

INSTALAÇÕES PREDIAIS

UNIDADE 1 - SISTEMAS PREDIAIS HIDRÁULICOS DE ÁGUA FRIA E QUENTE DE UMA EDIFICAÇÃO

Autora:

Bianca Lopes de Oliveira

Revisor:

Geraldo Oliveira Neto

INTRODUÇÃO	01
1.1 SISTEMAS PREDIAIS - GENERALIDADES	02
1.2 INSTALAÇÕES PREDIAIS DE SUPRIMENTO DE ÁGUA FRIA	04
1.3 INSTALAÇÕES PREDIAIS DE SUPRIMENTO DE ÁGUA QUENTE	17
1.4 SISTEMAS DE AQUECIMENTO SOLAR	20
SÍNTESE	22
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	23

Introdução

Segundo a definição de Ilha e Gonçalves (1994), um edifício pode ser considerado como um sistema composto por diversos subsistemas que se inter-relacionam. Esses subsistemas têm como objetivo servir como suporte às atividades dos usuários, fornecendo os insumos necessários e propiciando os serviços requeridos, sendo denominados de sistemas prediais. Dentre esses, os sistemas prediais de água fria e água quente têm como finalidade distribuir a água em quantidade suficiente, sob a pressão adequada, promovendo condições favoráveis ao conforto e à segurança dos usuários. Entender os requisitos mínimos estabelecidos pelas normas técnicas é a base para o desenvolvimento do projeto das instalações hidráulicas de um edifício, de modo que haja desempenho técnico adequado. Nesta unidade, veremos as características das instalações hidráulicas de água fria e água quente e os critérios para seu correto dimensionamento.

1.1 Sistemas prediais – Generalidades

Segundo Ilha e Gonçalves (1994), o sistema edifício é composto de diversos subsistemas como:

Estrutura	Fundações e superestrutura;
Envoltória	Sob o nível do solo e sobre o nível do solo;
Divisores de espaços externos e internos	Verticais, horizontais e escadas;
Serviços	Suprimento e disposição de água, controle térmico e ventilação, suprimento de gás, suprimento de energia elétrica, telecomunicações, transporte mecânico e segurança e proteção.

O melhor desempenho desses subsistemas não envolve apenas a uma boa solução de cada parte isoladamente, mas na conjugação do todo, de modo a atender às funções às quais o edifício se destina.

As atividades de um edifício dependem do subsistema **serviços**, que se refere aos sistemas físicos denominados **sistemas prediais**. No desenvolvimento do projeto arquitetônico de um edifício, os sistemas prediais não devem ser adicionados à medida que forem necessários. Esse comportamento pode, conforme Salvador (2007), **desconfigurar** a arquitetura, desfragmentando o edifício e resultando em consequências indesejáveis ao usuário.

Assim, desde o início do desenvolvimento do projeto arquitetônico, o projetista deve ter os conceitos técnicos referentes aos sistemas prediais em seu repertório arquitetônico e urbanístico, promovendo a integração entre os elementos de modo harmonioso.



VOCÊ SABIA?

“Os cabos, tubos e condutores crescem dentro de nossos edifícios, e com eles os espaços que ocupam as exigências de acessibilidade [...] Parece que nós projetistas entendemos que isso não é arquitetura... que arquitetura trata de outras coisas. Até quando poderemos olhar para outro lado?” (PARÍCIO e FUMADO *apud* SALVADOR, 2007, p. 8).

Os sistemas prediais devem ser pensados para que tenham as seguintes características:

Desempenho	Devem funcionar de modo adequado e permanecer em operação durante o tempo esperado (vida útil);
Flexibilidade	Devem ser adaptáveis às evoluções funcionais do edifício.

No projeto dos sistemas prediais, o enfoque deve ser no desempenho de suas funções. A preocupação com o desempenho e a qualidade na construção é antiga, tendo registros sobre o assunto há mais de quatro mil anos no Código de Hamurabi. Um marco no desenvolvimento desse conceito foi a elaboração da ISO 6241, em 1984, que estabelecia uma listagem com os requisitos funcionais dos usuários de edificações. Essa norma foi substituída pela ISO 19208, que fornece a estrutura para a avaliação do desempenho de um edifício para satisfazer as necessidades do usuário e da sociedade (LEITNER, 2019, p. 40).

Evolução das normas sobre desempenho de sistemas prediais

1780 a.C. - Código de Hamurabi: primeiras leis sobre qualidade na construção civil.

1953 d.C. - Criação do Conselho Internacional de Construção.

1984 - Elaboração da ISO 6241: surge o conceito de desempenho das edificações e sua avaliação.

1987 - Normas ISO 9000: requisitos para a gestão da qualidade.

1996 - No Brasil, criação do PBQP-H (Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat).

2013 - Entra em vigor a série de normas NBR 15575: Edificações Habitacionais – Desempenho.

2016 - Substituição da ISO 6241 pela ISO 19208.

Os sistemas prediais podem ser:

- **Sistemas prediais de hidráulico-sanitários:** tem como objetivo fornecer água para a edificação, coletar e afastar as águas pluviais e retirar o esgoto sanitário. É composto pelo sistema de suprimento de água fria, coleta de esgoto sanitário, sistema de água quente e sistema de coleta de águas pluviais;
- **Sistemas prediais de energia:** devem fornecer energia suficiente, de modo seguro e confiável. É composto pelo sistema das instalações elétricas de baixa tensão e o sistema de gás combustível;
- **Sistemas prediais de ventilação e condicionamento térmico:** são responsáveis por conceder conforto térmico aos usuários da edificação;
- **Sistemas prediais de comunicação:** promovem a comunicação interna e externa dos usuários, podendo incluir os sistemas de interfone, telefone, som, televisão e dados;

- **Sistemas prediais de segurança:** é composto pelo sistema para segurança patrimonial, sistemas de combate ao incêndio, sistemas de segurança contra descargas elétricas (SPDA);
- **Sistemas prediais de transporte:** refere-se aos sistemas utilizados para circulação dos usuários de modo horizontal e vertical, com base em critérios de acessibilidade (elevadores, escadas, esteiras rolantes);
- **Automação:** responsável pela função de automatismo das instalações, sendo suas principais funções o gerenciamento de energia, suprimento de água e gás, controle de iluminação, ventilação e condicionamento térmico, sistemas de água gelada, entre outros.

1.2 Instalações prediais de suprimento de água fria

As instalações prediais de água fria são projetadas de acordo com as exigências técnicas da NBR 5626, que envolvem preservar a potabilidade da água, garantir o fornecimento de água de forma contínua, com vazão e pressões adequadas e compatíveis com o funcionamento dos aparelhos sanitários, peças de utilização e outros componentes. Estas instalações devem promover a economia de água e energia, possibilitar a manutenção de modo fácil e econômico e promover o conforto dos usuários.

