores de vazão e altura manométrica, em que o sistema elevatório irá operar, conforme vê-se na figura 19.

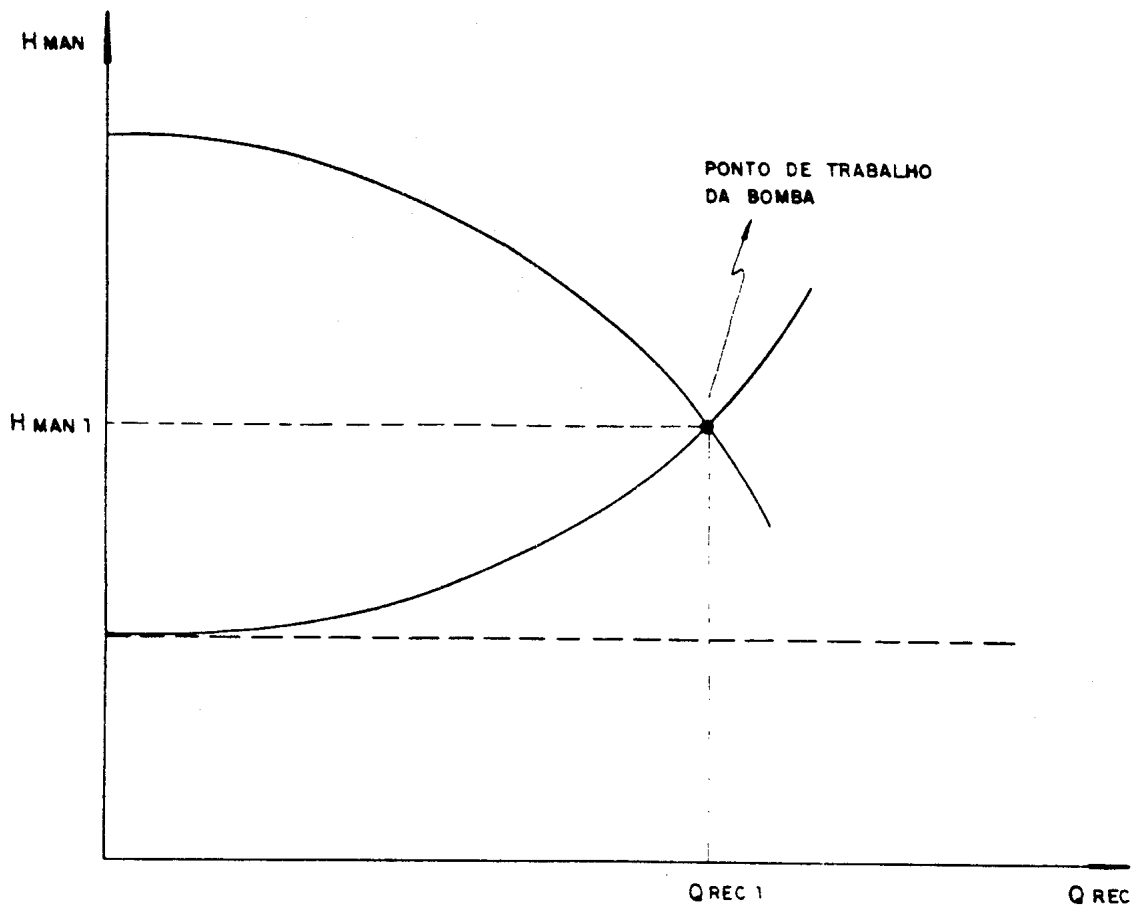


Figura 19 - Ponto de trabalho da bomba.

Quando a vazão no ponto de trabalho* coincide com a vazão de maior rendimento da bomba, tem-se o funcionamento mais adequado do sistema.

Caso contrário, a vazão no ponto de trabalho pode ser alterada tanto pelo fechamento parcial do registro de bloqueio (registro de gaveta), como pela variação da velocidade da bomba (ou seja, número de rotações por minuto do rotor), ou ainda pela variação do diâmetro do rotor da bomba.

* Vazão máxima de funcionamento do sistema elevatório, pois a partir deste valor, a altura manométrica requerida pela tubulação é maior que aquela proporcionada pela bomba.

Ainda, o ponto de trabalho pode se modificar em função de alterações no sistema, tais como envelhecimento das tubulações, variações nos níveis de tomada de recalque e sucção, entre outros, podendo se verificar um afastamento das condições de maior rendimento, conforme vê-se na figura 20.

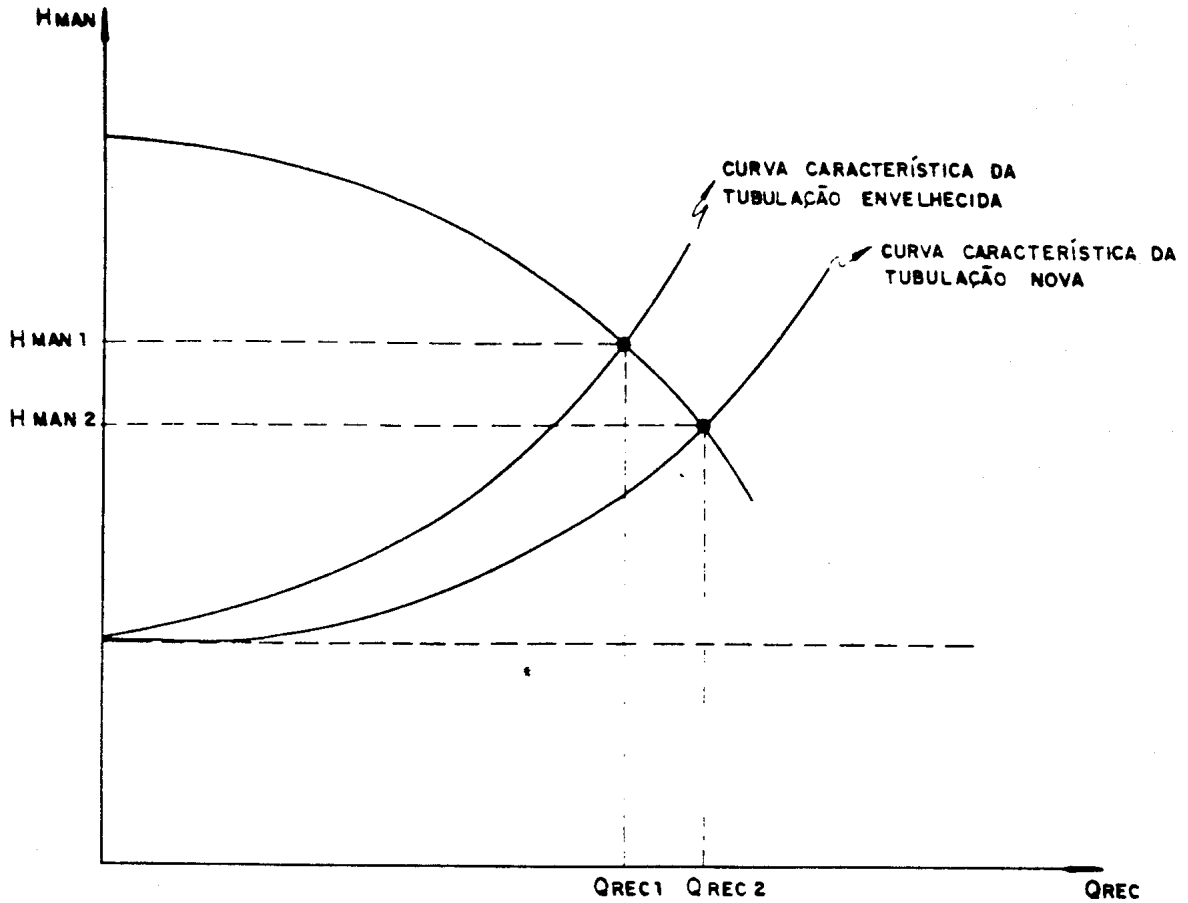


Figura 20 - Deslocamento da curva característica do sistema elevatório.

7.2 Sistema de Distribuição

O sistema de distribuição é constituído, no caso do sistema indireto, pelos elementos e componentes situados entre o reservatório superior e os pontos de consumo; no caso do sistema direto, a distribuição compreende todos os elementos entre a rede pública e os pontos de consumo. Na figura 21 apresentase um esquema do sistema de distribuição a partir de um reservatório superior.

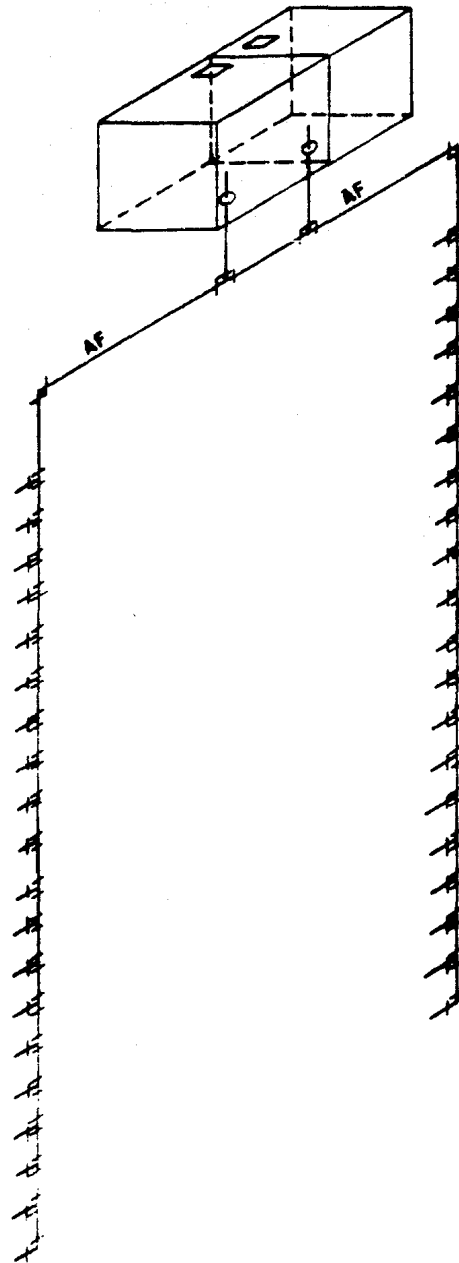


Figura 21 - Sistema de distribuição.

O dimensionamento do sistema de distribuição de água fria é feito tendo por base o princípio da conservação de energia. Considera-se escoamento permanente em conduto forçado, onde faz-se um balanceamento entre o diâmetro da tubulação, a vazão de projeto esperada e as pressões necessárias para o funcionamento adequado dos aparelhos e equipamentos sanitários, tendo em vista a carga disponível.

Assim, é necessário que fiquem bem definidos os seguintes parâmetros hidráulicos: vazão, velocidade, pressão e perda de carga.

7.2.1 Vazão

Um dos principais requisitos de desempenho dos sistemas prediais de água fria é a existência de água na quantidade adequada, em todos os pontos de utilização, sempre que necessário, o que deve ser garantido tendo-se em vista uma minimização dos custos envolvidos.

A partir disso, para se determinar a vazão de projeto, dois encaminhamentos podem ser adotados:

- supor o funcionamento simultâneo de todos os pontos que compõem o sistema (vazão máxima de projeto), o que se constitui, na maioria dos casos, numa abordagem inadequada, uma vez que a probabilidade de que isto ocorra é bastante reduzida, conduzindo a sistemas anti-econômicos;
- incorporar à vazão máxima de projeto fatores que representem a probabilidade de ocorrência de uso simultâneo de diferentes pontos do sistema (vazão máxima provável) .

O dimensionamento da rede de distribuição, no primeiro caso, se reduz à aplicação da Mecânica dos Fluidos porém, é bastante improvável que todos os pontos de consumo estejam sendo utilizados simultaneamente. Assim, as estatísticas relativas à utilização da água constituem - se em valiosas fontes de informação para os projetistas dos sistemas hidráulicos prediais, no que diz respeito ao dimensionamento de componentes de tais sistemas.

Os métodos para a determinação da vazão máxima provável podem ser divididos em:

- métodos empíricos
- métodos probabilísticos

No primeiro grupo de métodos incluem-se aqueles cuja técnica de determinação das vazões de projeto baseia-se na utilização de tabelas, gráficos e expressões matemáticas, estabelecidos a partir da experiência e julgamento de seus propositores. Entre eles incluem-se os seguintes métodos:

- Timmis (1922);
- Dawson e Kalinske (1932);
- Dawson e Bowman (1933);

- Raiz Quadrada - Alemão (1940);
- Francês (1942);
- Britânico (1946);
- Fretwell;
- RAE - Repartição de Águas e esgotos de São Paulo;
- Department of Commerce;
- Macintyre;
- Raiz Quadrada Modificado (1978).

Segundo grupo estão aqueles métodos cuja técnica de determinação das vazões de projeto baseia-se no emprego de tabelas, gráficos e expressões estabelecidos a partir de conceitos probabilísticos. Podem ser destacados os seguintes métodos:

- Hunter (1940);
- Gallizio (1944);
- Burberry/Wise (1969);
- CP-310/Howick;

- Webster (1972);
- Courtney;
- Konen - Hunter Modificado (1980/1984);
- Murakawa;
- Gonçalves (1985).

Todos os métodos acima apresentados encontram-se detalhadamente descritos em GONÇALVES [1985].

A Norma Brasileira NBR-5626 [ABNT, 1995] recomenda a utilização do método da Raiz Quadrada para a estimativa da vazão no barrilete e nas colunas de distribuição. A expressão geral para a determinação da vazão de projeto, num trecho 'T' do sistema, é a seguinte:

$$Q_{PT} = q_r \sqrt{\sum n_i p_i}$$

onde:

q_r - vazão de referência (l/s);

n_i - número de aparelhos sanitários do tipo "i", ligados a jusante do trecho "T";

p_i - peso atribuído ao aparelho sanitário do tipo "i", sendo:

$$p_i = \left(\frac{q_i}{q_r} \right)^2$$

onde:

q_i = vazão unitária do aparelho do tipo "i".

Pela NBR-5626 [ABNT, 1995], a vazão de referência, q_r , é igual a 0,3 l/s. Daí, tem-se que:

$$Q_{PT} = 0,3 \sqrt{\sum n_i p_i}$$

$$p_i = \left(\frac{Q_i}{0,3} \right)^2$$

ble 8 são apresentados os pesos dos aparelhos sanitários, determinados a partir da expressão acima.

Tabela 8 - Pesos atribuídos aos pontos de utilização (NBR - 5626/95).

Aparelho Sanitário		Peça de utilização	Peso Relativo
Bacia Sanitária		Caixa de descarga	0,3
		Válvula de descarga	32
Banheira		Misturador (água fria)	1,0
Bebedouro		Registro de pressão	0,1
Bidê		Misturador (água fria)	0,1
Chuveiro ou ducha		Misturador (água fria)	0,4
Chuveiro elétrico		Registro de pressão	0,1
Lavadora de pratos ou de roupas		Registro de pressão	1,0
Lavatório		Torneira ou misturador (água fria)	0,3
Mictório cerâmico	com sifão integrado	Válvula de descarga	2,8
	sem sifão integrado	Caixa de descarga, registro de pressão ou válvula de descarga	0,3
Mictório tipo calha		Caixa de descarga ou registro de pressão	0,3
Pia		Torneira ou misturador (água fria)	0,7
		Torneira elétrica	0,1
Tanque		Torneira	0,7
Torneira de jardim ou lavagem em geral		Torneira	0,4

Para o caso de ramais, a determinação da vazão de projeto pode ser feita, assim como nas colunas e barriletes, através de duas formas:

- soma das vazões de todos os aparelhos ligados ao ramal (vazão máxima possível);

- incorporação de fatores de simultaneidade à vazão máxima possível, obtendo-se a vazão máxima provável ou então, simplesmente, soma das vazões dos aparelhos ligados ao ramal e que se julga estarem em funcionamento simultâneo.

An table 9 são apresentadas as vazões unitárias, recomendadas na NBR-5626 [ABNT, 1995], para os diferentes pontos de utilização.

Tabela 9: Vazões unitárias dos pontos de utilização (NBR - 5626 /95).

Aparelho Sanitário		Peça de utilização	Vazão de Projeto (L/s)
Bacia Sanitária		Caixa de descarga	0,15
		Válvula de descarga	1,70
Banheira		Misturador (água fria)	0,30
Bebedouro		Registro de pressão	0,10
Bidê		Misturador (água fria)	0,10
Chuveiro ou ducha		Misturador (água fria)	0,20
Chuveiro elétrico		Registro de pressão	0,10
Lavadora de pratos ou de roupas		Registro de pressão	0,30
Lavatório		Torneira ou misturador (água fria)	0,15
Mictório cerâmico	com sifão integrado	Válvula de descarga	0,50
	sem sifão integrado	Caixa de descarga, registro de pressão ou válvula de descarga	0,15
Mictório tipo calha		Caixa de descarga ou registro de pressão	0,15 por m de calha
Pia		Torneira ou misturador (água fria)	0,25
		Torneira elétrica	0,10
Tanque		Torneira	0,25
Torneira de jardim ou lavagem em geral		Torneira	0,20

7.2.2 Velocidade

A velocidade do escoamento é limitada em função do ruído, da possibilidade de corrosão e também para controlar o golpe de aríete.

