



# **PCC-465**

## **SISTEMAS PREDIAIS I**

### **Sistemas Prediais de Suprimento de Água Fria - Dimensionamento**

# Dimensionamento dos Componentes do Sistema Predial de Água Fria

## Estimativa do Consumo Diário de Água

$$C_D = C * P$$

onde:

$C_D$  é o consumo diário total (l/dia);

$C$  é o consumo diário "per capita" (l/dia);

$P$  é a população do edifício (pessoas).

Edifício	População (P)
escritório	1 pessoa/9m <sup>2</sup>
loja	1 pessoa/3m <sup>2</sup>
hotel	1 pessoa 15m <sup>2</sup>
hospital	1 pessoa 15m <sup>2</sup>
apart./resid	p=2 N <sub>DS</sub> + N <sub>DF</sub> ou 5 pessoas/unidade

Edifício	Consumo (l/dia)
alojamento provisório	80 "per capita"
apartamento	200 "per capita"
asilo, orfanato	150 "per capita"
cinema e teatro	2 por lugar
ed. público, com.l ou c/escrit.	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/ coz. e s/ lav.)	120 por hóspede
jardim	1,5 por m <sup>2</sup> de área
lavanderia	30 por kg de roupa seca
mercado	5 por m <sup>2</sup> de área
quartel	150 "per capita"
residência popular ou rural	120 "per capita"
residência	150 "per capita"
restaurante e similares	25 por refeição

# Dimensionamento do Sistema de Abastecimento de Água

## Ramal Predial e Medição

Tabela - dimensionamento do ramal predial e medição. fonte: SABESP

Consumo provável (m³/dia) até	Ramal Predial		Hidrômetro		Cavelete		Abrigo
	Diâmetro externo (mm)	Material	Consumo provável (m³/dia) até	Vazão caracterist. (m³/dia) até	Diâmetro (mm)	Material	Dimensões Internas (m)
16	20	PEAD	5	3	19	FoGo (PVC)	0,85x0,65x0,30
			8	5	19		
			11	7	25		
			16	10	25		
30	20	PEAD	30	20	38	FoGo	0,85x0,65x0,30
50	32	PEAD	50	30	50	FoGo	2,00x0,90x0,40
100	32	PEAD	300		50	FoGo	2,00x0,90x0,40
	50	FoFo					
300	50	FoFo					
1100	75	FoFo	1100		75	FoGo	2,30x1,10x0,50
1800	100	FoFo	1800		100	FoFo	3,00x1,25x0,80
4000	130	FoFo	4000		150	FoFo	3,20x1,50x0,80
6500	200	FoFo	6500		200	FoFo	3,20x1,50x0,80

# Dimensionamento do Sistema de Abastecimento de Água

## Alimentador Predial

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

$$Q_{AP} \geq \frac{C_D}{86.400(s)}$$

onde:

$Q_{AP}$  é a vazão mínima a ser considerada no alimentador predial (l/s)

$C_D$  é o consumo diário (l/dia).

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

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

onde:

$D_{AP}$  é o diâmetro do alimentador predial, m;

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

A tabela 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 (m³)									
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	1060,5	1526,8

# Dimensionamento do Sistema de Reservação

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

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

onde:

$V_{RI}$  é o volume do reservatório inferior;

$V_{RS}$  é o volume do reservatório superior;

$N_D$  é o número de dias onde ocorre falta de água;

$V_{CIS}$  é o volume para combate a incêndio com "sprinklers";

$V_{CIH}$  é o volume para combate a incêndio com hidrantes;

$V_{AC}$  é o volume necessário para o sistema de ar condicionado.

# Dimensionamento do Sistema de Recalque

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:

$D_{rec}$  é o diâmetro da tubulação de recalque (m);

$Q_{rec}$  é a vazão de recalque (m³/s);

A vazão de recalque é dada por:

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

sendo:

$N_F$  o número de horas de funcionamento da bomba no período de 24 horas;

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

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

# Dimensionamento do Sistema de Recalque

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

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.