1.2.1 Materiais e componentes

Os materiais e componentes utilizados nas instalações de água não podem colocar a potabilidade da água em risco, devem manter um bom desempenho, não sendo afetados pelas características partículas da água, nem pela ação do ambiente ou solicitações a que sejam submetidos quando em uso, conforme a NBR 5626.

Os materiais mais utilizados para tubos e conexões de um sistema predial de água fria são cloreto de polivinila (PVC rígido), aço carbono e ferro fundido. O Quadro 1 apresenta as vantagens e desvantagens do uso de tubos plásticos ou metálicos.

Quadro 1 – Vantagens e desvantagens de tubos plásticos e metálicos.

Tipo	Vantagens	Desvantagens
Tubos plásticosPVC	Material leve e fácil de manusear Alta resistência a corrosão Baixa condutividade térmica e elétrica Baixo custo relativo Boa resistência química Baixa tendência ao entupimento Baixo coeficiente de atrito (perda de carga menor)	Baixa resistência à temperatura Baixa resistência mecânica Degradação por exposição aos raios ultravioletas Baixa estabilidade dimensional

<p>Tubos metálicos (aço carbono, ferro fundido)</p>	<p>Estabilidade dimensional Incombustibilidade às temperaturas usuais de incêndio Utilização do tubo como aterramento dos aparelhos elétricos Maior confiabilidade nos dados de desempenho</p>	<p>Baixa resistência à corrosão Dificuldade na montagem de tubos e conexões Maior perda de carga Maior custo Acumulação de depósitos por corrosão, suspensões e precipitação química Contaminação da água por meio da solda de chumbo, corrosão e outros resíduos</p>
---	--	---

Fonte: ILHA; GONÇALVES, 1994, p. 63. (Adaptado).

Outro material que tem sido utilizado nas instalações de água fria e quente é o polietileno reticulado (PEX), originado do polietileno (PE). Esse material flexível permite que se elimine as conexões do sistema, promovendo mais rapidez e facilidade na instalação. O PEX apresenta alta resistência à corrosão química e eletroquímica, baixas perdas de carga, memória térmica e baixo peso.

1.2.2 Dimensionamento e regulamentações de higiene e potabilidade

O abastecimento de água fria, em geral, é feito por distribuidor público. Pode ser, total ou parcialmente, feito por fonte particular, como poços e nascentes, desde que seja garantida a potabilidade da água. Os sistemas de distribuição podem ser diretos, indiretos sem bombeamento e indiretos com bombeamento.

SISTEMA DIRETO DE DISTRIBUIÇÃO: Nesse sistema, não há utilização de reservatório, sendo utilizado quando a pressão da rede pública é suficiente e que haja continuidade de abastecimento. O sistema de alimentação dos pontos é ascendente.

SISTEMA INDIRETO DE DISTRIBUIÇÃO SEM BOMBEAMENTO: Nesse sistema, há utilização de reservatório superior para garantir a continuidade do abastecimento. É utilizado quando a pressão é suficiente para o abastecimento do reservatório e o sistema de alimentação dos pontos é descendente. Comum em residências de até dois pavimentos.

SISTEMA INDIRETO DE DISTRIBUIÇÃO COM BOMBEAMENTO: Neste sistema há utilização de reservatório superior e inferior para garantir a continuidade do abastecimento. É utilizado quando a pressão não é suficiente, sendo necessário o bombeamento. A distribuição é descendente e comum em grandes edifícios.

SISTEMA HIDROPNEUMÁTICO DE DISTRIBUIÇÃO: Nesse sistema, a rede de distribuição é pressurizada por meio de um tanque de pressão contendo ar e água, sendo dispensável o uso de reservatório superior. Sob a ação de uma bomba, a água pressiona o ar existente contra as paredes do reservatório, armazenando energia potencial para recalcar a água até os pontos de utilização. É uma instalação cara, utilizada em casos especiais como legislação limitando a altura do prédio, alívio na estrutura e ganho de espaço na cobertura.

Para se iniciar o dimensionamento das instalações prediais de água fria, deve-se prever o consumo que acontecerá na edificação. O consumo é calculado de acordo com a população do edifício. Em edifícios residenciais estima-se que cada quarto social é ocupado por duas pessoas e cada quarto de serviço, por uma pessoa. Em edifícios públicos ou comerciais, pode-se estimar a população conforme apresentado na Tabela 1. O cálculo do consumo (C) é feito pelo produto entre a população (P) do edifício e o consumo per capita (q).

Tabela 1 – População para edifícios comerciais ou públicos

Local	Taxa de ocupação
Bancos	Uma pessoa por 5 m ² de área
Escritórios	Uma pessoa por 6 m ² de área
Pavimentos térreos	Uma pessoa por 2,5 m ² de área
Lojas-pavimentos superiores	Uma pessoa por 5 m ² de área
Museus e bibliotecas	Uma pessoa por 5,5 m ² de área
Sala de hotéis	Uma pessoa por 5,5 m ² de área
Restaurantes	Uma pessoa por 1,4 m ² de área
Teatros, cinemas e auditórios	Uma cadeira pra cada 0,70 m ² de área

Fonte: Adaptado de CREDER, 2018, p. 9.

A Tabela 2 exemplifica a média de consumo de água fria para alguns tipos prediais.

Tabela 2 – Consumo de água fria per capita.

Prédio	Consumo (litros/dia)
Alojamentos provisórios	80 per capita
Casas populares ou rurais	120 per capita
Residências	150 per capita
Apartamentos	200 per capita
Hotéis (sem cozinha e lavanderia)	120 por hóspede
Hospitais	250 por leito
Escolas (internatos)	150 per capita
Escolas (externatos)	50 per capita
Quartéis	150 per capita
Edifícios públicos ou comerciais	50 per capita
Escritórios	50 per capita
Cinemas e teatros	2 por lugar
Templos	2 por lugar
Restaurantes e similares	25 por refeição

Fonte: Adaptado de CREDER, 2018, p. 9.

O ramal predial, abrigo e hidrômetro são dimensionados a partir de parâmetros estabelecidos pelas **concessionárias**, com base no consumo diário do edifício. O alimentador predial é dimensionado conforme o consumo diário. É recomendado que a velocidade máxima no alimentador predial seja de 1 m/s.

A partir do cálculo do consumo, também se define a **capacidade dos reservatórios**. A capacidade usual utilizada para os reservatórios é de dois dias de consumo diário, sendo que três quintos desse valor é reservado no reservatório inferior e dois quintos no reservatório superior. A reserva de incêndio é definida de acordo com as leis e instruções técnicas vigentes, sendo em média 15 a 20% do consumo diário (CREDER, 2018).