A NBR-5626 [ABNT, 1995] recomenda que a velocidade da água, em qualquer trecho de tubulação, não atinja valores superiores a 3 m/s.

$$V_{MÁX} = 3,0 \text{ m/s}$$

onde:

$V_{MÁX}$ - velocidade máxima na tubulação.

7.2.3 Pressão

A NBR-5626 [ABNT, 1995] recomenda os seguintes valores máximos e mínimos para a pressão em qualquer ponto da rede:

PRESSÃO ESTÁTICA MÁXIMA: 400 KPa (40 mca)

PRESSÃO DINÂMICA MÍNIMA: 5 KPa (0,5 mca)

Observa-se também que a pressão dinâmica nos pontos de utilização, em qualquer caso, não deve ser inferior a 10 KPa, exceto para o ponto da caixa de descarga que poderá atingir até um mínimo de 5 KPa e do ponto de válvula de descarga para bacia sanitária onde a pressão não deve ser inferior a 15 KPa.

Ainda, as sobrepressões devidas a transientes hidráulicos, como por exemplo o provocado pelo fechamento da válvula de descarga, são admitidas, desde que não superem o valor de 200 KPa.

7.2.4 Pré-dimensionamento

Conhecendo-se as vazões de projeto nos diferentes trechos do sistema, pode-se efetuar o pré-dimensionamento dos mesmos, uma vez que, pela equação da continuidade:

$$Q_p = A_{min} * V_{máx}$$

isto é:

$$A_{min} = \frac{Q_p}{V_{máx}}$$

ou:

$$D_{min} = \sqrt{\frac{4Q_p}{\pi V_{max}}}$$

onde:

Q_p - vazão de projeto (m³/s);

A_{min} - área mínima da seção transversal do tubo (m²);

$V_{máx}$ - limite superior admitido para a velocidade média;

D_{min} - diâmetro interno mínimo (m).

Adota-se, para cada trecho, a bitola comercial imediatamente superior, cujo diâmetro interno real seja maior ou igual ao valor de D_{min} calculado.

Na tabela 10 são apresentados os diâmetros de referência com as respectivas vazões (aproximadas), somatória de pesos e velocidades máximas, obtidas para o diâmetro interno.

Tabela 10 - Velocidades e vazões máximas.

Diâmetro ref (pol)	$V_{MÁX}$ (m/s)	$\Sigma P_{MÁX}$	$Q_{MÁX}$ (l/s)
1/2	3,00	3	0,53
3/4	3,00	8	0,85
1	3,00	24	1,47
1 1/4	3,00	64	2,41
1 1/2	3,00	158	3,77
2	3,00	385	5,89
2 1/2	3,00	799	8,48
3	3,00	1951	13,25
4	3,00	6167	23,56

Diâmetro ref - diâmetro de referência

Por outro lado, devem ser respeitados os diâmetros mínimos para os sub-ramais, em função dos aparelhos/equipamentos a serem instalados, os quais encontram-se na tabela 11.

Tabela 11 - Diâmetros mínimos para os sub-ramais de água fria.

Ponto de utilização para	Diâmetro Ref. (pol)
Aquecedor:	
alta pressão	1/2
baixa pressão	3/4
Banheira	1/2
Bebedouro	1/2
Bidê	1/2
Caixa de descarga	1/2
Chuveiro	1/2
Filtro de pressão	1/2
Lavatório	1/2
Máquina lavar roupas ou pratos	3/4
Pia de cozinha	1/2
Tanque lavar roupas	3/4
Válvula de descarga	1 1/4 *

*Quando a pressão estática de alimentação for inferior a 30 KPa (3 mca), recomenda-se instalar a válvula de descarga em sub-ramal com diâmetro de referência 1 1/2".

7.2.5 Perda de Carga

Para a determinação da pressão disponível nos vários trechos do necessário estimar a perda de energia que o líquido irá despendar para escoar, ou seja, a perda de carga.

No ANEXO 2 apresentam-se os conceitos fundamentais e a formulação para a determinação da perda de carga.

7.2.6 Verificação das pressões mínimas necessárias

Na seqüência, passa-se à verificação das PRESSÕES MÍNIMAS NECESSÁRIAS ao longo do sistema predial de água fria, em especial aquelas referentes aos pontos de utilização. Evidentemente, a geometria da instalação determina a(s) configuração(ões) crítica(s) a ser(em) verificada(s).

A pressão dinâmica disponível a jusante em um trecho qualquer é obtida através da seguinte expressão:

$$P_{\text{JUSANTE}} = P_{\text{MONTANTE}} \pm \text{Desnível} - \text{Perda de carga}$$

onde:

P_{JUSANTE} - pressão dinâmica disponível a jusante do trecho considerado;

P_{MONTANTE} - pressão dinâmica disponível a montante do trecho considerado;

Desnível - diferença de cotas geométricas dos pontos que definem o trecho:

↓ DESNÍVEL positivo

↑ DESNÍVEL negativo

No ANEXO 3 são apresentadas planilhas para o cálculo dos trechos do sistema de distribuição.

8. MATERIAIS E COMPONENTES DO SISTEMA PREDIAL DE ÁGUA FRIA

É grande a diversidade dos componentes empregados no sistema predial de água fria, em função disso, serão comentados neste item apenas os mais importantes, quais sejam:

- tubos e conexões;
- válvulas;

Também serão abordados neste itens alguns aspectos referentes aos aparelhos/equipamentos sanitários.

8.1 Tubos e Conexões

8.1.1 Cloreto de Polivinila (PVC Rígido)

Os tubos e conexões de PVC rígido para instalações prediais de água fria são fabricados no Brasil de acordo com as especificações contidas na NBR 5648 (EB892), nas dimensões padronizadas pela NBR-5680 (PB 277), abrangendo as séries soldável e roscável.

Para a série soldável, os diâmetros nominais externos variam de 16mm a 11mm, e para a série roscável, de 17mm a 113mm.

No caso dos tubos soldáveis, a junta é do tipo ponta-e-bolsa lisa ou ponta e bolsa lisa e luva, executada com adesivo especial a frio e por processo recomendado pelo fabricante; a junta roscável, por sua vez, é feita com roscas externas (padrão BSP, NBR 6414) nas pontas e luva, por processo e material de vedação recomendados pelo fabricante.

Para a classe 15, mais utilizada em sistemas prediais de água fria, a pressão de serviço é 750 KPa (75 mca.).

Na tabela 12 são apresentados os tubos de PVC rígido soldável, mais comumente utilizados no sistema predial de água fria.

Tabela 12 - Tubos de PVC rígido - linha soldável.

D REF (pol)	DN (mm)	DE (mm)	DI (mm)	e (mm)
1/2	20	20	17,0	1,5
3/4	25	25	21,4	1,8
1	32	32	27,8	2,1
1 1/4	40	40	35,2	2,4
1 1/2	50	50	44,0	3,0
2	60	60	53,0	3,5
2 1/2	75	75	66,6	4,2
3	85	85	75,6	4,7
4	110	110	97,8	6,1

D REF - diâmetro de referência DN - diâmetro nominal
DE - diâmetro externo DI - diâmetro interno
e - espessura da parede do tubo

As conexões são fabricadas por processo descontínuo em máquinas de injeção. A mistura plástica é forçada por um pistão a preencher as cavidades de um molde que é, em seguida, resfriado para se conseguir a solidificação da peça.

Existe uma grande variedade de tipos de conexões, por isso as mesmas não serão abordadas em detalhe neste trabalho. Informações podem ser obtidas diretamente nos catálogos dos fabricantes.

8.1.2 Aço Carbono

Para dar resistência à corrosão, os tubos de aço-carbono são galvanizados pelo processo de imersão a quente em zinco fundido. Neste processo de galvanização o zinco reage com a superfície do aço, formando uma camada protetora aderente e de difícil remoção.

Os tubos são fabricados a partir de chapas de aço ou lingotes de aço. Sendo de chapas, são dobrados e soldados, constituindo os chamados "tubos com costura". Os "tubos sem costura" são fabricados por laminação ou extrusão.

Os tubos de aço carbono zincados, com ou sem costura, utilizados em sistemas prediais para a condução de água, são fabricados, no Brasil, de acordo com as seguintes normas:

- NBR 5580 (EB 182): tubos aptos para rosca BSP (interna cilíndrica e externa cônica), padronizada pela NBR 6414 (PB 14), JIS R-7 ou DIN 2999, com diâmetros que podem variar de 1/8" a 6";
- NBR 5885 (EB 331) tubos aptos para rosca NPT (interna e externa cônicas), padronizada pela ANSI B2.1, com diâmetros entre 1/8" e 12";

As principais diferenças das roscas BSP e NPT são a altura do filete, o ângulo do filete, o formato da crista e da raiz, e o comprimento do passo. A altura do filete de uma rosca NPT é maior que da rosca BSP, portanto a espessura da parede de uma rosca NPT terá de ser também maior.

Os diferentes tipos de roscas implicam em processos de vedação distintos não podendo ser acoplados simultaneamente roscas BSP e NPT, ou seja, as mesmas não são intercambiáveis.

Os tubos comumente utilizados em sistemas prediais de água fria são de classe média, submetidos a pressão de teste de 5000 KPa (500 mca.); são fabricados em barras de 6,00 m de comprimento, rosqueados nas extremidades com roscas cônicas BSP e os diâmetros de referência variando de 1/2" até 5" conforme a tabela 13.

Tabela 13 - Tubos de aço carbono - classe média

D REF (pol)	DN (mm)	DE (mm)	DI (mm)	e (mm)
1/2	21	21,0	15,7	2,65
3/4	27	26,5	21,2	2,65
1	33	33,3	26,6	3,35
1 1/4	42	42,0	35,3	3,35
1 1/2	48	47,9	41,2	3,35
2	60	59,7	52,2	3,75
2 1/2	76	75,3	67,8	3,75
3	89	88,0	79,5	4,25
4	114	113,1	104,1	4,5
5	141	138,5	128,5	5,00

D REF - diâmetro de referência DN - diâmetro nominal
DE - diâmetro externo DI - diâmetro interno
e - espessura da parede do tubo

As conexões, de ferro fundido maleável de núcleo preto, em produção normal também são submetidas ao processo de zincagem por imersão a quente e fabricadas conforme as especificações das seguintes normas:

- NBR 6943 (PB 10) ou ISO R-49: conexões classe 10 aptas para rosca BSP;
- NBR 6925 (PB 156) ou ANSI B16.3: conexões classe 20 aptas para rosca NPT

8.1.3 Cobre

Os tubos de cobre, são fabricados por extrusão e denominados "tubos sem costura". Devem ser produzidos, no Brasil, em conformidade, com as especificações das seguintes normas:

- NBR 6318: tubos leves
- NBR 7417: tubos extra-leves
- NBR 7542: tubos médios e pesados

e obedecendo aos requisitos gerais estabelecidos na NBR 5020. Os tubos leves e extra-leves são os mais empregados, compreendendo as classes A, E e I, com diâmetros nominais externos entre 15 mm e 104 mm, com pressões de serviço de 20,0 Kgf/cm² até 88 Kgf/cm², dependendo da bitola e da classe do tubo. Na tabela 14 são apresentados os tubos de cobre classe E, mais comumente empregados em sistemas prediais.

Tabela 14 - Tubos de cobre - classe E

D REF (pol)	DN (mm)	DE (mm)	DI (mm)	e (mm)
1/2	15	15,0	14,0	0,5
3/4	22	22,0	20,8	0,6
1	28	28,0	26,8	0,6
1 1/4	35	35,0	33,6	0,7
1 1/2	42	42,0	40,4	0,8
2	54	54,0	52,2	0,9
2 1/2	66	66,7	64,3	1,2
3	79	79,4	77,0	1,2
4	104	104,8	102,4	1,2

D REF - diâmetro de referência DN - diâmetro nominal
 DE - diâmetro externo DI - diâmetro interno
 e - espessura da parede do tubo

As conexões de cobre, fabricadas de acordo com a EB 366, podem apresentar pontas e/ou bolsas lisas e/ou roscadas, em função direta da sua finalidade. Para unir pontas e bolsas lisas, as juntas são efetuadas, em geral, através de soldagem capilar, utilizando metal de enchimento composto basicamente de 50% de estanho e 50% de chumbo (NBR 5883). No caso de roscas macho e fêmea, estas seguem o padrão BSP.

8.1.4 Comentários

As principais vantagens e desvantagens dos tubos plásticos são apresentadas a seguir [KAVASSAKI, 1987]:

VANTAGENS:

- material leve e de fácil manuseio;

- alta resistência à corrosão;
- baixa condutividade térmica e elétrica;
- pouca acumulação de depósitos
- eliminação do perigo de incêndio, durante a construção (não usa maçarico, soldagem elétrica);
- baixa transmissão acústica ao longo dos tubos, em função da pouca rigidez;
- flexibilidade;
- perda de carga menor (em geral),
- menor custo, com tendência a diminuir comparativamente (em geral).

DESVANTAGENS:

- baixa resistência ao calor;
- degradação por exposição aos raios ultra-violeta;
- baixa resistência mecânica;
- maior insegurança quanto aos dados de desempenho dos tubos, face ao menor tempo de uso na prática;
- produção de fumaça e gases tóxicos em combustão;

Os tubos metálicos, por sua vez, apresentam as seguintes vantagens e desvantagens:

VANTAGENS:

- estabilidade dimensional;
- incombustibilidade às temperaturas usuais de incêndio em edificações;
- aterramento dos aparelhos elétricos através do próprio tubo;
- maior confiabilidade nos dados de desempenho.

DESVANTAGENS:

- susceptibilidade à corrosão;
- dificuldade na montagem de tubos e conexões;
- acumulação de depósitos por corrosão, suspensões e precipitação química;
- contaminação da água através da solda de chumbo, da corrosão e outros resíduos;
- alta transmissão acústica ao longo dos tubos;
- maior perda de carga (em geral);
- maior custo.

8.2 Válvulas

As válvulas são dispositivos destinados a estabelecer, controlar e interromper o fornecimento de água nas tubulações e nos aparelhos sanitários.

As principais válvulas empregadas no sistema predial de água fria são: misturadores, torneiras de bóia, válvulas de gaveta, válvulas globo ou de pressão, válvulas de retenção e válvulas redutoras de pressão, as quais serão comentadas a seguir.

8.2.1 Válvula de Gaveta

A válvula de gaveta, apresentada na figura 22, é um dispositivo com o qual o fluxo de água é permitido ou impedido de escoar. Esta válvula deve ser usada apenas nas posições totalmente aberta ou totalmente fechada. Se, eventualmente, ela for utilizada numa posição intermediária, o disco (A) fica sujeito a vibrações que acabam por comprometer a vida útil do sistema.

Basicamente são utilizadas tendo em vista possibilitar a manutenção de partes do sistema sem interromper o funcionamento do restante, como por exemplo: antes da válvula de bóia, nas saídas dos reservatórios e das bombas, no início das colunas e dos ramais.

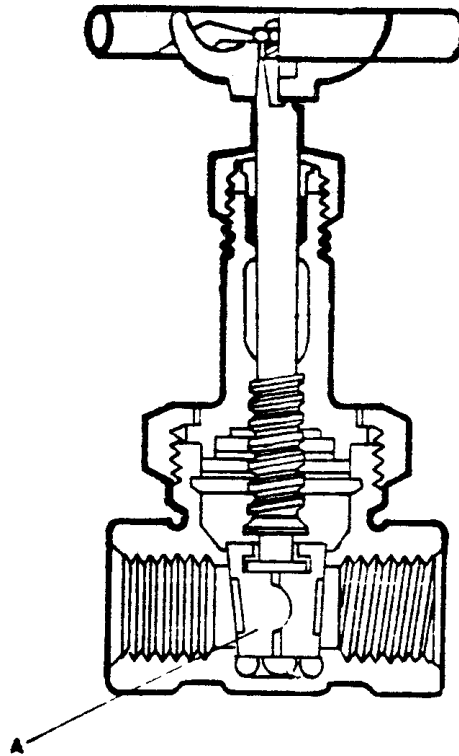


Figura 22 - Válvula de gaveta.

8.2.2 Válvula Globo

A válvula globo, apresentada na figura 23, é um dispositivo destinado a regular a vazão do fluxo de água. O princípio de funcionamento se baseia praticamente em um controle de formato tronco-cônico (A), ou apenas um disco, que se desloca pelo movimento da haste (B), devido ao giro do volante (C), permitindo a passagem do fluxo; desta maneira, o fluxo de água escoar por igual, à volta do disco, não provocando vibrações. Tem fechamento mais rápido do que as válvulas de gaveta e apresenta grande perda de carga.