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

# Dimensionamento 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:

$H_{MAN}^{REC}$  é a altura manométrica do recalque (mca);

$H_{MAN}^{SUC}$  é a altura manométrica da sucção (mca).

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

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

onde:

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

$\Delta H_{REC}$  é a perda de carga no recalque.



# Dimensionamento do Conjunto Motor-Bomba

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:

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

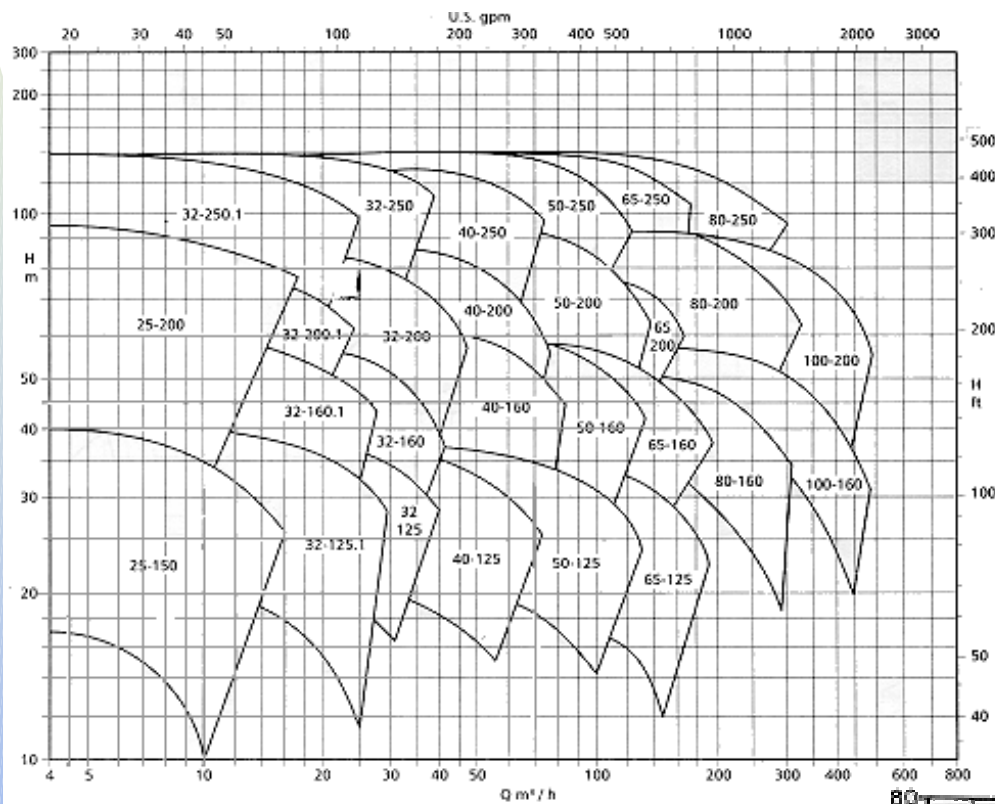
$\Delta H_{SUC}$  é a perda de carga no recalque.