VOCÊ SABIA?

O uso do sistema direto de distribuição depende de se ter um suprimento continuamente disponível e confiável. No Brasil, o fato de que em quase todas as localidades brasileiras há deficiência no abastecimento público de água, por eventuais interrupções, não se utiliza o sistema direto de distribuição.

Para exemplificar, podemos calcular as capacidades dos reservatórios de um edifício de sete pavimentos, com seis apartamentos por andar. Cada apartamento possui dois dormitórios sociais e nenhum de serviço. No edifício, ainda há o apartamento do zelador, de dois dormitórios. Calculando a população do edifício, tem-se:

- Cada apartamento tem dois quartos, ou seja, quatro moradores;
- O apartamento do zelador tem dois quartos, ou seja, quatro pessoas;
- População total: $24 \times 7 + 4 = 172$ pessoas.

Conforme a Tabela 2, apartamentos tem consumo per capita de 200 L/dia. Assim, o consumo diário do edifício será o produto entre a população (172 pessoas) e o consumo por pessoa (200 litros/dia), ou seja, 34.400 litros. Ao se calcular o armazenamento de água para dois dias de desabastecimento, tem-se 68.800 litros. Assim, o reservatório inferior deve ter três quintos desse valor, ou seja, cerca de 41.300 L e o reservatório superior deve ter 27.500 L.

Para o **dimensionamento das tubulações**, deve-se utilizar as vazões previstas de cada peça de utilização do sistema. Salvo em situações em que os horários de funcionamento são rígidos, como escolas e quartéis, o dimensionamento deve utilizar o conceito de consumo máximo provável, ou seja, as peças nunca devem funcionar simultaneamente por razões de economia. De acordo com a NBR 5626, calcula-se a vazão do sistema, conforme o método de pesos relativos, utilizando-se a equação:

De acordo com a NBR 5626, calcula-se a vazão do sistema, conforme o método de pesos relativos, utilizando-se a equação:

$$C = 0,3 \cdot \sqrt{(\Sigma P)}$$

Onde Q é a vazão em litros por segundo do trecho e ΣP é a somatória dos pesos de todas as peças de utilização alimentadas pelo trecho analisado. Os pesos e vazões de cada peça de utilização estão listados na Tabela 3.

Tabela 3 – Valores dos pesos e vazões de peças de utilização.

Peça de utilização	Vazão (L/s)	Peso
Bacia sanitária com caixa de descarga	0,15	0,30
Bacia sanitária com válvula de descarga	1,90	40,0
Banheira	0,30	1,0
Bebedouro	0,05	0,1
Bidê	0,10	0,1
Chuveiro	0,20	0,5
Lavatório	0,20	0,5
Máquina de lavar pratos ou roupas	0,30	1,0
Mictório autoaspirante	0,50	2,8
Mictório de descarga contínua, por metro ou aparelho	0,075	0,2
Mictório de descarga descontínua	0,15	0,3
Pia de despejo	0,30	1,0
Pia de cozinha	0,25	0,7
Tanque de lavar roupa	0,30	1,0

Fonte: CREDER, 2018, p. 10.

No desenvolvimento do projeto das instalações de água fria, deve-se levar em consideração os **valores mínimos e máximos de pressão** na tubulação, de acordo com a NBR 5626.

Para pressões estáticas, a pressão máxima admissível é de 400 kPa ou 40 mca. Caso ocorra, pode-se introduzir válvulas redutoras de pressão. Também não deve ocorrer sobrepressão que supere 20 mca (200 kPa) a pressão estática em um ponto da rede quando for feito o fechamento de qualquer peça de utilização.

As pressões mínimas dinâmicas (quando há o escoamento), segundo a NBR 5626, é de 0,5 mca (5 kPa) em todos os pontos da rede, para se evitar pressão negativa que possa contaminar a água. Além disso, as pressões mínimas nas peças de utilização devem estar de acordo com a descrição da Tabela 4.

Tabela 4 – Pressões estáticas e dinâmicas em pontos de utilização.

Aparelho	Pressão máxima		Pressão mínima	
	Estática	Dinâmica	Estática	Dinâmica
Aquecedor elétrico de alta pressão	40,0	40,0	1,0	0,5
Aquecedor elétrico de baixa pressão	5,0	4,0	1,0	0,5
Aquecedor a gás (baixa pressão)	–	5,0	–	1,0
Aquecedor a gás (alta pressão)	–	40,0	–	1,0
Bebedouro	–	40,0	–	2,0
Chuveiro de 1/2" (15 mm)	–	40,0	–	2,0
Chuveiro de 3/4" (20 mm)	–	40,0	–	1,0
Torneira	–	40,0	–	0,5
Torneira-boia de caixa de descarga de 1/2" (15 mm)	–	40,0	–	1,5
Torneira-boia de caixa de descarga de 3/4" (20 mm)	–	40,0	–	0,5
Torneira-boia para reservatório	–	40,0	–	0,5
Válvula de descarga 1 1/2" (38 mm)	–	6,0	2,0	1,2
Válvula de descarga 1 1/4" (32 mm)	–	15,0	–	3,0
Válvula de descarga 1" (25 mm)	–	40,0	–	10,0

Fonte: CREDER, 2018, p. 16.

Com a vazão definida, o dimensionamento da tubulação do ramal pode ser feito por meio da equação da continuidade, considerando que a velocidade do escoamento máxima recomendada é de 2,5 m/s. Limitar a velocidade do escoamento reduz ruídos da tubulação, possibilidade de corrosão e controla o golpe de aríete. O diâmetro pode ser calculado como:

$$D_{min} = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot v_{máx}}}$$

Onde Q é a vazão de projeto (m³/s), A^{mí} é a área mínima da seção transversal do tubo (m²), v^{máx} é a velocidade máxima de escoamento no tubo e D^{mín} é o diâmetro interno mínimo (m).

Para facilitar o dimensionamento é possível usar o ábaco ilustrado na Figura 1. A partir do valor da somatória dos pesos, obtém-se o valor da vazão em L/s e do diâmetro correspondente.