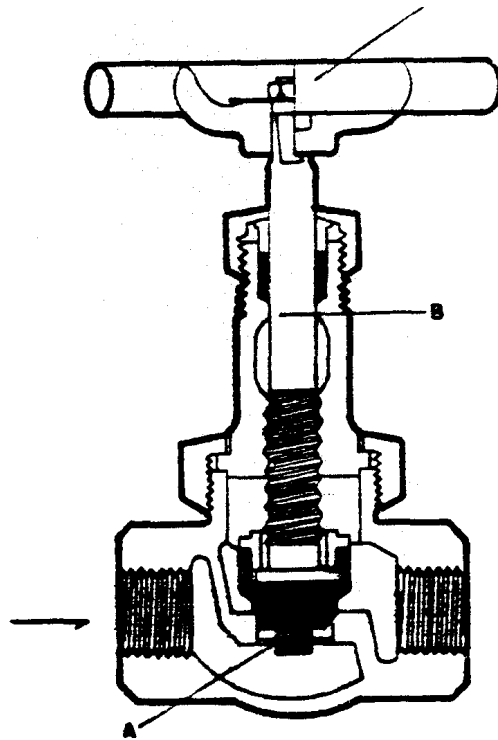


Figura 23 - Válvula globo.

A válvula globo, também denominada de registro de pressão, é usada, basicamente, em chuveiros, torneiras e misturadores.

O misturador nada mais é do que uma composição de válvulas globo, de forma a proporcionar a mistura entre a água fria e a água quente, sendo convencionado que a alimentação da água fria é feita pela direita e a da água quente pela esquerda considerando-se o observador posicionado de frente, para o aparelho sanitário. Exceção para o caso da alimentação água fria para a bacia sanitária com caixa acoplada, que é feita pela esquerda.

8.2.3 Válvula de Retenção

A válvula de retenção permite o escoamento em uma única direção. Possui dispositivos que possibilitam o fechamento automático quando ocorrem diferenças de pressão provocadas pelo próprio escoamento do líquido.

A válvulas de retenção pode ser do tipo "portinhola" (horizontal) ou tipo "pistão", sendo esta última utilizada na posição vertical e também horizontal.

Na válvula de retenção tipo portinhola, apresentada na figura 24, com o fluxo no sentido normal, a portinhola (A) mantém-se aberta girando em torno do pino (B); quando ocorre uma inversão no sentido do escoamento, a própria pressão da água fará com que a portinhola permaneça fechada. A válvula tipo portinhola apresenta menor perda de carga do que a tipo pistão.

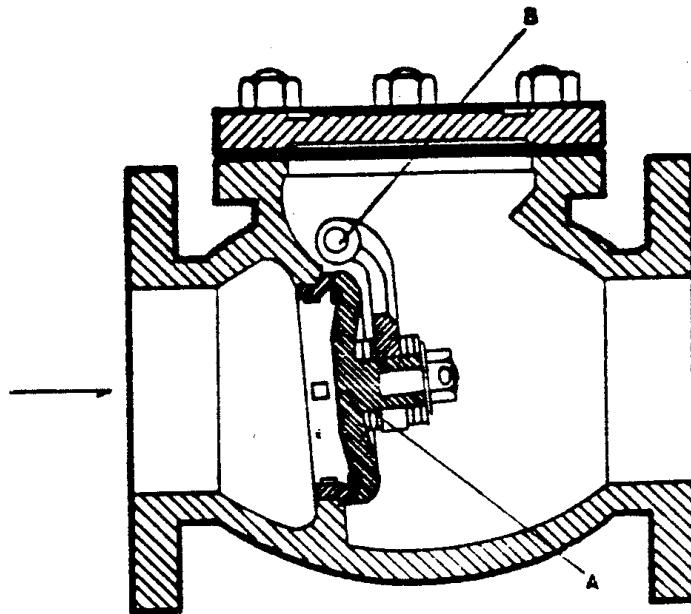


Figura 24 - Válvula de retenção tipo portinhola.

Na válvula de retenção tipo pistão, apresentada na figura 25, com o fluxo, ocorre o deslocamento do pistão (A) e, analogamente ao caso anterior, a tendência à inversão do escoamento provoca o seu bloqueio.

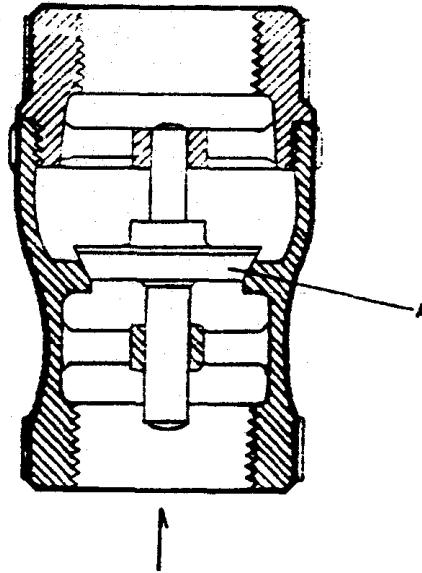


Figura 25: Válvula de retenção tipo pistão.

Na tubulação de sucção do reservatório utiliza-se uma válvula de retenção dotada de um crivo de modo a evitar a entrada de corpos estranhos que possam danificar os equipamentos do sistema.

8.2.4 Válvula Redutora de Pressão

Conforme visto anteriormente, em determinadas situações de projeto existe a necessidade de reduzir a pressão disponível, tendo em vista problemas de ruído, corrosão e golpe de ariete.

O esquema típico de um sistema com redução de pressão, conforme mostra a figura 26, consiste de dois manômetros (pressão de entrada e de saída), uma válvula redutora, válvulas gaveta para regulagem e um filtro "Y" colocado a montante da válvula redutora de pressão - VRP . Deve ser previsto ainda um desvio ("by-pass"), utilizado em caso de manutenção, e uma segurança.

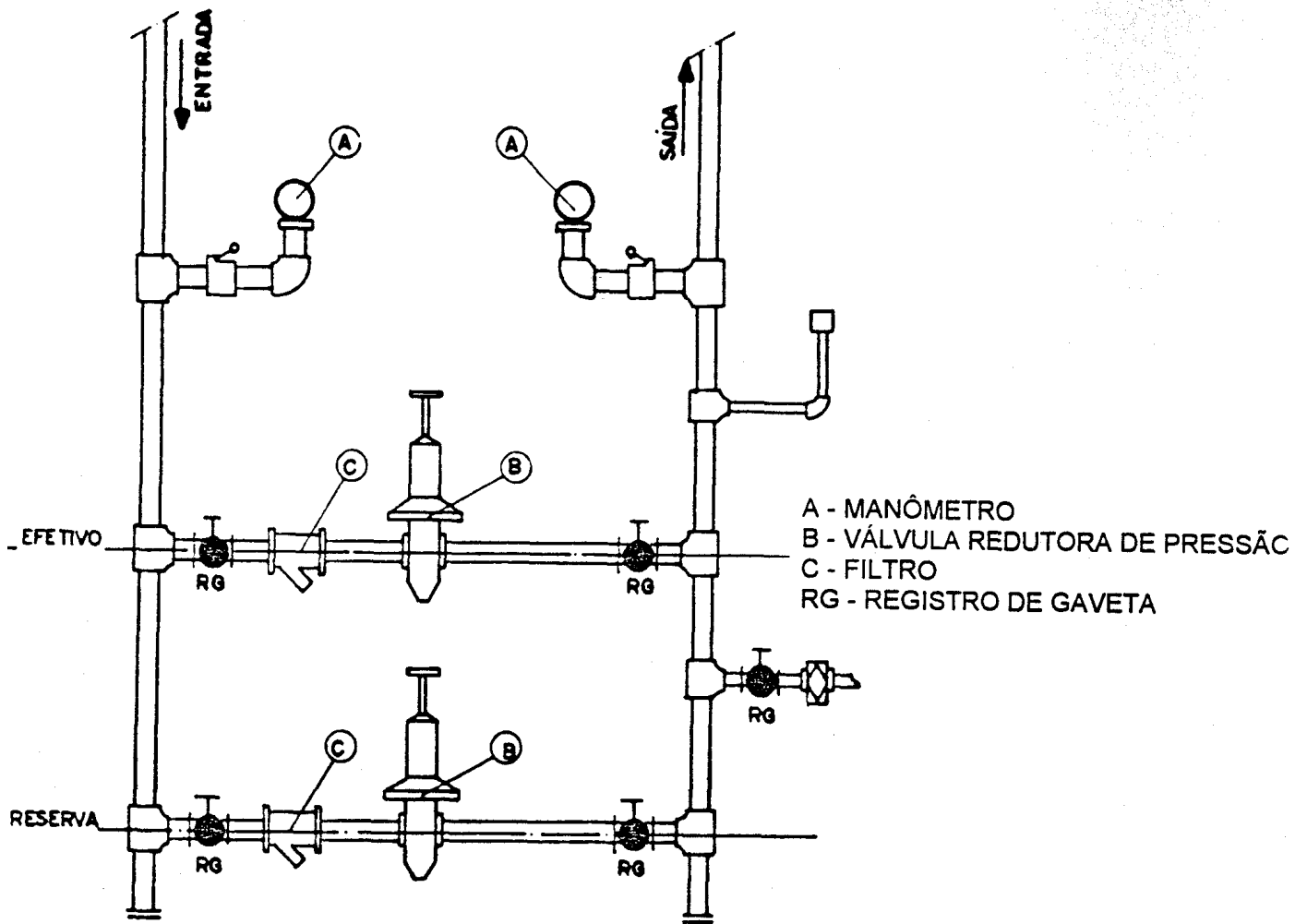


Figura 26 - Estação redutora de pressão.

Na figura 27 apresenta-se o esquema de uma válvula redutora de pressão (VRP) com filtro acoplado. Quando o parafuso (A) está solto, não existe carga sobre a mola (B) e a válvula (C) permanece fechada. Por sua vez, estando o parafuso apertado, a carga atuante sobre a mola transmite-se ao diafragma (D) abrindo a válvula e a pressão de saída age sobre o diafragma até que se dê o equilíbrio, o qual é mantido enquanto houver fluxo, garantindo uma pressão constante. Na ausência de escoamento, a válvula se fecha.

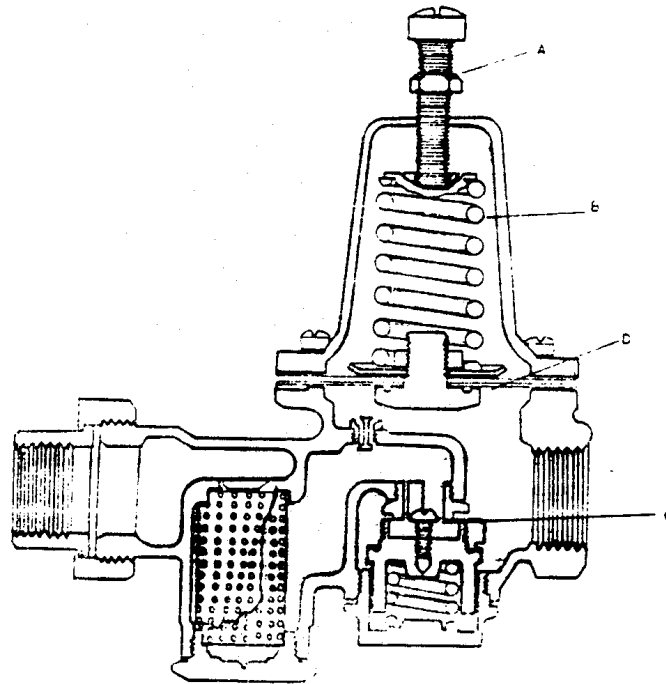


Figura 27 - Válvula redutora de pressão com filtro acoplado.

8.2.5 Válvula Bóia

Trata-se de uma válvula com bóia destinada a interromper a entrada de água nos reservatórios e caixas de descarga quando se atinge o nível operacional máximo previsto.

8.3 Aparelhos Sanitários

Os aparelhos/equipamentos sanitários comumente empregados nos edifícios podem ser divididos em:

- bacia sanitária
 - com caixa suspensa (externa ou embutida);
 - com caixa acoplada
 - com válvula de descarga
- mictório
 - suspenso;
 - até o piso
- lavatório

- cuba em tampo;
- com pedestal
- suspenso

- bidê
- chuveiro
- tanque de lavar roupas
- máquina de lavar roupas
- máquina de lavar pratos
- filtro
- torneira de lavagem
- pia de cozinha
 - com cuba simples',
 - com cuba dupla

No ANEXO 4 é apresentado um levantamento, feito por BASSO et al [1987], das alturas dos pontos de alimentação de água para os aparelhos/equipamentos sanitários relacionados acima, a partir de catálogos de fabricantes.

9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Instalações prediais de água fria** - NBR-5626. Rio de Janeiro, 1982.

BASSO, A. et al. **Ambientes sanitários**. São Paulo, 1987. /Seminário apresentado ao Curso de Pós Graduação - Disciplina PCC-703 - Instalações Hidráulicas Prediais – 1ª parte/.

BELINAZO, H. J. **Manual de instalações hidráulicas e sanitárias**. Santa Maria, 1993. /Notas de aula da disciplina Instalações Hidráulicas e Sanitárias/.

GRAÇA, M. E. A. **Formulação de Modelo para Avaliação das Condições Determinantes da Necessidade de Ventilação Secundária em Sistemas Prediais de Coleta de Esgotos Sanitários**. São Paulo, 1985. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

GONÇALVES, O. M. **Formulação de Modelo para a estimativa das vazões de projeto em sistemas prediais de água fria**. São Paulo, 1983. Tese (Doutorado), Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

ILHA, M. S. de O. **Qualidade dos sistemas hidráulicos prediais**. São Paulo, EPUSP, 1993. (Texto Técnico. Escola Politécnica da USP. Departamento de Engenharia de Construção Civil, TT/PCC/07).

KAVASSAKI, Y. **Tubulações para instalações prediais de água**. São Paulo, 1987. /Seminário apresentado ao Curso de Pós Graduação - Disciplina PCC703 - Instalações Hidráulicas Prediais – 1ª parte/.

SOUZA, P. A. **Escoamento de fluídos em condutos forçados**. São Paulo, s.d. /Notas de aula/.

TECNOLOGIA DE SISTEMAS EM ENGENHARIA - TESIS. **Detalhes de projeto**. s.l.,1994.

10 BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

LUZ, E. B. da. **Sistemas prediais de água fria**. São Paulo, 1982. Dissertação (Mestrado), Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

GUIMARÃES, M. et al. **Sistemas prediais de água fria**. São Paulo, 1987. /Seminário apresentado ao Curso de Pós Graduação - Disciplina PCC-703 Instalações Hidráulicas Prediais – 1ª parte/.

LANDI, F. R. **Instalações prediais de água fria**. São Paulo, s.d. /Apostila da disciplina PCC-463 - Instalações na construção civil I/.

INSTALAÇÕES prediais de água fria. São Paulo, s.d. /Notas de aula da disciplina PCC-463 -Instalações na construção civil I/.

NOGAMI, P. S. et al. **BOMBAS E SISTEMAS DE RECALQUE**. São Paulo, 1974, CETESB.

AGRADECIMENTOS












Os autores gostariam de manifestar o seu agradecimento ao Eng. Daniel Costa dos Santos, Eng^a Lúcia Helena de Oliveira e ao estagiário Humberto Farina por suas colaborações no desenvolvimento deste trabalho.