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

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

# Dimensionamento do Conjunto Motor-Bomba

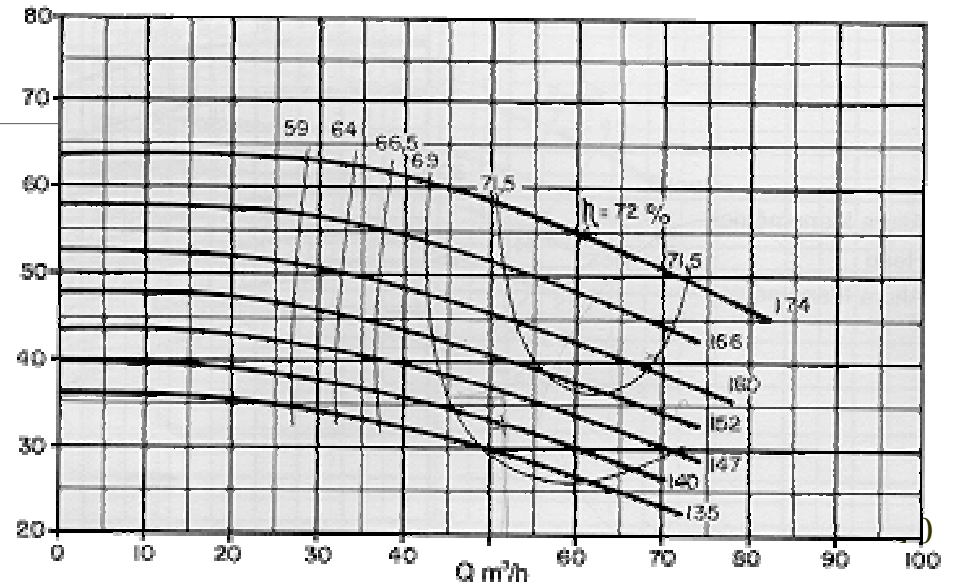
H



Q

Q

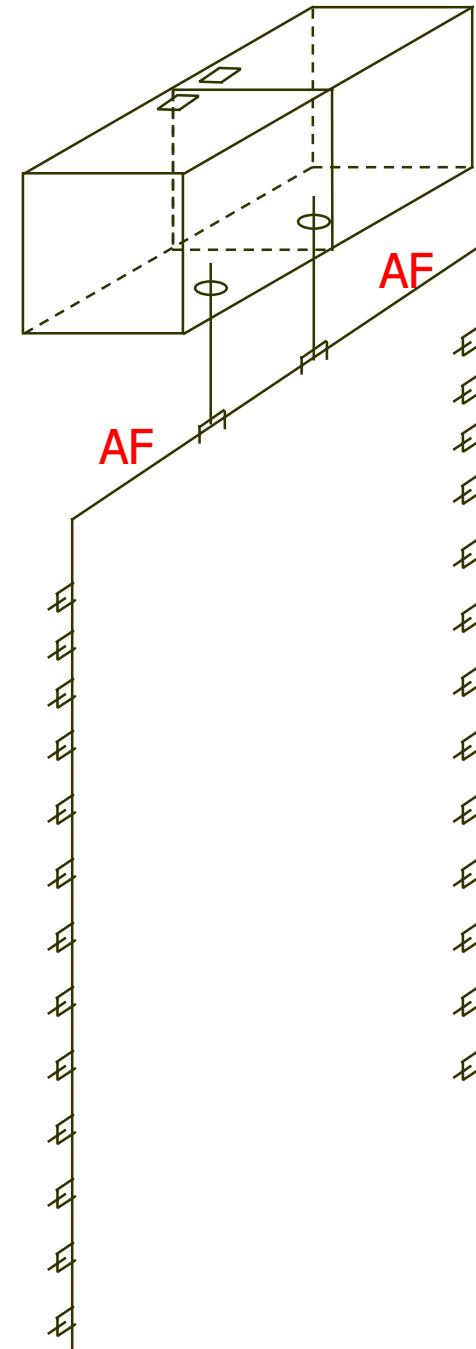
H



# Sistema de Distribuição

## Vazão

- = 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 antieconômicos;
- = incorporar à vazão máxima de projeto, fatores que representem a probabilidade de ocorrência de uso simultâneo de diferentes pontos do sistema (vazão máxima provável).



# Sistema de Distribuição

## Vazão (cont.)

= métodos empíricos;

= métodos probabilísticos

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

onde:

$q_r$  é a vazão de referência (l/s);

$n_i$  é o número de aparelhos sanitários do tipo "i",

sendo:

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

onde:

$q_i$  é a vazão unitária do aparelho do tipo "i"

Pela NBR 5626, a vazão de referência,  $q_r$  é igual a 0,3 l/s.