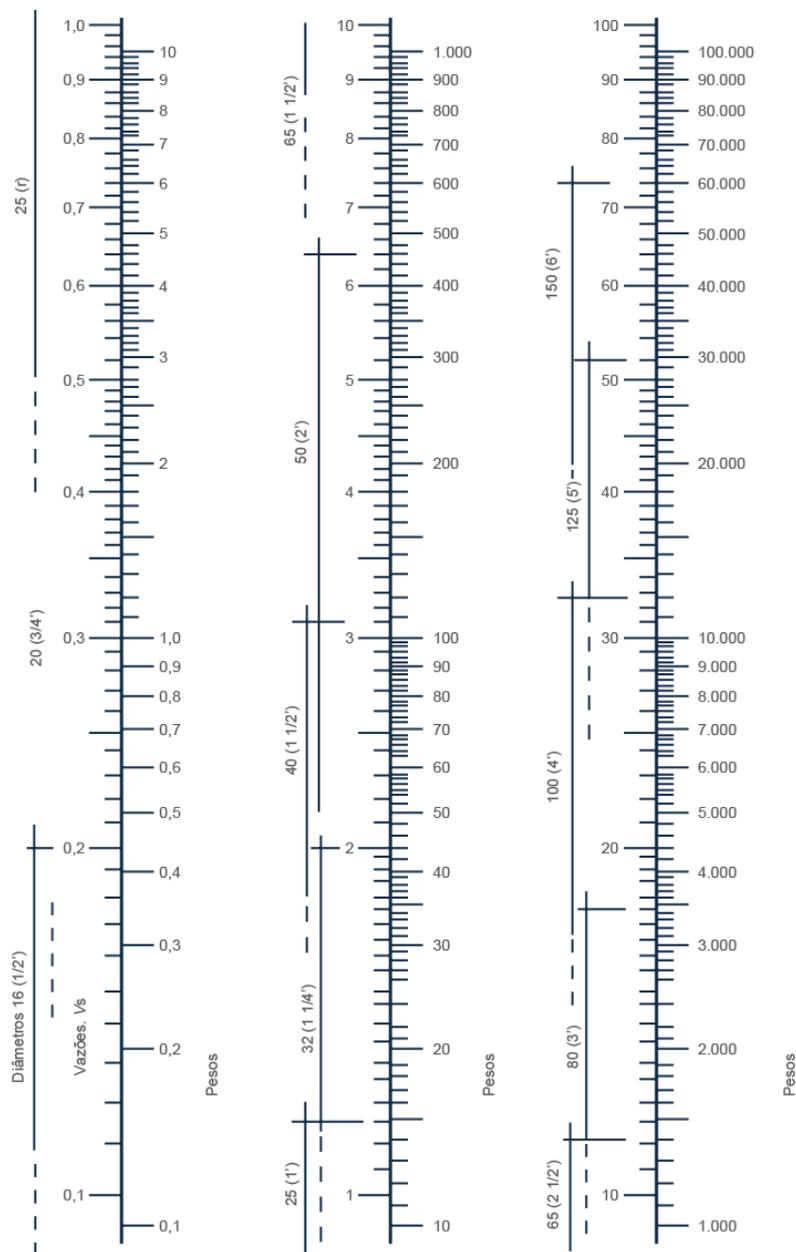


Figura 1 – Vazões e diâmetros em função dos pesos (ramais).

Fonte: CREDER, 2018, p. 12.

Como exemplo, pode-se citar a vazão de um ramal que abastece um banheiro no qual estão instalados três vasos sanitários com caixa acoplada, três lavatórios e um chuveiro. Assim, é necessário definir os pesos de cada uma dessas peças.

Com base na Tabela 4, tem-se:

- Peso de cada vaso sanitário com caixa acoplada = 0,3;
- Peso de cada lavatório = 0,5;
- Peso de cada chuveiro = 0,5;
- Somatória de pesos: $3 \times 0,3 + 3 \times 0,5 + 0,5 = 2,9$.

Para esse exemplo, o cálculo para a vazão é:

$$Q = 0,3 \cdot \sqrt{\sum P} = 0,3 \cdot \sqrt{2,9} = 0,51L/s$$

Utilizando o ábaco da Figura 1, pode-se considerar o diâmetro do ramal como 20 mm (3/4"). A NBR 5626 estabelece os diâmetros mínimos dos sub-ramais de acordo com as peças de utilização.

As **colunas de distribuição** dos ramais são dimensionadas trecho por trecho, por meio do método de Hunter, baseado nas peças que não são atendidas em cada coluna. Segundo Creder (2018), em trechos longos, é preferível a criação de novas colunas. Também, para banheiros com válvulas de descarga é recomendado ter uma coluna exclusiva para seu abastecimento. A norma NBR 5626 sugere uma sequência de cálculo com a finalidade de auxiliar na soma do dimensionamento das colunas de distribuição.

Para explicar essa sequência de cálculo, segue um passo a passo para dimensionar a coluna de distribuição 1 de um edifício residencial de três pavimentos, como ilustrado na Figura 2, que abasteça um ramal por pavimento contendo as seguintes peças: aquecedor que alimenta chuveiro e lavatório, chuveiro, lavatório e vaso sanitário com caixa de descarga. Considera-se que o pé direito é de três metros e que a tubulação é de aço carbono. Antes de iniciar os cálculos, deve-se avaliar a pressão disponível na derivação do último pavimento. A diferença de cota entre o meio do reservatório e a derivação é 6,0 m. O comprimento dessa tubulação até a derivação no terceiro pavimento é de 12,0 m. O primeiro passo é numerar as colunas, seguido da nomeação dos trechos (Passo 2).

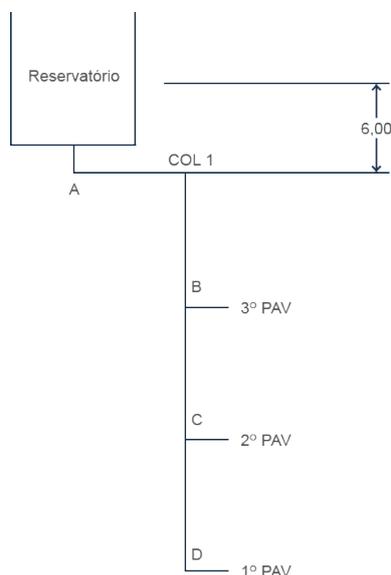


Figura 2 – Exemplo de cálculo.
Fonte: Elaborada pela autora, 2020.

Supondo-se que no trecho A e B tem as seguintes peças: registro de gaveta de 2 1/2" e um Tê de 2 1/2". Calcula-se, então, os pesos de cada ramal (Passo 3), fazendo-se a somatória dos pesos das peças alimentadas em cada trecho (Passo 4).

A Tabela 5, sintetiza as informações desse exemplo.

Tabela 5 – Aplicação da planilha para dimensionamento dos trechos, a partir do exemplo.