ANEXO 1

PROJETO DO SISTEMA PREDIAL DE ÁGUA FRIA - SIMBOLOGIA E ELEMENTOS BÁSICOS

SIMBOLOGIA

colunas:

	finalidade diâmetro
	coluna de água fria
	coluna de água fria para válvula de descarga
	coluna de limpeza
	coluna de extravasão
	coluna do alimentador predial
	coluna de alimentação do barrilete
	coluna de recalque
	coluna de sucção
	coluna desviada
	coluna de alimentação de barrilete inferior

tubulações



tubulação de água fria

válvulas, registros e equipamentos



válvula de retenção



válvula fluxível



registro de gaveta

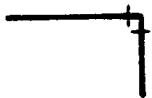


registro de pressão (globo)

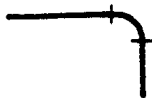


válvula de pé com crivo

conexões



joelho 90°



curva 90°



joelho 45°



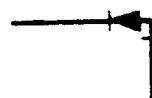
curva 45°



joelho 90° voltado para cima



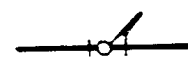
joelho 90° voltado para baixo



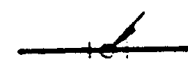
joelho de redução



tê 90°



tê 90° voltado para cima



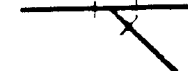
tê 90° voltado para baixo



tê de redução

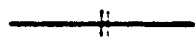


tê 45°



niple





junta com flanges



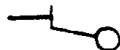
bujão ou plug



tampão ou cap



torneira



válvula de bóia



tubulação ascendente



tubulação descendente

abreviaturas

AC - aço carbono

BB - bebedouro

BS - bacia sanitária

BH - banheira

CH - chuveiro

EX - extravasor

F^oF^o - ferro fundido

FI - filtro

LI - limpeza

LV - lavatório

MIC - mictório

MLP - máquina de lavar pratos

MLR - máquina de lavar roupas

PVC - cloreto de polivinil

PI - pia de cozinha

RG - registro de gaveta

RP - registro de pressão

TA - tanque de lavar roupas

TJ - torneira de jardim

ELEMENTOS BÁSICOS DO SISTEMA PREDIAL DE ÁGUA FRIA

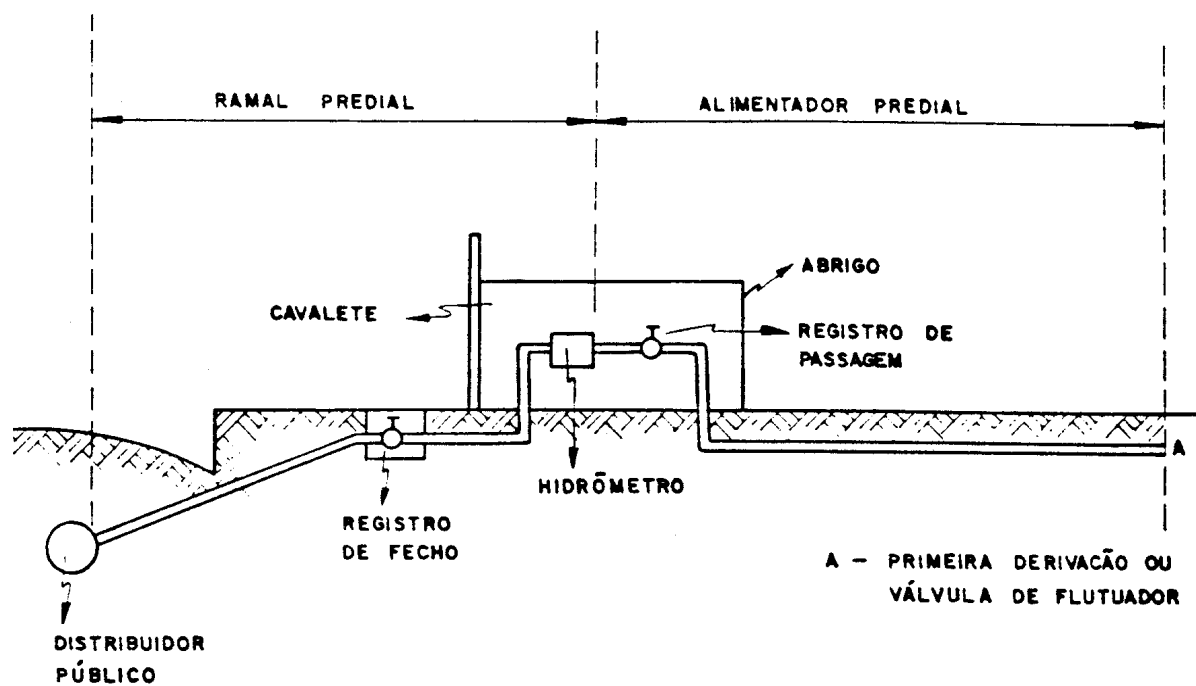


Figura a.1.1 - Sistema de alimentação de água fria. Padrão SABESP.

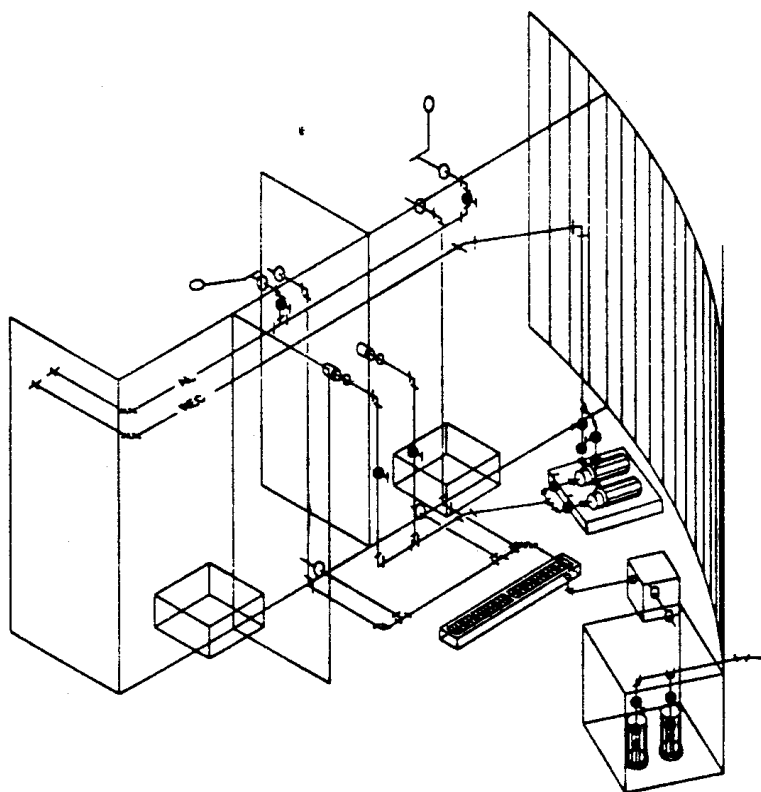


Figura a.1.2 - Reservatório inferior de água fria.

- 1 CONJUNTO MOTOR - BOMBA
- 2 TUBULAÇÃO DE RECALQUE
- 3 TUBULAÇÃO DE SUCCÃO
- 4 QUADRO DE COMANDO ELÉTRICO
- 5 VÁLVULA DE PÉ COM CRIVO
- 6 VÁLVULA DE RETENÇÃO
- 7 REGISTROS GAVETA
- 8 CHAVE BÓIA ELÉTRICA
- 9 RESERVATÓRIO INFERIOR
- 10 RESERVATÓRIO SUPERIOR
- 11 ENTRADA DE ENERGIA ELÉTRICA
- 12 TUBULAÇÕES PARA ENERGIA ELÉTRICA

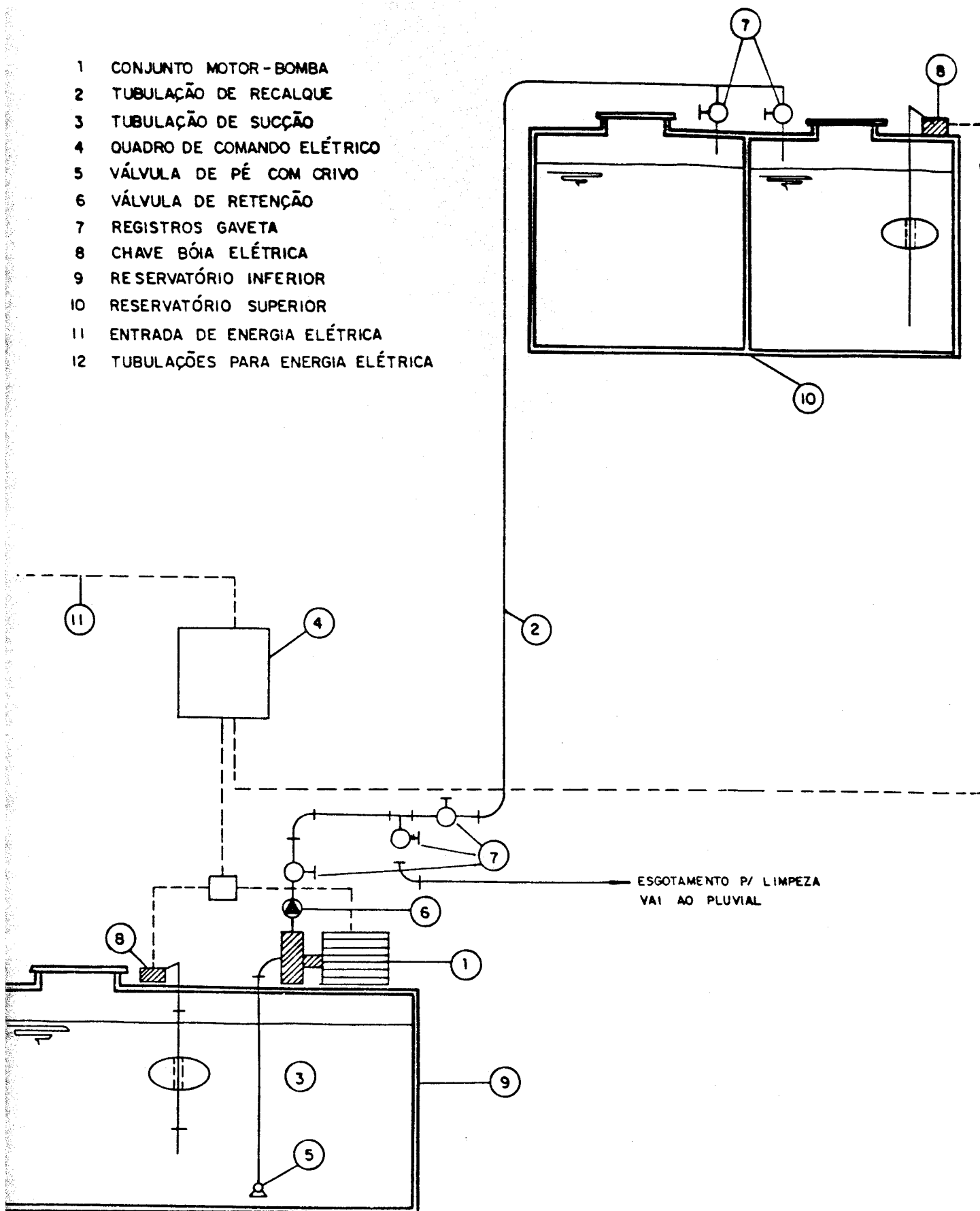


Figura a.1.3 - Sistema elevatório. Fonte: [BELINAZO, 1993]

ELEMENTOS BÁSICOS DO SISTEMA PREDIAL DE ÁGUA FRIA

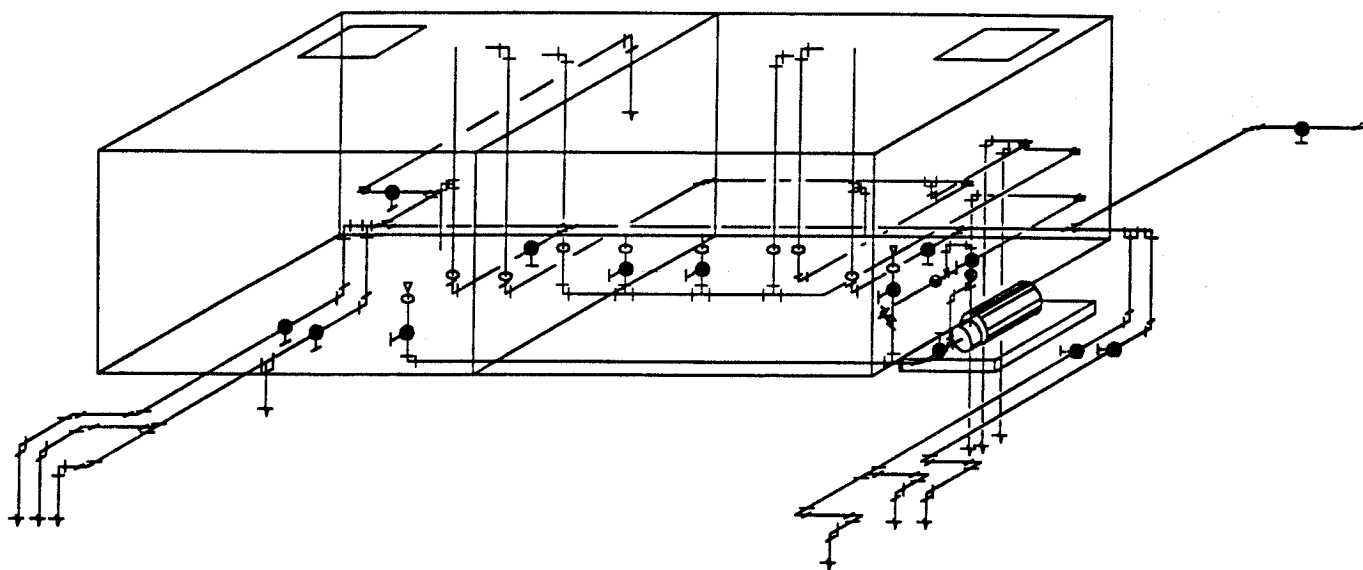


Figura a.1.4 - Reservatório superior de água fria. Fonte: TESIS [1994]

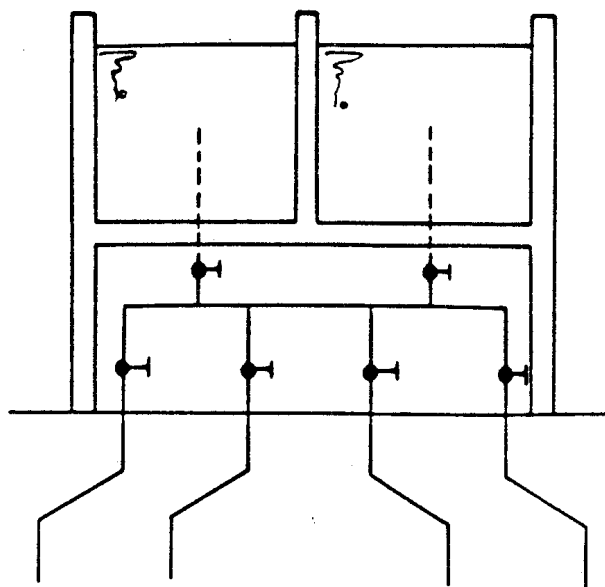


Figura a.1.5 - Barrilete superior e colunas de distribuição de água fria.

ELEMENTOS BÁSICOS DO SISTEMA PREDIAL DE ÁGUA FRIA

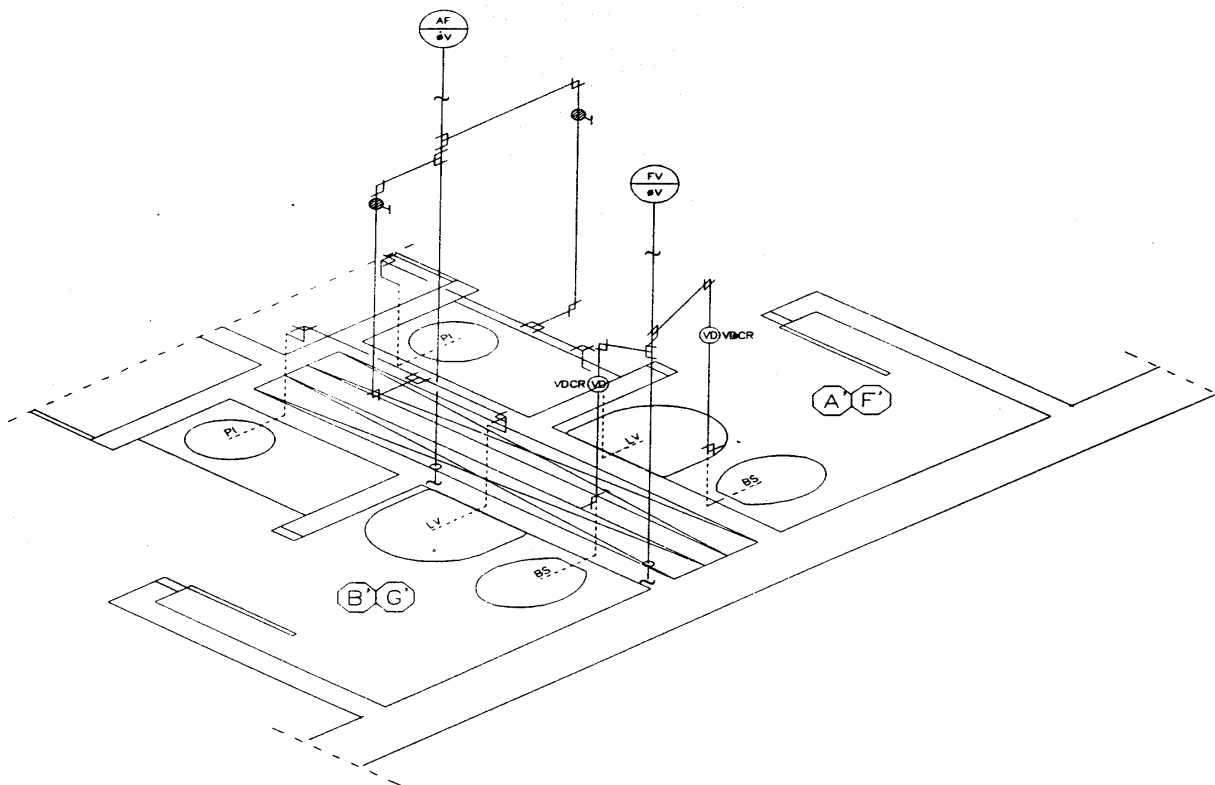


Figura a.1.6 - Desenho isométrico dos ambientes sanitários na escala 1:20 - Banheiro. (Costuma-se indicar os diâmetros em milímetros).