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

e

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

# Sistema de Distribuição

## Vazão (cont.)

Vazões unitárias dos pontos de utilização (NBR 5626)

Aparelho Sanitário		Peça de utilização	Vazão 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	Cx, válv. de desc.ou reg.de pressão	0,15
Mictório tipo calha		Caixa de descarga ou reg.de pressão	0,15 p/ m de calha
Pia		Torneira ou misturador (água fria)	0,25
		Torneira elétrica	0,10
Tanque		Torneira	0,25
Torn. jardim ou de lav. em geral		Torneira	0,20

# Sistema de Distribuição

## Vazão (cont.)

Pesos atribuídos aos pontos de utilização (NBR 5626)

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	com sifão integrado	Válvula de descarga	2,8
Cerâmico	sem sifão integrado	Cx, válv. de desc.ou reg.de pressão	0,3
Mictório tipo calha		Caixa de descarga ou reg.de pressão	0,3
Pia		Torneira ou misturador (água fria)	0,7
		Torneira elétrica	0,1
Tanque		Torneira	0,7
Torn. jardim ou de lav. em geral		Torneira	0,4

# Sistema de Distribuição

## Vazão (cont.)

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

- = a 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.



# Sistema de Distribuição

## 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 recomenda que a velocidade da água, em qualquer trecho da tubulação, não atinja valores superiores a 3 m/s.

$$V_{MAX} = 3,0 m / s$$

onde:

$V_{MAX}$  é a velocidade máxima na tubulação.



# Sistema de Distribuição

## Pressão

A NBR 5626 recomenda os seguintes valores máximos e mínimos para a pressão em qualquer ponto da rede:

**PRESSÃO ESTÁTICA MÁXIMA: 400kPa (40mca);**

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

Observa-se, também, que a pressão dinâmica nos pontos de utilização, em qualquer caso, não deve ser inferior a 10kPa, exceto para o ponto da caixa de descarga, que poderá atingir até um mínimo de 5kPa, e do ponto de vista de válvula de descarga para bacia sanitária onde a pressão não deve ser inferior a 15kPa. 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 200kPa.

# Sistema de Distribuição

## Pré-dimensionamento

$$Q_P = A_{MIN} * V_{MÁX}$$

isto é:

$$A_{MIN} = \frac{Q_P}{V_{MÁX}} \quad \text{ou} \quad D_{MIN} = \sqrt{\frac{4Q_P}{\pi V_{MÁX}}}$$

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

onde:

$Q_P$  é a vazão de projeto ( $m^3/s$ );

$A_{MIN}$  é a área mínima da seção transversal do tubo ( $m^2$ );

$V_{MÁX}$  é limite superior admitido para a velocidade média;

$D_{MIN}$  é o diâmetro interno mínimo (m).

# Sistema de Distribuição

## Pré-dimensionamento (cont.)

Ponto de utilização para	Diâmetro Ref. (pol)	Diâmetro Ref. (mm)
Aquecedor:		
•Alta pressão	1/2	15
•Baixa pressão	3/4	20
Banheira	1/2	15
Bebedouro	1/2	15
Bidê	1/2	15
Caixa de descarga	1/2	15
Chuveiro	1/2	15
Filtro de pressão	1/2	15
Lavatório	1/2	15
Lavadora de pratos ou de roupas	3/4	20
Pia de cozinha	1/2	15
Tanque para lavar roupas	3/4	20
Válvula de descarga	1 1/4*	32

\* Quando a pressão estática de alimentação foi inferior a 30kPa (3mca), recomenda-se instalar a válvula de descarga em sub-ramal, com diâmetro de referência 1 1/2 (40mm).

# Sistema de Distribuição

## Perda de Carga

Fórmulas de Fair Whippie-Hsiao

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

- para tubo de aço galvanizado, água a 20°C;

$$Q = 27,113 J^{0,532} D^{2,595} \quad \text{ou} \quad J = 0.002021 \frac{Q^{1.88}}{D^{4.88}}$$

Sendo Q em m<sup>3</sup>/s e J em m/m e D em metros.

- para tubo de cobre / PVC, água a 20°C;

$$Q = 55,934 J^{0,571} D^{2,714} \quad \text{ou} \quad J = 0,00085 \frac{Q^{1.75}}{D^{4.75}}$$

Sendo Q em m<sup>3</sup>/s e J em m/m e D em metros.