1	2	3	4	5	6	7
COLUNA	TRECHO	PESO UNITÁRIO DE CADA RAMAL	PESO ACUMULADO	VAZÃO (L/s)	DIÂMETRO (mm)	VELOCIDADE (m/s)
1	AB	2,3	6,9	0,79	25	1,6
	BC	2,3	4,6	0,64	25	1,3
	CD	2,3	2,3	0,46	20	1,4

8	9	10	11	12	13	14	15
COMPRIMENTOS			Pressão disponível Mca	Perda de carga		Pressão a jusante (mca)	Obs
Reino)	EQUIV. (M)	TOTAL (m)		Unitário (m/m)	Total (m)		
12	4,7	16,70	6,00	0,2	3,34	2,66	
3	1,7	4,70	5,66	0,13	0,61	5,05	
3	2,4	5,40	8,05	0,18	0,97	7,08	

Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

Em seguida, deve-se considerar:

- **Passos 5 e 6:** com base na Figura 1, determina-se a vazão de cada trecho e o diâmetro;
- **Passo 7:** determinar a velocidade e perda de carga unitária, utilizando o diâmetro e vazão indicados na Figura 2;
- **Passo 8:** inserir na tabela os comprimentos reais de cada trecho;
- **Passo 9:** inserir as perdas localizadas no trecho, com base na Figura 3:
 - Trecho A-B: $0,4 + 4,3 = 4,7$;
 - Trecho B-C: 1,7;
 - Trecho C-D: $1,7 + 0,7 = 2,4$;

- **Passo 10:** somar os comprimentos e determinar o comprimento total;
- **Passo 11:** pressão disponível no ponto A é de 6,0 m, demais colocar a pressão a jusante acrescentado do desnível (desce +, sobe -);
- **Passo 12:** inserir valor da perda de carga unitária, conforme o passo 7;
- **Passo 13:** multiplicar a perda de carga unitária pelo comprimento total;
- **Passo 14:** determinar a pressão a jusante (montante menos perda de carga total).

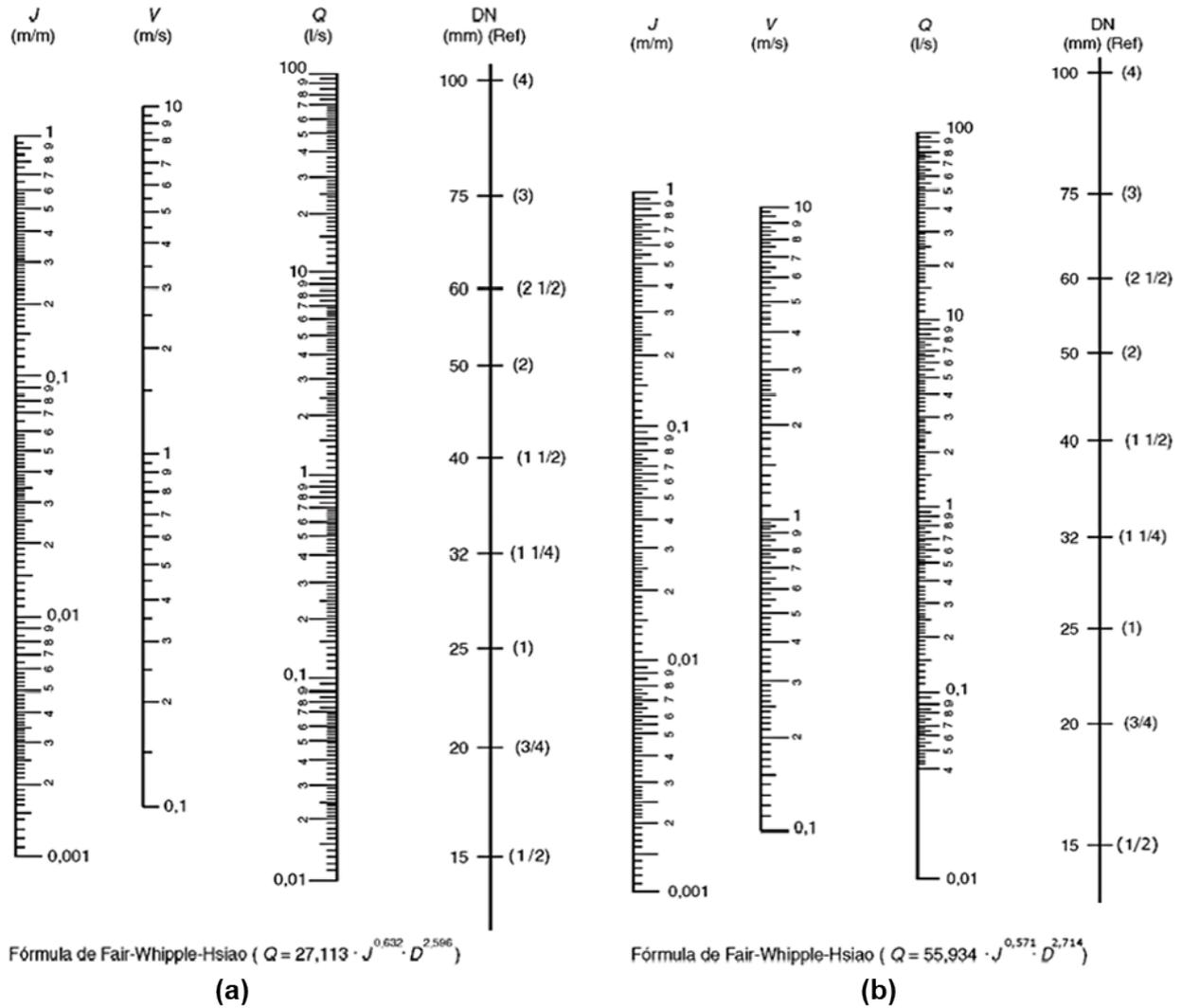


Figura 3 – Ábacos para dimensionamento. A) Tubulações de aço galvanizado e ferro fundido; B) Tubulações de cobre e PVC.
 Fonte: CREDER, 2018, p. 21 e 22.

Na Tabela 6, podemos ver os comprimentos equivalentes a perdas localizadas.

**Tabela 6 – Comprimentos equivalentes a perdas localizadas. A) em metros, ferro galvanizado;
B) PVC rígido ou cobre.**

Diâmetro nominal D		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 registro de globo aplicam-se também às torneiras, válvulas para chuveiros e válvulas de descargas.