NOTAS GERAIS:

- 1 - OS DIÂMETROS APRESENTADOS SÃO OS EXTERNOS DO FABRICANTE E ESTÃO INDICADOS EM MM (VER TABELA DE EQUIVALÊNCIA), EXCETO ESGOTO E AGUAS PLUVIAIS QUE SÃO OS NOMINAIS
- 2 - AS TUBULAÇÕES DE ESGOTO TERÃO DECLIVIDADE MÍNIMA DE:
 ATÉ Ø70mm → 2,0%
 > Ø70mm → 1,0%
- 3 - AS TUBULAÇÕES DE A. PLUVIAIS TERÃO DECLIVIDADE MÍNIMA DE 0,5%, EXCETO INDICAÇÃO CONTRÁRIA
- 4 - PARA AS INDICAÇÕES DE ØV VER FLUXOGRAMA FOLHA C-713-04-08-13/13
- 5 - OS MATERIAIS ESPECIFICADOS DAS TUBULAÇÕES SÃO:

⊖ AF/FV/LAL(RES.SUP.)	- PVC MARRON
⊖ E/V	- PVC BRANCO
⊖ AS	- PVC BRANCO
⊖ AP	- PVC SÉRIE R
⊖ R/AVRP	- FERRO GALVANIZADO
- 6 - PARA LEGENDA VER FOLHA C-715-04-08-01/13
- 7 - AS TUBULAÇÕES SEM INDICAÇÃO DE DIÂMETRO SERÃO DE:
 ÁGUA FRIA = 25mm
- 8 - A PARTIR DOS DESAOS DAS PRIMADAS (PÉ DA COLUNA) DE ESGOTO/A.PLUVIAIS AS TUBULAÇÕES DEVERÃO SER EXECUTADAS EM PVC "SÉRIE R"

OBS:

- 1 - PARA INSTALAÇÕES DE PREVENÇÃO E COMBATE A INCÊNDIOS VER PROJETO ESPECÍFICO

ELEMENTOS BÁSICOS DO SISTEMA PREDIAL DE ÁGUA FRIA

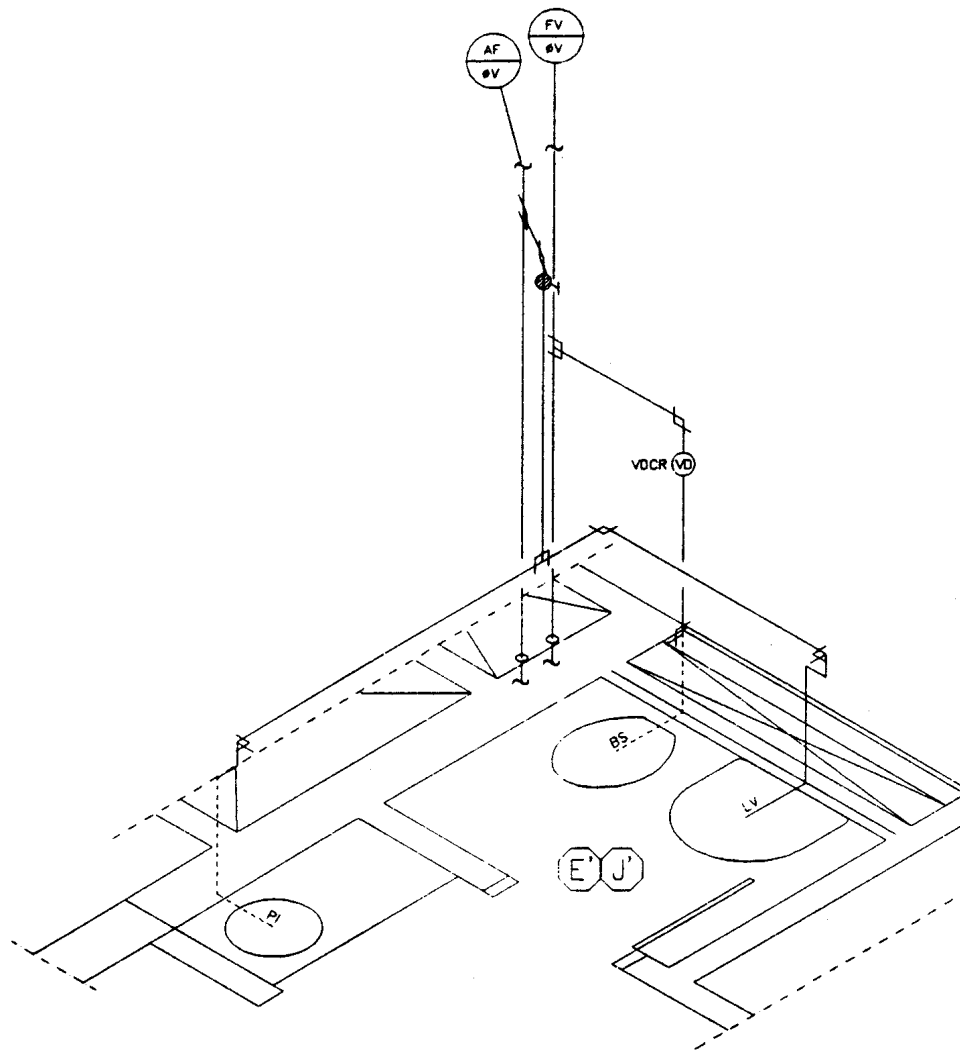


Figura a.1.7 - Desenho isométrico dos ambientes sanitários Fonte: TESIS [1994]

ANEXO 2

FUNDAMENTOS DE MECÂNICA DOS FLUÍDOS APLICADOS AO DIMENSIONAMENTO DE CONDUTOS FORÇADOS

A2.1. PRINCÍPIO DA CONSERVAÇÃO DE ENERGIA

Considere-se um líquido perfeito de peso específico γ que escoa em regime permanente, no interior de um conduto, de paredes perfeitamente lisas, mostrado na Figura a.2.1.

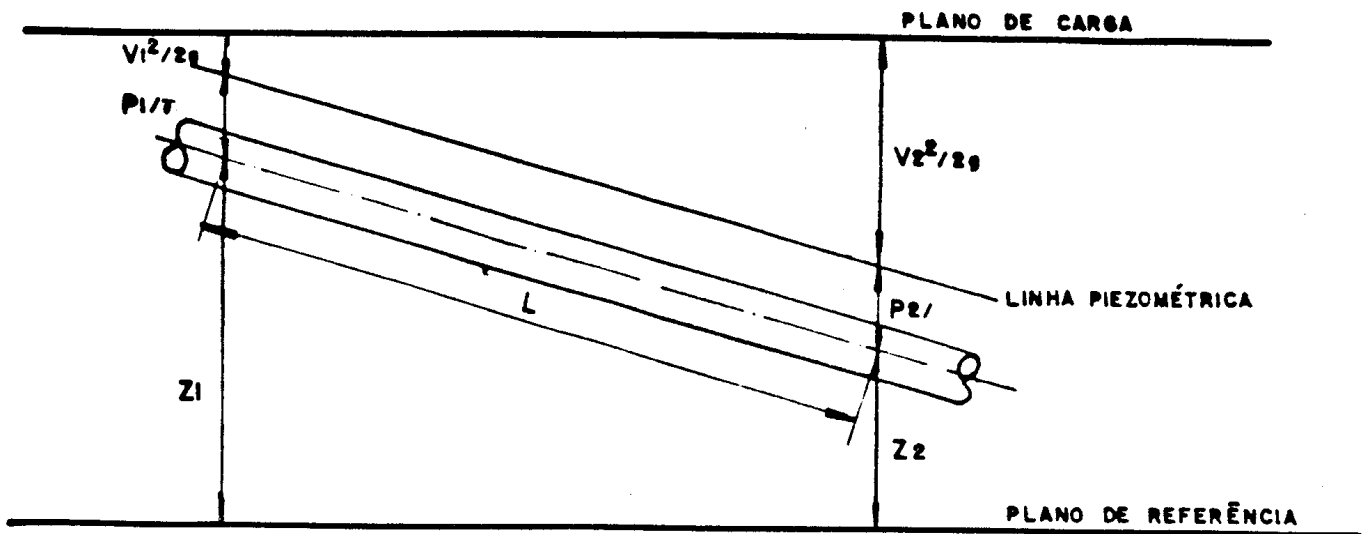


Figura a2.1 - Teorema de Bernoulli aplicado ao escoamento de fluidos em condições ideais.

Pelo princípio da conservação da energia sabe-se que a soma da energia de posição com a energia cinética é constante em qualquer ponto do líquido, ou seja:

$$m g \left(z + \frac{p}{\gamma} + \frac{V^2}{2g} \right) = \text{constante} \quad [1]$$

ou:

$$z + \frac{p}{\gamma} + \frac{V^2}{2g} = H \quad [2]$$

que é a expressão do Teorema de Bernoulli,

onde:

V - velocidade média do fluido na seção transversal do tubo;

$\frac{V^2}{2g}$ - carga cinética;

g - aceleração da gravidade;

p - pressão;

$\frac{p}{\gamma}$ - carga piezométrica;

γ - peso específico do fluido;

z - elevação da seção com referência a um plano arbitrário.

No caso de escoamento de fluidos reais em condutos reais, deve ser incorporado um fator correspondente à energia dissipada pelo efeito da viscosidade do fluido e do atrito contra as paredes do tubo.

A expressão [1] passa então a ser, da figura a2:

$$z + \frac{p}{\gamma} + \alpha \frac{V^2}{2g} + \Delta H = H \quad [3]$$

Onde:

ΔH - perda de carga;

α - (coeficiente de Coriolis) = 1.1 para sistemas prediais de água.

O coeficiente de Coriolis permite que se represente as velocidades ocorridas na seção transversal que contém o ponto considerado, oriundas da combinação dos efeitos de atrito externo e velocidade, pela velocidade média V .

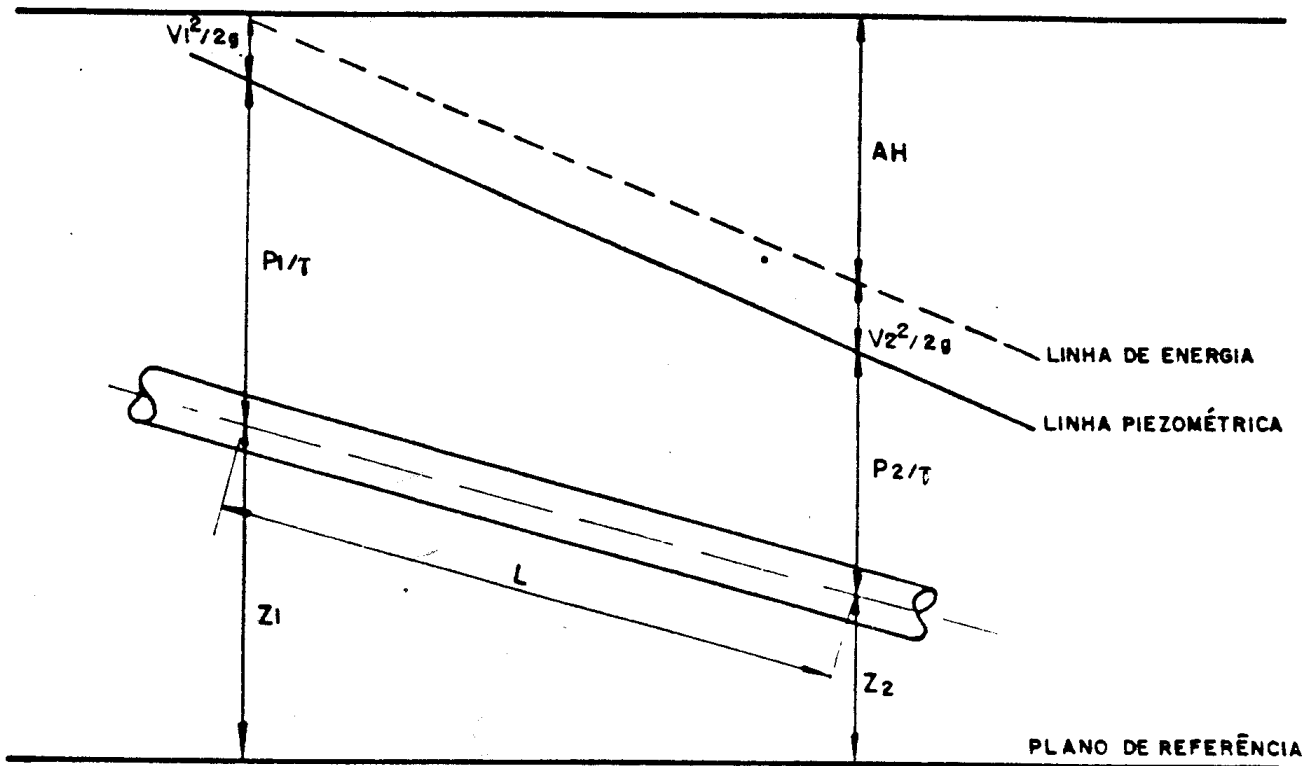


Figura a2.2 - Teorema de Bernoulli aplicado ao escoamento de fluidos em condições reais.

A carga de velocidade $V^2/2g$, para o caso dos sistemas prediais de água é quase sempre da ordem de alguns centímetros de coluna d'água e, portanto, pode ser desprezada sem que com isso se incorra em maiores imprecisões.

Assim, a expressão resultante do princípio da conservação de energia pode se reduzida a:

$$H = z + \frac{p}{\gamma} + hf \quad [4]$$

A2.2. Perda de Carga

Sob o ponto de vista prático, os condutos hidráulicos não podem ser considerados perfeitos, pois, além de possuírem rugosidade interna, raramente consistem apenas de trechos retilíneos e de seção constante. Singularidades de todos os tipos e formas, como registros, válvulas, medidores e conexões diversas, sempre estão presentes, intercalando trechos retos.

Ocorre, ao longo dos condutos, em vista disso, uma degradação irreversível de energia, resultante de determinadas características do escoamento, como variações na seção transversal, mudanças de direção, separação de escoamento, grandes acelerações ou desacelerações, desenvolvimento de camada limite, correntes secundárias e, quase sempre, combinações dessas que alteram proporcionalmente o perfil de distribuição de velocidade, constituindo o que se denomina de perda de carga.

A2.2.1 Perda de Carga ao Longo dos Condutos

A2.2.1.1 Fórmula Universal

Verifica-se experimentalmente que a perda de carga ΔH para escoamento uniforme de um fluido incompressível, em um conduto retilíneo, depende dos seguintes parâmetros:

- comprimento, diâmetro e rugosidade absoluta da superfície interna do tubo;
- velocidade média de escoamento;
- massa específica e viscosidade dinâmica do fluido,

cuja relação é expressa pela denominada "Fórmula Universal de Perda de Carga":

$$\Delta H = f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g} \quad [3]$$

Ou:

$$\Delta H = \frac{8 f L Q^2}{\pi^2 D^5 g} \quad [4]$$

onde:

- D - diâmetro do tubo;
- L - comprimento do tubo;
- f - fator de atrito;
- Q, V, g, ΔH - já definidos.

A utilização da fórmula universal de perda de carga depende da determinação do fator de atrito f, que depende do regime de escoamento que se estabelece na tubulação e, conseqüentemente, do número de Reynolds:

$$Re = \frac{V D}{\nu} \quad [5]$$

Onde:

- V, D - já definidos
- ν - viscosidade dinâmica do fluido

Na Tabela a2.1 apresenta-se os valores da viscosidade dinâmica da água de acordo com a sua temperatura.

Tabela a2.1 - Viscosidade dinâmica da água.

temperatura (°C)	viscosidade cinemática (x 10 ⁻⁵ m ² /s)
0	1,794
4	1,558
20	1,011
40	0,559
50	0,478
70	0,415

a. Regime Laminar

Para valores de $Re < 2500$, o regime é laminar e o fator f depende apenas da viscosidade do fluido, podendo ser determinado pela equação de Hagen-Poiseuille:

$$f = \frac{64}{Re}$$

[6]

b. Regime Turbulento

Para valores de $Re > 4000$, o regime é turbulento. Na tabela a2.2 apresenta-se os valores limites inferiores para a ocorrência de regime turbulento para os diâmetros comerciais.

Tabela a2.2 - Valores limites para ocorrência de regime turbulento

Diâmetro		velocidade (m/s)	Vazão (l/s)
REF (pol)	interno (mm)		
1/2	12,70	0,1575	0,020
3/4	19,05	0,1050	0,030
1	25,04	0,0787	0,040
1 1/4	31,75	0,0530	0,050
1 1/2	38,10	0,0525	0,050
2	50,80	0,0394	0,080
2 1/2	53,50	0,0315	0,100
3	75,20	0,0252	0,120
4	101,50	0,0197	0,150

Neste caso, o fator de atrito f pode ser determinado através de fórmulas explícitas, desenvolvidas para cada faixa de escoamento.

b.1. Regime turbulento hidraulicamente liso

$$\text{Para } \frac{Re^{0.9}}{D/k} \leq 31$$

[7], o regime é hidraulicamente liso

onde:

k - rugosidade equivalente (altura média das irregularidades) do tubo;

Re, D - já definidos.