- para tubo de cobre, água quente;

$$Q = 63,281 J^{0,571} D^{2,714} \quad \text{ou} \quad J = 0,0007 \frac{Q^{1.75}}{D^{4.75}}$$

Sendo Q em m<sup>3</sup>/s e J em m/m e D em metros

# Sistema de Distribuição

## Perda de Carga

$$L_{VIRTUAL} = L_{REAL} + \sum L_e$$

**Comprimentos equivalentes em metros de canalização de PVC rígido ou cobre**

Diâmetro nominal		Joelho 90°	Joelho 45°	Curva 90°	Curva 45°	Tê 90° pass. direta	Tê 90° saída de lado	Tê 90° saída bilateral	Entrada Normal
Dn mm	Ref. pol								
15	(1/2)	1,1	0,4	0,4	0,2	0,7	2,3	2,3	0,3
20	(3/4)	1,2	0,5	0,5	0,3	0,8	2,4	2,4	0,4
25	(1)	1,5	0,7	0,6	0,4	0,9	3,1	3,1	0,5
32	(1 1/4)	2,0	1,0	0,7	0,5	1,5	4,6	4,6	0,6
40	(1 1/2)	3,2	1,3	1,2	0,6	2,2	7,3	7,3	1,0
50	(2)	3,4	1,5	1,3	0,7	2,3	7,6	7,6	1,5
60	(2 1/2)	3,7	1,7	1,4	0,8	2,4	7,8	7,8	1,6
75	(3)	3,9	1,8	1,5	0,9	2,5	8,0	8,0	2,0
100	(4)	4,3	1,9	1,6	1,0	2,6	8,3	8,3	2,2
125	(5)	4,9	2,4	1,9	1,1	3,3	10,0	10,0	2,5
150	(6)	5,4	2,6	2,1	1,2	3,8	11,1	11,1	2,8

# Sistema de Distribuição

## Perda de Carga

$$L_{VIRTUAL} = L_{REAL} + \sum L_e$$

## Comprimentos equivalentes em metros de canalização de PVC rígido ou cobre

Diâmetro nominal		Entrada de borda	Saída de Canaliz.	Válvula de pé e crivo	válvula de retenção		Reg. globo aberto	Reg. gaveta aberto	Reg. ângulo aberto
Dn mm	Ref. pol				tipo leve	tipo pesado			
15	(1/2)	0,9	0,8	8,1	2,5	3,6	11,1	0,1	5,9
20	(3/4)	1,0	0,9	9,5	2,7	4,1	11,4	0,2	6,1
25	(1)	1,2	1,3	13,3	3,8	5,8	15,0	0,3	8,4
32	(1 1/4)	1,8	1,4	15,5	4,9	7,4	22,0	0,4	10,5
40	(1 1/2)	2,3	3,2	18,3	6,8	9,1	35,8	0,7	17,0
50	(2)	2,8	3,3	23,7	7,1	10,8	37,0	0,8	18,5
60	(2 1/2)	3,3	3,5	25,0	8,2	12,5	38,0	0,9	19,0
75	(3)	3,7	3,7	26,8	9,3	14,2	40,0	0,9	20,0
100	(4)	4,0	3,9	28,6	10,4	16,0	42,3	1,0	22,1
125	(5)	5,0	4,9	37,4	12,5	19,2	50,9	1,1	26,2
150	(6)	5,6	5,5	43,4	13,9	21,4	56,7	1,2	28,9

# Sistema de Distribuição

## 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 àquelas 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:

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

onde:

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

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

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

↓ Desnível positivo

↑ Desnível negativo

# Materiais e componentes do sistema predial de água fria

## 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  
 DE - diâmetro externo  
 DN - diâmetro nominal  
 DI - diâmetro interno  
 e - espessura da parede do tubo

## 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  
 DE - diâmetro externo  
 DN - diâmetro nominal  
 DI - diâmetro interno  
 e - espessura da parede do tubo

## Tubos de aço carbono- Classe média

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  
 DE - diâmetro externo  
 DN - diâmetro nominal  
 DI - diâmetro interno  
 e - espessura da parede do tubo