Diâmetro nominal		Joelho 90°	Joelho 45°	Curva 90°	Curva 45°	Tê 90° Passagem 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		Registro globo aberto	Registro gaveta aberto	Registro ângulo aberto
DN (mm)	Ref. (pol.)												Tipo leve	Tipo pesado			
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	37,9	0,8	18,5
60	(2 1/2)	3,7	1,7	1,4	0,8	2,4	7,8	7,8	1,6	3,3	3,5	25,0	8,2	12,5	38,0	0,9	19,0
75	(3)	3,9	1,8	1,5	0,9	2,5	8,0	8,0	2,0	3,7	3,7	26,8	9,3	14,5	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

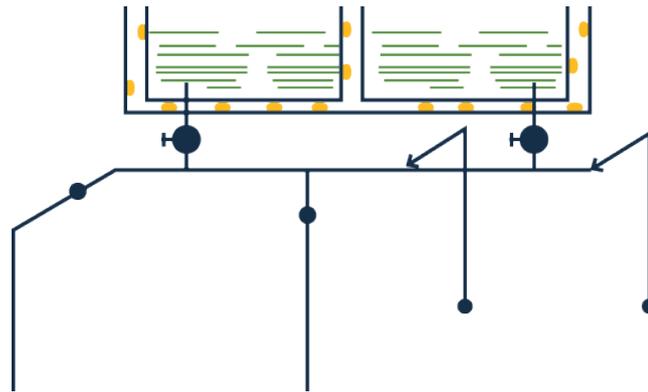
(b)

Fonte: CREDER, 2018, p. 25 e 26. (Adaptado).

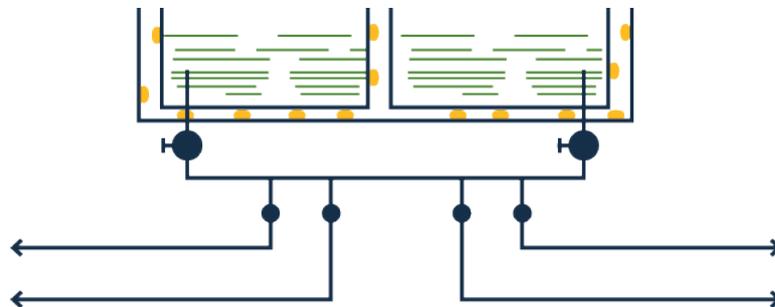
A ligação entre as colunas de distribuição e as duas câmaras do reservatório é feita pelo **barrilete**. Seu dimensionamento pode ser feito pelo uso do método de Hunter, fixando uma perda de carga de 8% e calculando a vazão como se metade da caixa atendessem à metade das colunas.

Infográfico 1 – Barrilete ramificado e barrilete concentrado.

Barrilete concentrado: concentram o registro das colunas em uma única região, porém exige espaço para sua instalação.



Barrilete ramificado: espalham os registros das colunas, mas é uma solução muito mais econômica.



Fonte: CREDER, 2018, p. 25 e 26. (Adaptado).

Nos sistemas indiretos com **bombeamento**, é necessário dimensionar as tubulações de recalque, sucção e a bomba do sistema. Creder (2018) sugere que se adote a capacidade horária da bomba de 20% do consumo diário, de modo que a bomba funcione cinco horas por dia.

A tubulação de recalque é dimensionada pela equação:

$$D = 1,3 \cdot \sqrt{Q \cdot \frac{1}{X}}$$

Onde D é o diâmetro (m), Q é a vazão (m³/s) e X é a razão entre as horas de funcionamento da bomba por 24 horas.

A tubulação de sucção é adotada como um diâmetro comercial acima do valor de recalque, ou seja, se a tubulação de recalque for 2", a de sucção será 2 1/2". A escolha da bomba de recalque de água é definida com base na vazão, altura manométrica e rendimento do conjunto motor-bomba (para instalações prediais, é da ordem de 40%). A altura manométrica é definida como a somatória da altura estática e das perdas de carga da tubulação de recalque. A potência requerida da bomba é:

$$P = \frac{1000 \cdot Q \cdot H_{man}}{75 \cdot \eta}$$

Onde P é a potência da bomba em cavalos, Q é a vazão (m^3/s), H_{man} é a altura manométrica (m) e η é o rendimento do conjunto motor-bomba. Após o cálculo do sistema de recalque, deve ser feita a verificação da altura de sucção a fim de se evitar a ocorrência de cavitação.

1.3 Instalações prediais de suprimento de água quente

Esse sistema é utilizado para fornecer água quente para uso em banhos, higiene, cozinhas, lavagem de roupas, finalidades industriais ou médicas. A NBR 7198 estabelece as exigências mínimas quanto à higiene, segurança, economia e ao conforto dos usuários, para que as instalações prediais de água quente sejam projetadas e executadas. Usualmente, as temperaturas para sistemas de água quente para banheiros é de 35 a 50 °C, em cozinhas de 60 a 70 °C, em lavanderias 75 a 85 °C e para finalidades médicas, acima de 100 °C.

1.3.1 Materiais e componentes

Os materiais mais utilizados para tubos e conexões de um sistema predial de água quente são cobre, cloreto de polivinila pós-clorado (CPVC), polipropileno randômico (PPR) e PEX.

O cobre tem como vantagens o fato de seu tubo ser totalmente modelável, durável, reciclável e por não propagar o fogo. No entanto, precisam da utilização de isolantes, pois possuem alta condutividade térmica. Os tubos e conexões de CPVC possuem as propriedades inerentes ao PVC, com o acréscimo da resistência à condução de líquidos sob pressões à altas temperaturas (CREDER, 2018). São vantagens da utilização desse material, sua montagem simples, ser um material resistente à corrosão, baixa condutividade térmica e baixo custo em comparação com tubulações metálicas. O PPR possui alta resistência à alta temperatura e à alta pressão e boa durabilidade. Seu sistema de conexão se dá por termofusão, ou seja, os tubos e conexões se fundem com o uso de termofusores, tornando-se uma tubulação contínua.

Os registros, válvulas e torneiras devem ser de bronze, latão ou outros materiais adequados, desde que obedeçam às especificações aprovadas para cada material. As tubulações de água quente devem ser isoladas termicamente a fim de se evitar as perdas de calor no sistema.

1.3.2 Dimensionamento

O sistema predial de água quente é separado do sistema de água fria e pode ser por aquecimento individual ou local, central privado ou do edifício.

AQUECIMENTO
INDIVIDUAL

É feito pela instalação de aquecedores localizados nos banheiros ou cozinhas e atendem poucos aparelhos.

AQUECIMENTO CENTRAL
PRIVADO

Nesse caso, há um aquecedor central na unidade privativa (acumulação ou de passagem) de onde as tubulações saem para alimentar os diversos pontos de utilização. Os aquecedores de passagem são aquecedores nos quais a água é aquecida à medida que passa pela fonte de aquecimento, sem necessidade de reserva. Os aquecedores de acumulação reservam a água a ser aquecida.

AQUECIMENTO CENTRAL
COLETIVO

Há uma instalação geral que alimenta todas as unidades do edifício. Essa instalação, geralmente, fica no térreo ou subsolo.

O primeiro passo para o dimensionamento desse sistema é o cálculo do consumo de água quente necessário em função do número de pessoas e de aparelhos a serem alimentados. A Tabela 7 é um dos modelos utilizados para determinação de consumo em função do número de pessoas.