A relação k/D é denominada rugosidade relativa.

Neste caso, o fator de atrito f é função do Número de Reynolds e não depende da rugosidade do tubo, podendo ser determinado a partir de:

$$f = \left[-2 \log \left(\frac{5.62}{Re^{0.9}} \right) \right]^{-2} \quad [8]$$

b.2. Regime turbulento hidraulicamente misto

$$\text{Se } 31 < \frac{Re^{0.9}}{D/k} < 448$$

[9], o regime é hidraulicamente misto

e o fator de atrito f pode ser determinado a partir de:

$$f = \left[-2 \log \left(\frac{5.62}{Re^{0.9}} + \frac{k}{3.71D} \right) \right]^{-2} \quad [10]$$

b.3. Regime turbulento hidraulicamente rugoso

$$\text{Se } \frac{Re^{0.9}}{D/k} \geq 448$$

[9] o regime é hidraulicamente rugoso

e o fator de atrito f pode ser determinado a partir de:

$$f = [-2 \log \left(\frac{k}{3.71D} \right)]^2 \quad [12]$$

Na Figura a2.3. apresenta-se o fluxograma para a determinação da perda de carga a partir das fórmulas acima.

A2.2.1..2 Fórmulas Empíricas

A despeito da aparente simplicidade de manuseio, as fórmulas empíricas devem ser utilizadas apenas em faixas restritas de diâmetro. Além disso, nem sempre os coeficientes numéricos associados se apresentam compatíveis com a temperatura e com o regime de escoamento estabelecido, correndo-se o risco de cometer erros graves de natureza conceitual.

Existem diversas fórmulas empíricas para o cálculo da perda de carga ao longo das tubulações, podendo ser destacadas as seguintes:

- . Fórmula de Hazen-Williams
- . Fórmula de Flamant
- . Fórmulas de Fair-Whipple-Hsiao

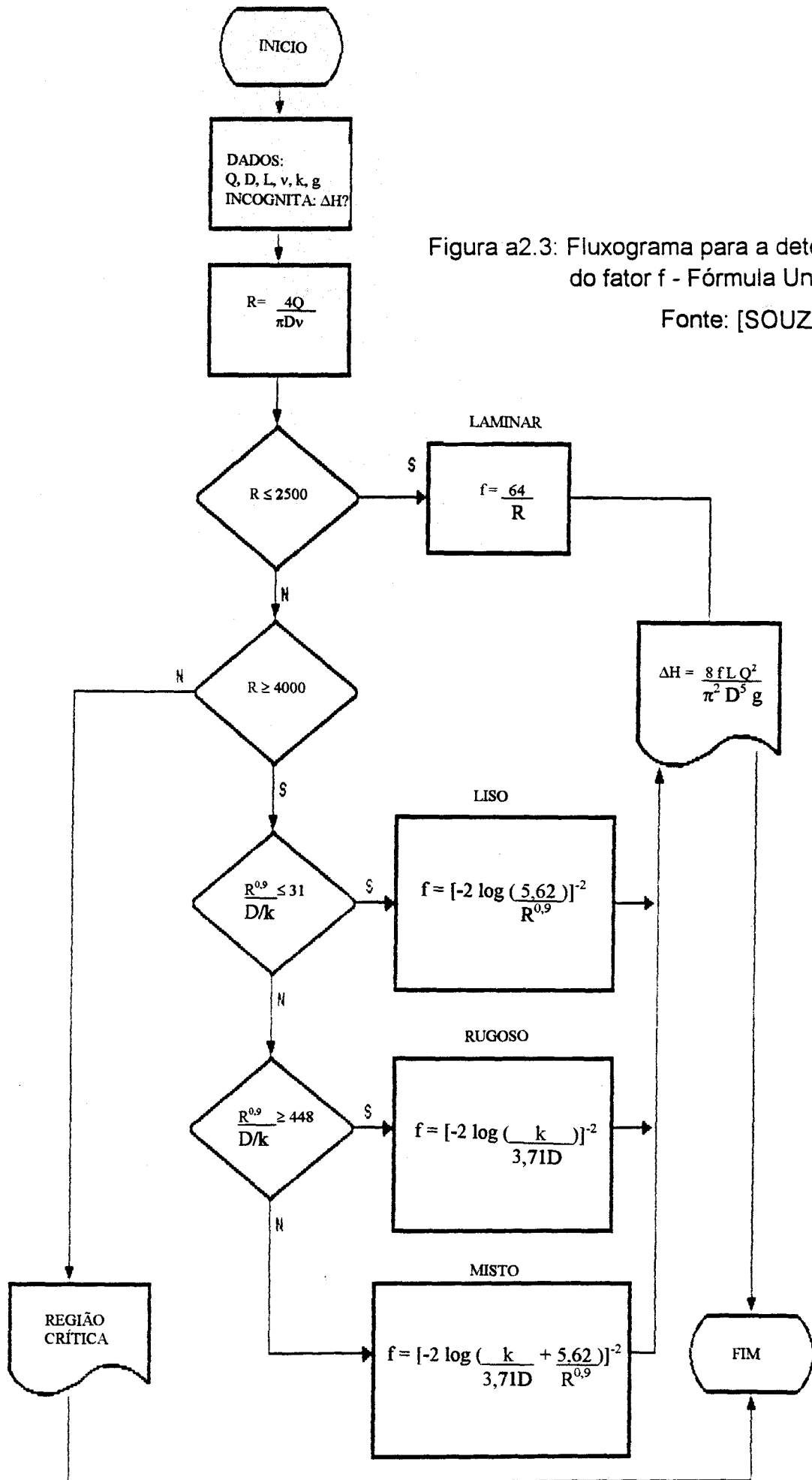


Figura a2.3: Fluxograma para a determinação do fator f - Fórmula Universal.

Fonte: [SOUZA]

Fórmula de Hazen-Willians

A fórmula de Hazen-Willians, válida para diâmetros maiores do que 50mm, escoamento da água a uma temperatura de 20°C, é a seguinte:

$$J = \frac{10.547}{C^{1.85}} \frac{Q^{1.85}}{D^{4.87}} \quad [13]$$

onde:

J - perda de carga unitária;

C - coeficiente de Hazen-Willians;

Q,D - já definidos.

sendo Q em m³/s, D em metros e J em mca (metros de coluna d'água).

Na Tabela a2.3 são apresentados alguns valores do coeficiente "C".

Tabela a2.3 - Valores do Coeficiente C - Hazen-Willians.

Material	C
Aço galvanizado novo	125
Cobre	130
PVC:	
D ≤ 50 mm	125
75 mm ≤ D ≤ 100 mm	135
D > 100 mm	140

Fórmula de Flamant

A Fórmula de Flamant, válida para diâmetros menores do que 150mm, é dada por:

$$J = b \frac{V^{1,75}}{D^{1,25}} \quad [14]$$

onde:

D, J e V já definidos;

b = 0,00023 (tubos de aço e ferro fundido usados);

b = 0,000185 (tubos de aço e ferro fundido novos);

b = 0,000135 (tubos de PVC).

Sendo D em metros, J em m/m e V em m/s.

Fórmulas de Fair Whipple-Hsiao

As Fórmulas de Fair Whipple-Hsiao, recomendadas para tubulações de pequeno diâmetro, variando entre 15mm e 50mm, são dadas por:

Para tubo de aço galvanizado, água a 20°C

$$Q = 27,113 J^{0,532} D^{2,595} \quad [15]$$

ou:

$$J = 0,002021 \frac{Q^{1,88}}{D^{4,88}} \quad [16]$$

Sendo Q em m³/s, J em m/m e D em metros.

Para tubo de cobre, água a 20°C

$$Q = 55,934 J^{0,571} D^{2,714} \quad [17]$$

ou:

$$J = 0,00085 \frac{Q^{1,75}}{D^{4,75}} \quad [18]$$

sendo Q em m³/s, J em m/m e D em metros.

Para tubo de cobre ou latão, água quente

$$Q = 63,281 J^{0,571} D^{2,714} \quad [19]$$

ou:

$$J = 0,0007 \frac{Q^{1,751}}{D^{4,75}}$$

Sendo Q em m³/s, J em m/m e D em metros.

A2.2.2 Perda de Carga Localizada

De maneira semelhante a que ocorre ao longo dos condutos, a presença de uma singularidade qualquer na linha dá lugar a uma degradação de energia.

Devido ao fato de a singularidade, isto é, o elemento causador da perturbação encontrar-se usualmente confinado a um comprimento muito pequeno, constitui prática corrente designar a correspondente dissipação de energia de perda de carga localizada, perda de carga singular, acidental ou secundária.

a. O coeficiente K

A evidência experimental de que as perdas de carga localizadas são diretamente proporcionais à carga de velocidade média $V^2/2g$, nos escoamentos altamente turbulentos, tornou comum e particularmente útil na resolução de problemas práticos, o hábito de expressá-las através de coeficientes apropriados, na forma

$$\Delta H = K \frac{V^2}{2g} \quad [21]$$

ou:

$$K = \frac{\Delta H}{\frac{V^2}{2g}} \quad [22]$$

onde:

ΔH - perda de carga localizada (metros de coluna de líquido);

K - coeficiente global de perda de carga localizada (adimensional);

V, g - já definidos;

Sendo V em m/s e g em M/S^2 .

O coeficiente K depende da forma geométrica da singularidade no escoamento, da rugosidade da parede interna, da estrutura do escoamento a montante e a jusante e do número de Reynolds, apresentando, contudo, nítida constância nas escalas mais altas de turbulência.

Na tabela a2A apresenta-se alguns valores típicos do coeficiente K .

A2.2.2 Perda de Carga Localizada

A21.2.2.1. Comprimentos Equivalentes

A fórmula [15] apresentada para a determinação do coeficiente K , também pode ser expressa da seguinte forma:

$$\Delta H = f \frac{L_e V^2}{D 2g} \quad [23]$$

ou:

$$L_e = K \frac{D}{f} \quad [24]$$

Definindo-se, assim, um "Comprimento Equivalente" L_e de conduto reto, cuja perda de carga é igual àquela provocada pela singularidade, para a carga cinética considerada.

Nas tabelas a2.5, a2.6, a2.7. e a2.8. são apresentados alguns valores de comprimentos equivalentes para diferentes singularidades e materiais.

A2.2.3 Perda de Carga Total

Em um sistema qualquer de condutos, cada trecho retilíneo pode ser encarado, a nível da perda de carga, como um componente (tal e qual uma singularidade, cujo coeficiente de perda de carga, a partir da Fórmula Universal [3] é igual a:

$$K = f \frac{L}{D} \quad [25]$$

Assim, a perda de carga total resultante, é, simplesmente,

$$\Delta H = (\Sigma K) \frac{V^2}{2g} \quad [26]$$

Onde ΣK substitui a soma dos coeficientes de perda de carga associados aos trechos retos e às singularidades presentes no sistema.

Ou, ainda, se considerar-se o conceito de comprimento equivalente, para um sistema de condutos que apresente um comprimento real L_{real} e um determinado número de singularidades, o comprimento efetivo total (ou comprimento virtual), para simples efeito de cálculo, torna-se:

$$L_{virtual} = L_{real} + \Sigma L_e$$

Onde $\sum L_e$ constitui a soma dos comprimentos equivalentes associados singularidades presentes no sistema.

Assim, a perda de carga total resultante é:

$$\Sigma H = f \frac{L_{\text{virtual}} V^2}{D 2g}$$

[27]

Tabela a2.4 - Valores típicos do coeficiente K.


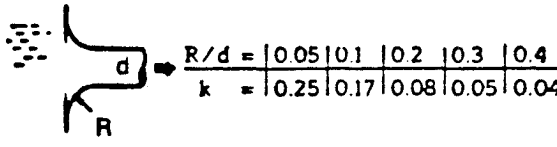
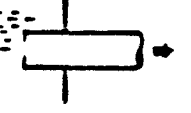



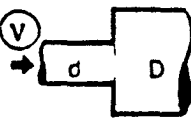

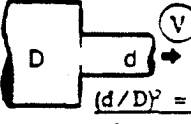

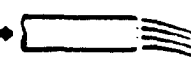



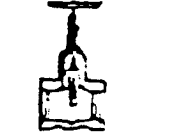
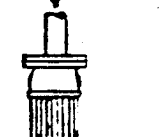


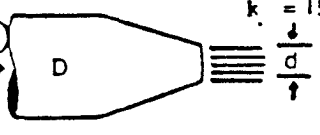
<p>ENTRADA EM CANALIZAÇÃO (Saída de reservatório)</p>  <p>$K = 0,5$</p>  <table border="1" style="display: inline-table; margin-left: 100px;"> <tr> <td>$R/d =$</td> <td>0,05</td> <td>0,1</td> <td>0,2</td> <td>0,3</td> <td>0,4</td> </tr> <tr> <td>$k =$</td> <td>0,25</td> <td>0,17</td> <td>0,08</td> <td>0,05</td> <td>0,04</td> </tr> </table>  <p>$K = 1$</p>	$R/d =$	0,05	0,1	0,2	0,3	0,4	$k =$	0,25	0,17	0,08	0,05	0,04	<p>TÉ</p>  <p>$K = 0,6$ (passagem direta)</p>  <p>$K = 1,3$ (saída lateral)</p>  <p>$K = 1,8$ (saída bilateral)</p>		
$R/d =$	0,05	0,1	0,2	0,3	0,4										
$k =$	0,25	0,17	0,08	0,05	0,04										
<p>EXPANSÃO ABRUPTA</p>  <p>$K = \left[1 - \left(\frac{d}{D} \right)^2 \right]^2$</p>	<p>COTOVELO 90°</p>  <p>$K = 0,9$</p>														
<p>CONTRAÇÃO ABRUPTA</p>  <table border="1" style="display: inline-table; margin-left: 100px;"> <tr> <td>$(d/D)^2 =$</td> <td>0,01</td> <td>0,1</td> <td>0,2</td> <td>0,4</td> <td>0,6</td> <td>0,8</td> </tr> <tr> <td>$k =$</td> <td>0,5</td> <td>0,5</td> <td>0,42</td> <td>0,33</td> <td>0,25</td> <td>0,15</td> </tr> </table>	$(d/D)^2 =$	0,01	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8	$k =$	0,5	0,5	0,42	0,33	0,25	0,15	<p>COTOVELO 45°</p>  <p>$K = 0,4$</p>
$(d/D)^2 =$	0,01	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8									
$k =$	0,5	0,5	0,42	0,33	0,25	0,15									
<p>SAÍDA DE CANALIZAÇÃO (Entrada em reservatório)</p>  <p>$K = 1$</p> 	<p>VALVULA DE RETENÇÃO</p>  <p>$K = 12$ (tipo pistão)</p>  <p>$K = 2,5$ (tipo portinhola)</p>														
<p>VÁLVULA DE GAVETA</p>  <p>$K = 0,2$ (totalmente aberto)</p>	<p>CRIVO</p>  <p>$K = 10$ (com válvula de pé)</p>  <p>$K = 5,5$ (sem válvula de pé)</p>														
<p>VÁLVULA DE GLOBO</p>  <p>$K = 10$ (totalmente aberto)</p>	<p>BOCAL DE SAÍDA</p> <table border="1" style="display: inline-table; margin-left: 100px;"> <tr> <td>$d/D =$</td> <td>0,5</td> <td>0,6</td> <td>0,8</td> <td>0,9</td> </tr> <tr> <td>$k =$</td> <td>5,5</td> <td>4</td> <td>2,55</td> <td>1,1</td> </tr> </table> 	$d/D =$	0,5	0,6	0,8	0,9	$k =$	5,5	4	2,55	1,1				
$d/D =$	0,5	0,6	0,8	0,9											
$k =$	5,5	4	2,55	1,1											

Tabela a2.5 - Comprimentos equivalentes em metros de canalização de aço galvanizado para conexões BSP - baixa pressão.