Tabela 7 – Consumo de água quente nos edifícios, em função do número de pessoas.

Tipo de edifício	Água quente necessária, a 60 °C	Consumo nas ocasiões de pico (L/h)	Duração do pico – horas de carga	Capacidade do reservatório, em função do consumo diário	Capacidade horária de aquecimento em função do uso diário
Residência, apartamento, hotéis	50 L por pessoa/dia	1/7	4	1/5	1/7
Edifícios de escritórios	2,5 L por pessoa/dia	1/5	2	1/5	1/6
Fábricas	6,3 L por pessoa/dia	1/3	1	2/5	1/8
Restaurantes					
3ª classe	1,9 L por refeição			1/10	1/10
2ª classe	3,2 L por refeição				
1ª classe	5,6 L por refeição				
Restaurante – três refeições por dia		1/10	8	1/5	1/10
Restaurante – uma refeição por dia		1/5	2	2/5	1/6

Fonte: CREDER, 2018, p. 81.

Como exemplo, pode-se calcular o consumo de água quente de uma residência com oito moradores. Conforme a Tabela 7, o consumo per capita para residências é de 50 L por dia. Assim, o consumo diário de água quente é: $50 \times 8 = 400$ L. Nas ocasiões de pico, a vazão é $1/7$ do consumo diário: $400 \times 1/7 = 57$ L/s. A capacidade do reservatório deve ser de $1/5$ do consumo diário: $400 \times 1/5 = 80$ L, enquanto a capacidade do aquecimento por horário deve ser de $1/7$ do consumo diário: $400 \times 1/7 = 57$ L/s.

O próximo passo para o dimensionamento do sistema de água quente é a determinação do modo de aquecimento da água, que pode ser feito por meio de energia elétrica, utilização da queima de combustíveis sólidos, líquidos ou gasosos, por energia solar, água resultante da condensação de sistemas de ar condicionado, entre outros. Em edifícios, os aquecedores mais comuns são os elétricos, a gás, a óleo ou carvão e solar.

O aquecimento elétrico da água é feito pela transferência de calor de resistências metálicas imersas na água. Para a determinação da potência elétrica, utiliza-se a equação:

$$Q = mc \cdot (t_2 - t_1)$$

Onde Q é a quantidade de calor necessário em kcal, m é a quantidade de água (L), c é o calor específico da água (kcal/kg°C), t_1 é a temperatura inicial (°C) e t_2 é a temperatura final (°C). O calor específico da água é 1 kcal/kg°C.

O reservatório de água quente, ou boiler, deve manter a temperatura da água quente por um longo tempo. Desse modo, é importante que seja isolado termicamente, assim como as tubulações. Esse isolamento pode ser feito com lã de vidro, Eucatex, isopor etc. Segundo Creder (2018), o boiler com bom isolamento térmico pode manter a temperatura da água por um período de cerca de 12 horas, sem consumo.

O aquecimento a gás é feito baseado na norma NBR 15526. O aquecedor é, geralmente, instalado na cozinha ou banheiro. Em seu interior, há uma serpentina de água que recebe o calor pelo contato direto com a chama ou gases quentes, sendo que consta um pequeno bico de gás (piloto) que é acionado quando se abre a torneira ou registro. O rendimento médio desse tipo de aquecedor é de 70% e considera-se que é consumido cerca de 1 m³ de gás para produzir 4.000 kcal (CREDER, 2018).

Os sistemas de aquecimento central em edifício são utilizados quando economicamente viáveis. Nesse caso, há necessidade de reservação de água para o suprimento das diversas unidades a serem abastecidas e são utilizadas, em geral, caldeiras a gás combustível e eletricidade. Os sistemas podem ser com circulação (termossifão) ou sem circulação. A diferença básica dos sistemas é o tempo até a água quente sair pela torneira. Em sistemas com circulação, a água quente sai quase que imediatamente da torneira, enquanto nos sistemas sem circulação demora um pouco para a água quente sair pela torneira. Os sistemas podem ser:

- Ascendente sem circulação;
- Ascendente com circulação;
- Descendente com bombeamento;
- Sistema misto, com ramos ascendentes e descendentes.

Para o dimensionamento das tubulações de água quente do sistema descendente, segue-se os mesmos cálculos utilizados no sistema de água fria. No dimensionamento de um sistema ascendente, as considerações são semelhantes, sendo que as vazões diminuem de baixo para cima e as tubulações aumentam de diâmetro de baixo para cima. Para um sistema de aquecimento central privativo, deve-se prever uma coluna de distribuição exclusiva do sistema de abastecimento de água fria para os aquecedores.

1.4 Sistemas de aquecimento solar

No Brasil, o uso de aquecimento solar é cada vez mais utilizado. As vantagens do uso desse sistema é que a fonte de energia é considerada inesgotável, não é poluidora, é autossuficiente e silenciosa (CREDER, 2018). Seu uso, em geral, é complementado com o aquecimento elétrico ou a gás nos dias em que não há sol.

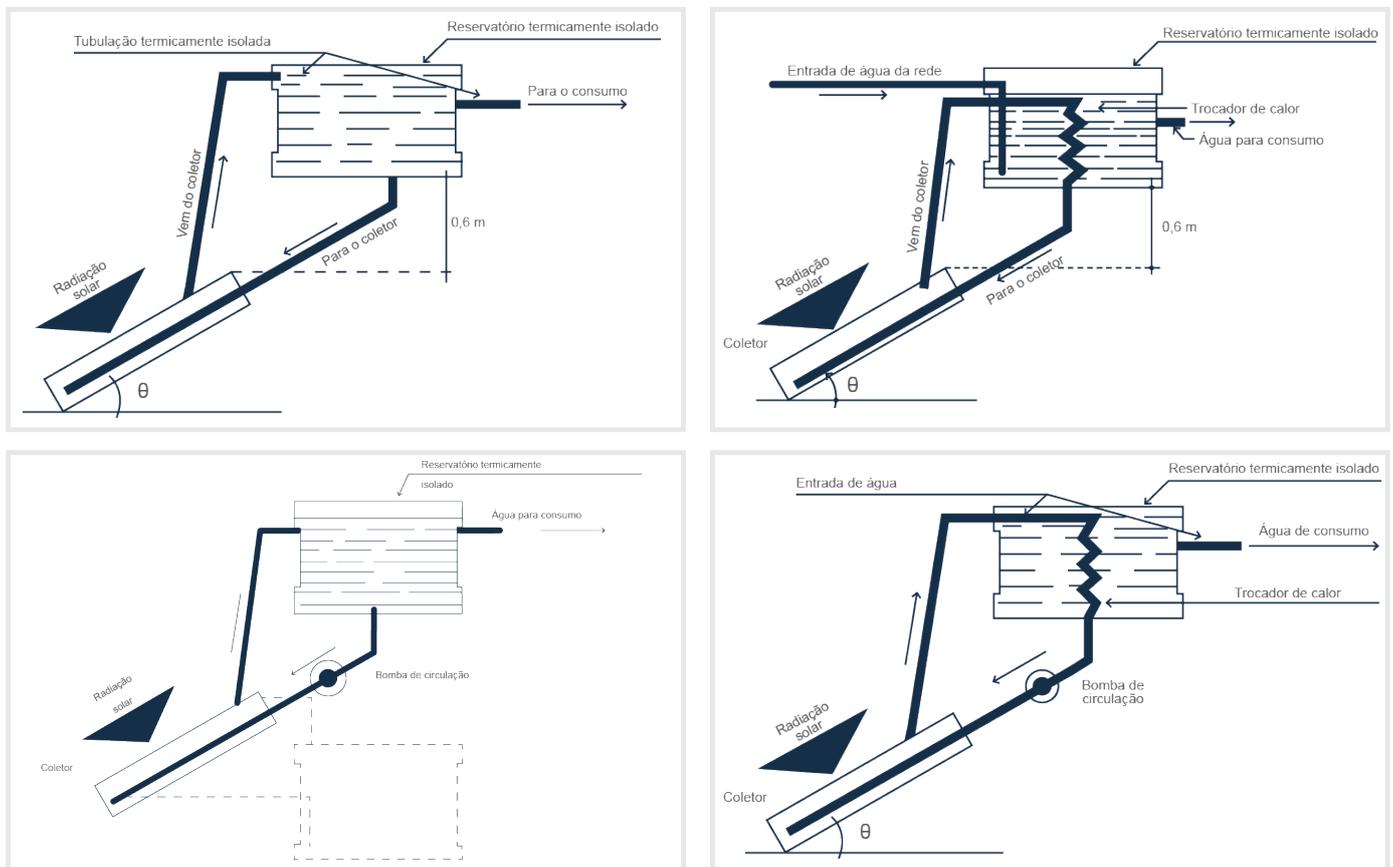
Hoje, além da utilização no aquecimento solar, pode-se utilizar a energia solar em sistemas fotovoltaicos, tornando a energia obtida do sol em energia elétrica.

O sistema convencional de aquecimento solar envolve o uso de coletores solares, ou seja, painéis ou captadores, que recebem a radiação solar e as convertem em calor, transferindo esse calor a um fluido circundante (água). A água aquecida vai para o boiler e abastece os pontos de utilização.

Segundo Creder (2018), os coletores, nos países do hemisfério Sul, devem ser voltados para o Norte e devem ser instalados, quando fixos, com inclinação com relação horizontal de um ângulo igual a soma da latitude do local com cinco ou dez graus. A instalação pode ser por circulação natural em circuito aberto ou fechado ou por circulação forçada em circuito aberto ou fechado, conforme o infográfico a seguir. Essa escolha dependerá dos custos, disponibilidade de espaço, frequência da utilização e da intensidade local de radiação solar.

Infográfico 2 – Tipos de instalações - Aquecimento solar.

01. Coletor com circulação natural em circuito aberto



Fonte: CREDER, 2018, p. 89 e 90. (Adaptado).

Para se dimensionar o coletor de radiação solar, pode-se utilizar a equação:

$$S = \frac{Q}{I \cdot \eta}$$

Onde S é a área do coletor (m²), Q é a quantidade de calor (kcal/dia), I é a intensidade de radiação solar (kWh/m² ou kcal.h/m²) e η é o rendimento do painel (adota-se 50%). Nesse dimensionamento, de acordo com Creder (2018), é prático se adotar que cada metro quadrado de coletor fornece de 50 a 65 L de água quente.

Síntese

Neste capítulo, aprendemos sobre os sistemas prediais que fazem parte do sistema edifício. O desempenho e qualidade dos sistemas instalados são responsáveis pelo conforto do usuário. Dentre esses sistemas, os sistemas de água fria e quente têm como função distribuir a água em quantidade suficiente, sob a pressão adequada, promovendo condições favoráveis ao conforto e à segurança dos usuários. Os requisitos mínimos de higiene, potabilidade e de dimensionamento desses sistemas são estabelecidos pelas normas técnicas da ABNT, NBR 5626 e NBR 7198. Para o aquecimento da água quente, podem ser utilizados vários tipos de aquecimento e de instalação. Destacando-se o sistema de aquecimento solar que tem se tornado uma excelente opção de energia limpa, não poluidora e de custo acessível.

Referências bibliográficas

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR **5626**: instalação de água fria. Rio de Janeiro, 1998.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7198**: projeto e execução de instalações prediais de água quente. Rio de Janeiro, 1993.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 9000-1**. Normas de gestão da qualidade e garantia da qualidade, Parte 1: Diretrizes para seleção e uso. Rio de Janeiro, 1994.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-1**: Edifícios habitacionais - Desempenho: Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15526**: Redes de distribuição interna para gases combustíveis em instalações residenciais — Projeto e execução. Rio de Janeiro, 2012.
- CREDER, H. **Instalações hidráulicas e sanitárias**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2006.
- ILHA, M. S. O.; GONÇALVES, M. G. **Sistemas prediais de água fria**. São Paulo: EPUSP, 1994. Disponível em: <http://www.pcc.usp.br/files/text/publications/TT_00008.pdf>. Acesso em: 20 mai. 2020.
- ILHA, M. S. O.; GONÇALVES, M. G.; KAVASSAKI, Y. **Sistemas prediais de água quente**. São Paulo: EPUSP, 1994. Disponível em: <http://www.pcc.usp.br/files/text/publications/TT_00009.pdf>. Acesso em: 20 mai. 2020.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **Performance standards in buildings: principles for their preparation and factors to be considered**. ISO 6241. London, 1984.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **Framework for Specifying Performance in Buildings**. ISO 19208. Geneva, Switzerland, 2016.
- LEITNER, D. S. **Avaliação de desempenho em edificação de interesse social em Light Wood Frame**: estudo de caso na região metropolitana de Curitiba com avaliação pré-ocupação do desempenho térmico, acústico, lumínico e qualidade do ar. 2019. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Construção Civil) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba. Disponível em: <<https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/62314>>. Acesso em 20 mai. 2020.
- SALVADOR, D. S. **Os sistemas prediais como um dos princípios estruturadores do projeto arquitetônico**: as determinantes no aspecto morfológico através das relações funcionais de um edifício. 2007. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo. Disponível em: <<http://tede.mackenzie.br/jspui/handle/tede/2609>>. Acesso em: 20 mai. 2020.