DIÂMETRO NOMINAL pol	1/4	3/8	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	3	4	5	6
	0,23	0,35	0,47	0,70	0,94	1,17	1,41	1,88	2,35	2,82	3,76	4,70	5,64
	0,22	0,33	0,44	0,67	0,89	1,11	1,33	1,78					
		0,16	0,22	0,32	0,43	0,54	0,65	0,86	1,08	1,30	1,73	2,16	2,59
		0,61	0,81	1,22	1,63	2,03	2,44	3,25					
			0,27	0,41	0,55	0,68	0,82	1,04	1,37	1,64	2,18		
	0,16	0,24	0,32	0,48	0,64	0,79	0,95	1,27	1,59	1,91	2,54		
		0,25	0,34	0,50	0,67	0,84	1,01	1,35	1,68	2,02	2,69		4,04
	0,10	0,15	0,20	0,30	0,41	0,51	0,61	0,81	1,02	1,22			
			0,43	0,65	0,86	1,08	1,30	1,73					
			0,87										
	0,04	0,06	0,08	0,12	0,17	0,21	0,25	0,33	0,41	0,50	0,66	0,83	0,99
	0,34	0,51	0,69	1,03	1,37	1,71	2,06	2,74	3,43	4,11	5,49	6,86	8,23
	0,42	0,62	0,83	1,25	1,66	2,08	2,50	3,33	4,16	4,99	6,65	8,32	9,98
			0,09	0,13	0,18	0,22	0,27	0,36	0,44				
			0,44	0,66	0,88	1,10	1,31	1,75	2,19				
	0,05	0,08	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,41					
	0,34	0,50	0,67	1,01	1,35	1,68	2,02	2,69					
			0,28										
			0,30										
	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03
	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01		
				0,01									

DIÂMETRO NOMINAL pol x pol	3/8 x 1/4	1/2 x 1/4	1/2 x 3/8	3/4 x 3/8	3/4 x 1/2	1 x 1/2	1 x 3/4	1 1/4 x 1/2	1 1/4 x 3/4	1 1/4 x 1	1 1/2 x 3/4	1 1/2 x 1	1 1/2 x 1 1/4	2 x 1	2 x 1 1/4	2 x 1 1/2	2 1/2 x 1 1/4	2 1/2 x 1 1/2	2 1/2 x 2	3 x 1 1/2	3 x 2	3 x 2 1/2	4 x 2	4 x 3
	0,05	0,06	0,07	0,09	0,10	0,11	0,14	0,13	0,14	0,17	0,15	0,17	0,21	0,20	0,23	0,28	0,25	0,29	0,35	0,30	0,34	0,42	0,46	0,56

Tabela a2.6 - Comprimentos equivalentes em metros de canalização de PVC rígido ou cobre

















DÍAMETRO NOMINAL		JOELHO 90°	JOELHO 45°	CURVA 100°	CURVA 45°	TÊ 90° PASS. DIRETA	TÊ 90° SAÍDA DE LADO	TÊ 90° SAÍDA BILATERAL	ENTRADA NORMAL	ENTRADA DE BORDA	SAÍDA DE CANALIZ.	VÁLVULA DE PÉ E CRIVO	VÁLVULA RETENÇÃO		REG. GLOBO ABERTO	REG. GAVETA ABERTO	REG. ÂNGULO ABERTO
DN	(Pø)												TIPO LEVE	TIPO PESADO			
mm	(pol.)																
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	1,3	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	1,5	1,3	0,7	2,3	7,6	7,6	1,5	2,8	3,3	23,7	7,1	10,8	37,0	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	37,4	12,5	19,2	50,9	1,1	26,2
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

Tabela a2.7 - Comprimentos equivalentes em metros de canalização de aço galvanizado para bocais e válvulas





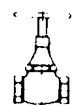
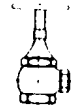






















DIÂMETRO NOMINAL (P.O.L.)	SAÍDA DE CANALIZA- ÇÃO 	ENTRADA NORMAL 	ENTRADA DE BORDA 	REGISTRO DE GAVETA ABERTO 	REGISTRO DE GLOBO ABERTO 	REGISTRO DE ÂNGULO ABERTO 	VÁLVULA DE PÉ E CRIVO 	VÁLVULA DE RETENÇÃO	
								TIPO LEVE 	TIPO PESADO 
1/2	0,4	0,2	0,4	0,1	4,9	2,6	3,6	1,1	1,6
3/4	0,5	0,2	0,5	0,1	6,7	3,6	5,6	1,6	2,4
1	0,7	0,3	0,7	0,2	8,2	4,6	7,3	2,1	3,2
1 1/4	0,9	0,4	0,9	0,2	11,3	5,6	10,0	2,7	4,0
1 1/2	1,0	0,5	1,0	0,3	13,4	6,7	11,6	3,2	4,8
2	1,5	0,7	1,5	0,4	17,4	8,5	14,0	4,2	6,4
2 1/2	1,9	0,9	1,9	0,4	21,0	10,0	17,0	5,2	8,1
3	2,2	1,1	2,2	0,5	26,0	13,0	20,0	6,3	9,7
4	3,2	1,6	3,2	0,7	34,0	17,0	23,0	8,4	12,9
5	4,0	2,0	4,0	0,9	43,0	21,0	30,0	10,4	16,1
6	5,0	2,5	5,0	1,1	51,0	26,0	39,0	12,5	19,3

Tabela a2.8 - Comprimentos equivalentes em metros de canalização de aço galvanizado ou ferro fundido

DIÂMETRO NOMINAL D		COTOV. 90° RAIO LONGO	COTOV. 90° RAIO MÉDIO	COTOV. 90° RAIO CURTO	COTOV. 45°	CURVA 90° R/D - 1 1/2	CURVA 90° R/D - 1	CURVA 45°	ENTRADA NORMAL	ENTRADA DE BORDA	REG. DE GAVETA ABERTO	REG. DE GLOBO ABERTO	REG. DE ÂNGULO ABERTO	TÊ PASS. DIRETA	TÊ SAÍDA DE LADO	TÊ SAÍDA BILATERAL	VÁLVULA DE PÉ E CRITO	SAÍDA DA CANALIZAÇÃO	VÁLVULA DE RET. TIPO LEVE	VÁLVULA DE RET. TIPO PESADO
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
mm	pol																			
13	1/2	0,3	0,4	0,5	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	0,4	0,1	4,9	2,6	0,3	1,0	1,0	3,6	0,4	1,1	1,6
19	3/4	0,4	0,6	0,7	0,3	0,3	0,4	0,2	0,2	0,5	0,1	6,7	3,6	0,4	1,4	1,4	5,6	0,5	1,6	2,4
25	1	0,5	0,7	0,8	0,4	0,3	0,5	0,2	0,3	0,7	0,2	8,2	4,6	0,5	1,7	1,7	7,3	0,7	2,1	3,2
32	1 1/4	0,7	0,9	1,1	0,5	0,4	0,6	0,3	0,4	0,9	0,2	11,3	5,6	0,7	2,3	2,3	10,0	0,9	2,7	4,0
38	1 1/2	0,9	1,1	1,3	0,6	0,5	0,7	0,3	0,5	1,0	0,3	13,4	6,7	0,9	2,8	2,8	11,6	1,0	3,2	4,8
50	2	1,1	1,4	1,7	0,8	0,6	0,9	0,4	0,7	1,5	0,4	17,4	8,5	1,1	3,5	3,5	14,0	1,5	4,2	6,4
63	2 1/2	1,3	1,7	2,0	0,9	0,8	1,0	0,5	0,9	1,9	0,4	21,0	10,0	1,3	4,3	4,3	17,0	1,9	5,2	8,1
75	3	1,6	2,1	2,5	1,2	1,0	1,3	0,6	1,1	2,2	0,5	26,0	13,0	1,6	5,2	5,2	20,0	2,2	6,3	9,7
100	4	2,1	2,8	3,4	1,5	1,3	1,6	0,7	1,6	3,2	0,7	34,0	17,0	2,1	6,7	6,7	23,0	3,2	8,4	12,9
125	5	2,7	3,7	4,2	1,9	1,6	2,1	0,9	2,0	4,0	0,9	43,0	21,0	2,7	8,4	8,4	30,0	4,0	10,4	16,1
150	6	3,4	4,3	4,9	2,3	1,9	2,5	1,1	2,5	5,0	1,1	51,0	26,0	3,4	10,0	10,0	39,0	5,0	12,5	19,3
200	8	4,3	5,5	6,4	3,0	2,4	3,3	1,5	3,5	6,0	1,4	67,0	34,0	4,3	13,0	13,0	52,0	6,0	16,0	25,0
250	10	5,5	6,7	7,9	3,8	3,0	4,1	1,8	4,5	7,5	1,7	85,0	43,0	5,5	16,0	16,0	65,0	7,5	20,0	32,0
300	12	6,1	7,9	9,5	4,6	3,6	4,8	2,2	5,5	9,0	2,1	102,0	51,0	6,1	19,0	19,0	78,0	9,0	24,0	38,0
350	14	7,3	9,5	10,5	5,3	4,4	5,4	2,5	6,2	11,0	2,4	120,0	60,0	7,3	22,0	22,0	90,0	11,0	28,0	45,0

A) OS VALORES INDICADOS PARA REGISTROS DE GLOBO APLICAM-SE TAMBÉM ÀS TORNEIRAS, VÁLVULAS PARA CHUVEIROS E VÁLVULAS DE DESCARGA.

B) AS PEÇAS 1, 2 E 6 NÃO CONSTAM DA NBR 5626/82

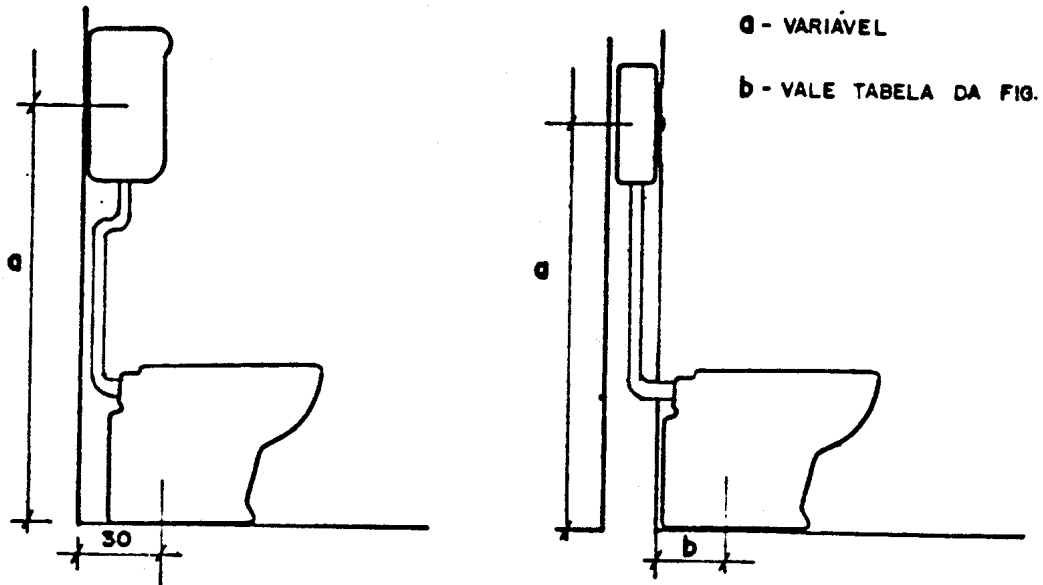
ANEXO 4

ALTURAS DOS PONTOS DE ALIMENTAÇÃO DOS APARELHOS e EQUIPAMENTOS SANITÁRIOS*

Fonte: BASSO et al [1987]

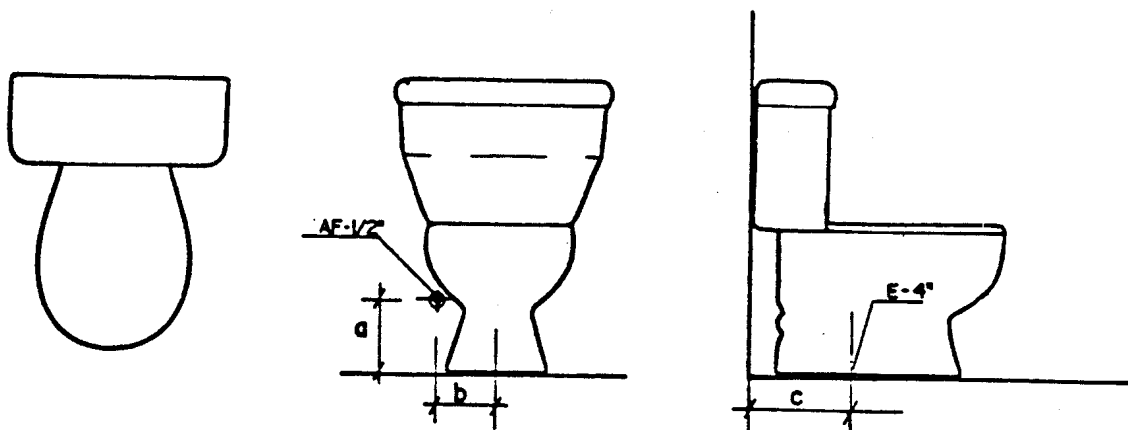
- bacia sanitária:
 - com caixa suspensa/embutida

b	26	30	17
---	----	----	----



- bacia sanitária:
 - com caixa acoplada

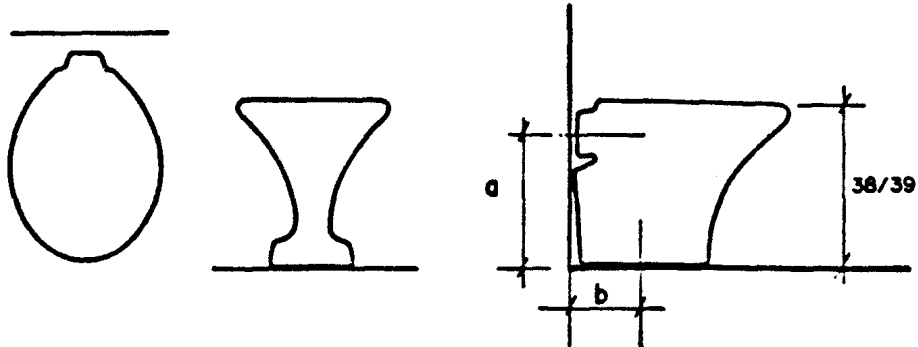
a	20	11,4	20	20
b	15	14	15	14
c	30,5	30,5	30	30



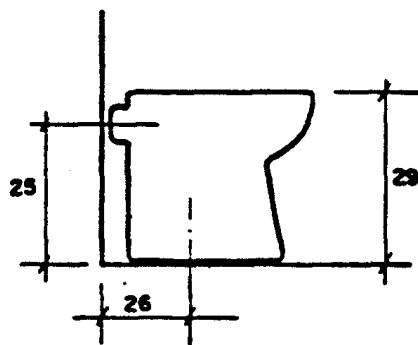
* Os valores foram obtidos através do levantamento em catálogos técnicos dos fabricantes.

- bacia sanitária:
 - com válvula de descarga

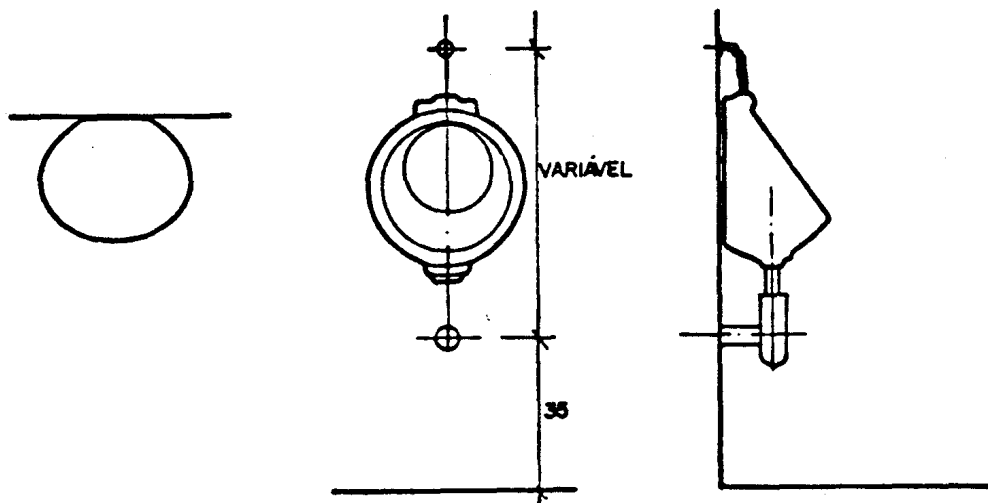
a	33	33	33
b	26	30	17



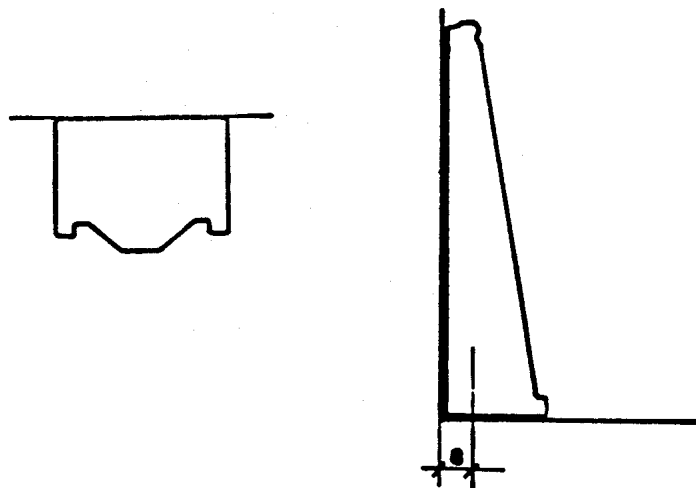
- linha infantil



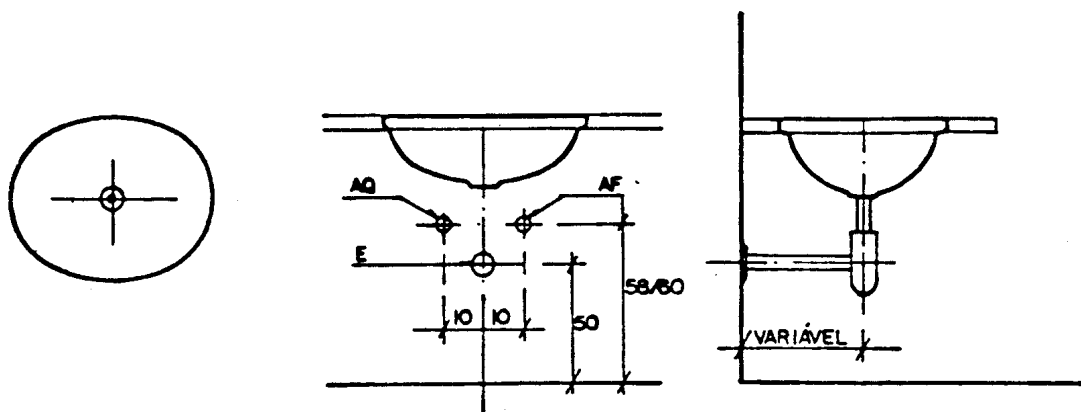
- mictório:
 - suspenso



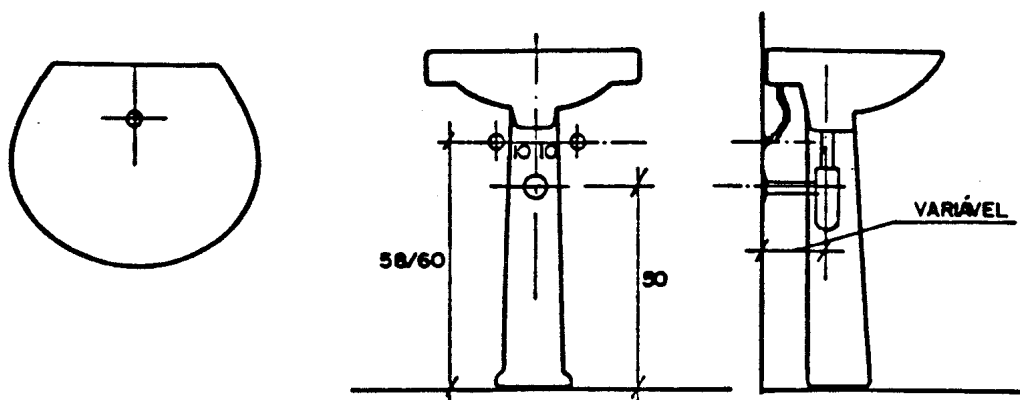
- até o piso



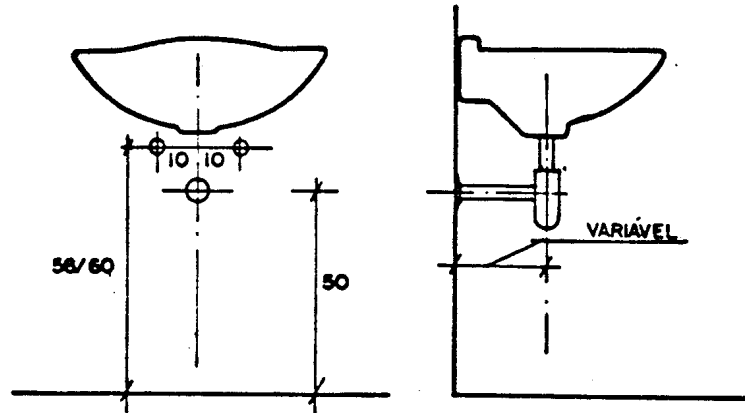
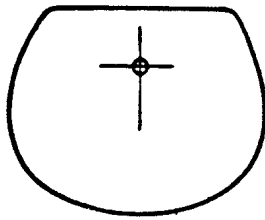
- lavatório:
 - cuba em tampo



- lavatório:
 - com pedestal

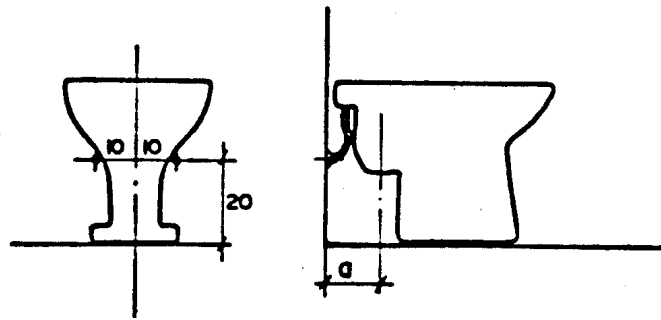
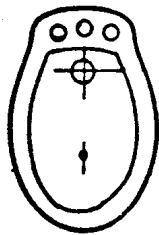


- lavatório:
 - suspenso

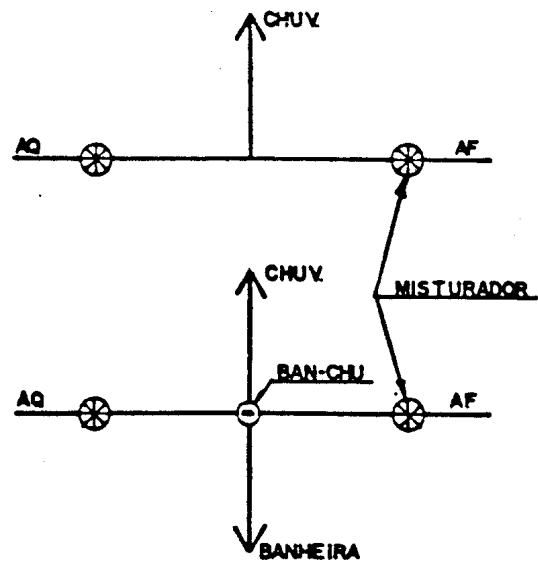
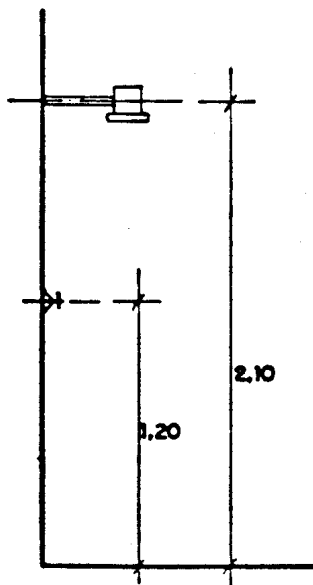


- bidê

a	16	17	19	20	21	21,5	24	28,5	29	30	37
---	----	----	----	----	----	------	----	------	----	----	----

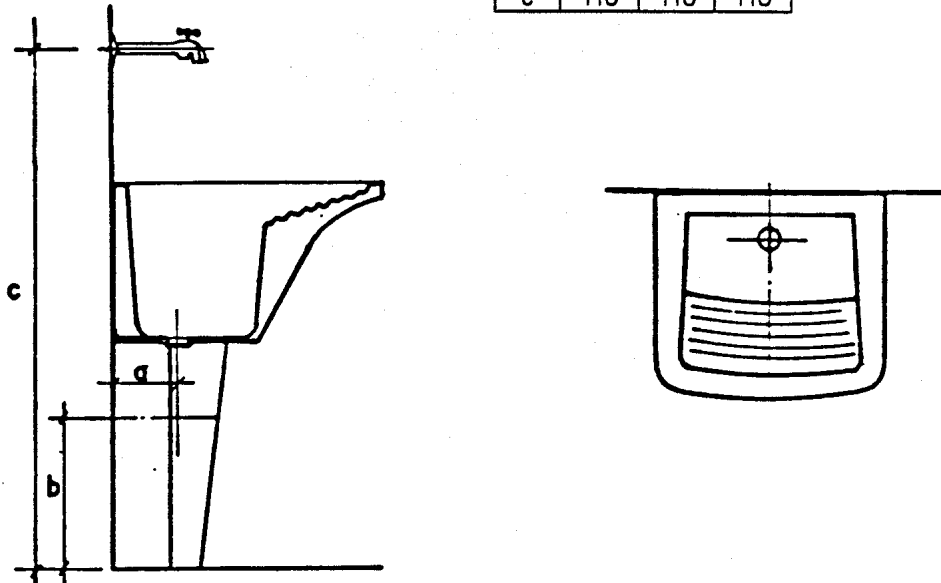


- chuveiro

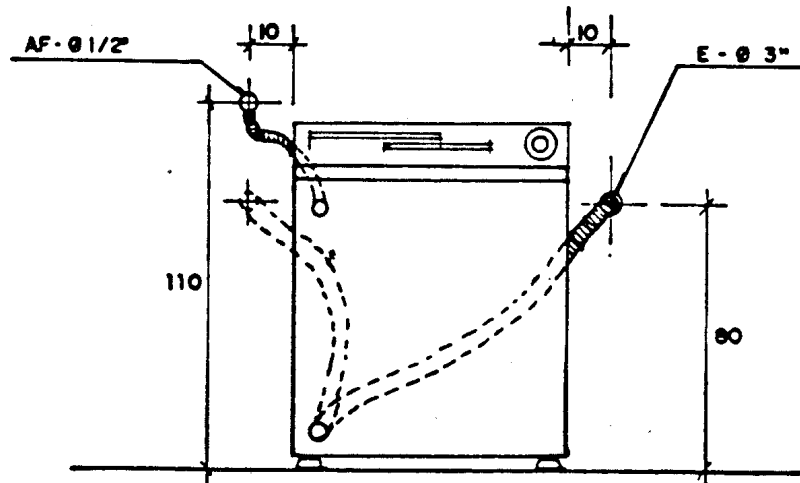


- tanque de lavar roupas

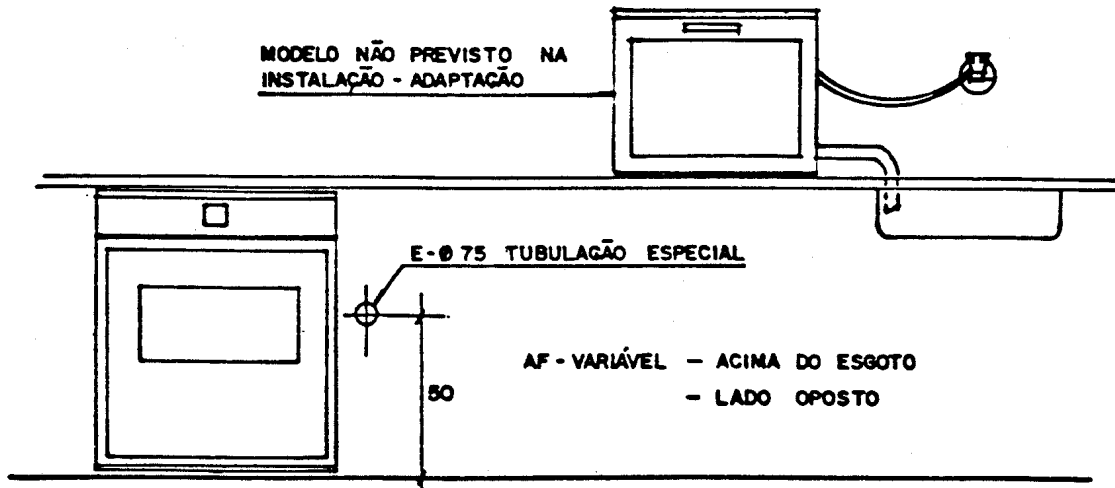
a	12	12,5	18
b	45	45	45
c	110	110	110



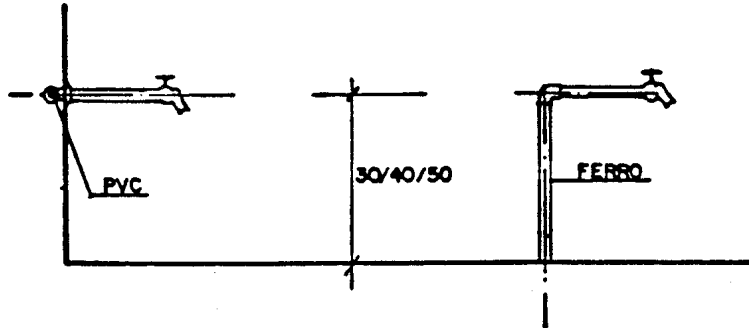
- máquina de lavar roupas



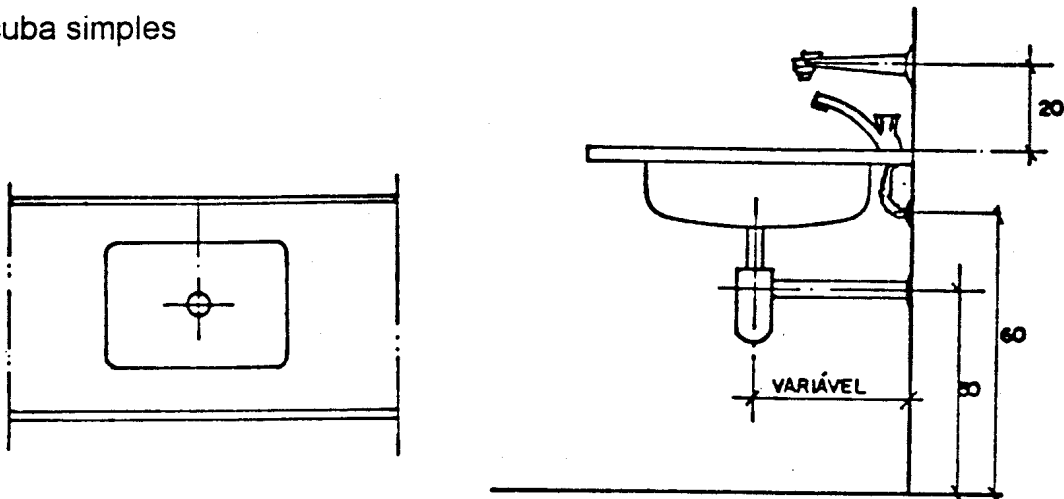
- máquina de lavar pratos



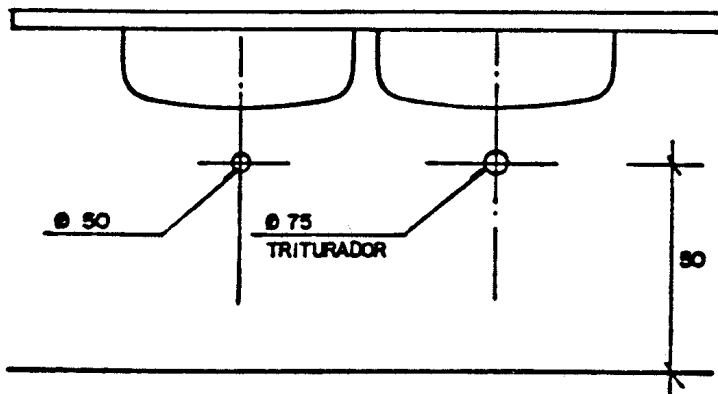
- filtro
- ponto de AF: 1,10 / 1,80 / 1,50 / 2,10 m
- altura do registro:
- torneira de jardim



- pia de cozinha
- cuba simples



- cuba dupla



TEXTOS TÉCNICOS PUBLICADOS

- TT/PCC/01 - Subsídios para a Avaliação do Custo de Mão-de-Obra na Construção Civil - UBIRACI ESPINELLI LEMES DE SOUZA, SILVIO BURRATINO MELHADO
- TTIPCC/02 - A Qualidade na Construção Civil e o Projeto de Edifícios - SILVIO BURRATINO MELHADO, MARCO ANTONIO F. VIOLANTI
- TT/PCC/03 - Parâmetros Utilizados nos Projetos de Alvenaria Estrutural - LUIZ SÉRGIO FRANCO
- TT/PCC/04 - Produção de Estruturas de Concreto Armado de Edifícios - MERCIA M. S. BOTTURA DE BARROS, SILVIO BURRATINO MELHADO
- TT/PCC/05 - Tecnologia de Produção de Revestimentos de Piso - MERCIA M. S. BOTTURA DE BARROS, ELEANA PATTA FLAIN, FERNANDO HENRIQUE SABBATINI
- TT/PCC/06 - Análise de Investimentos : Princípios e Técnicas para Empreendimentos do Setor da Construção Civil - JOÃO DA ROCHA LIMA JÚNIOR
- TT/PCC/07 - Qualidade dos Sistemas Hidráulicos Prediais - MARINA SANGOI DE OLIVEIRA ILHA