



POLITÉCNICA
ENGENHARIA DE CONSTRUÇÃO CIVIL
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

PCC3461 - SISTEMAS PREDIAIS I

Sistemas Prediais de Água Quente

Professores:

Lúcia Helena de Oliveira

Moacyr Eduardo Alves da Graça

Orestes Marraccini Gonçalves

Sistemas Prediais de Água Quente

Assuntos:

- Tipos de sistemas
- Elementos do sistemas
- Sistema de aquecimento solar
- Dimensionamento do sistema

Requisitos de desempenho do sistema predial de água quente

- Qualidade da água
- Quantidade de água (controle)
- Disponibilidade de água
- Adequabilidade do uso de água
- Temperatura da água

O sistema predial de suprimento de água quente (instalação predial de água quente) deve prover, quando necessária ao uso, água de boa **qualidade**, em **quantidade** e **temperatura** controláveis pelo usuário, para a sua adequada utilização.

Sistemas Prediais de Água Quente

Tipos de sistemas

- **Sistema individual**

- Chuveiro elétrico, torneira elétrica...



- **Sistema central privado**

- Aquecedores de passagem
- Aquecedores de acumulação



- **Sistema central coletivo**

- Geradoras e sistemas conjugados

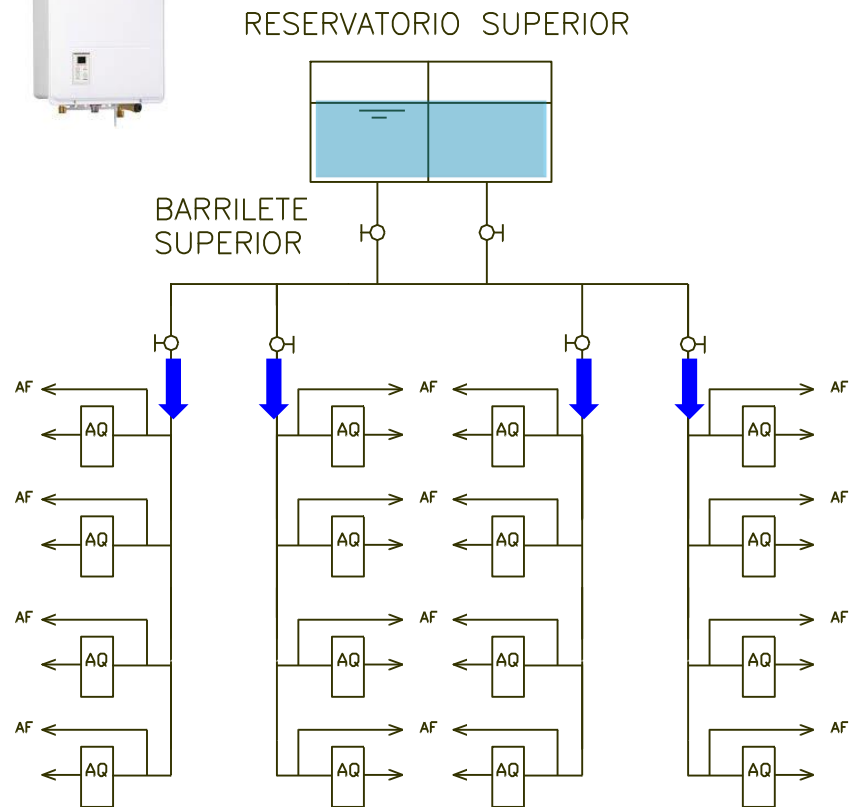


Tipos de Sistemas Prediais de Água Quente

Sistema central privado



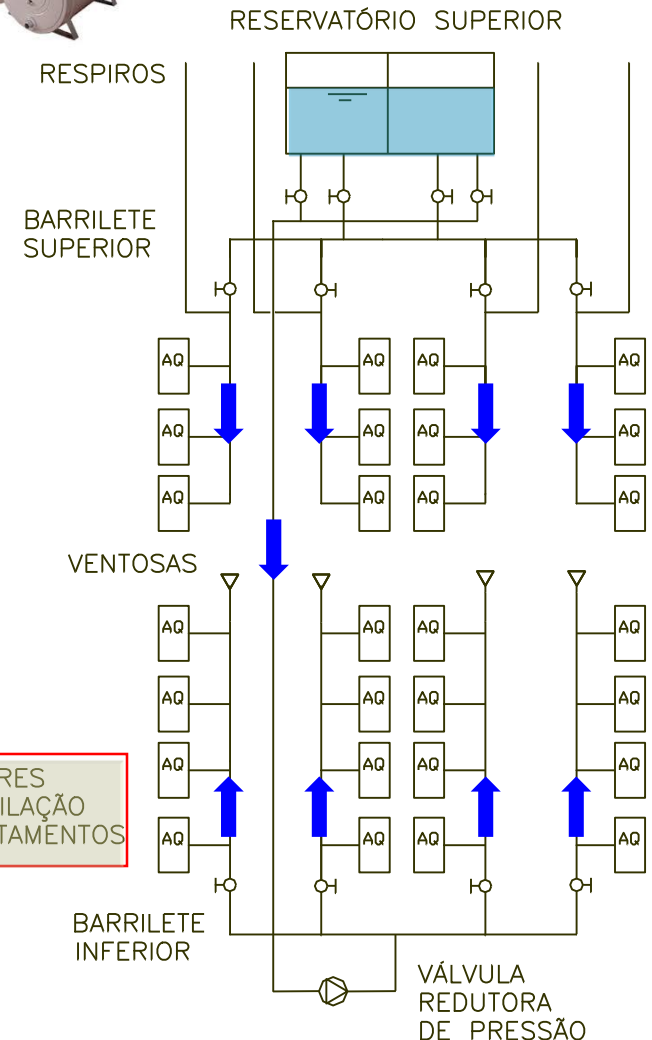
Aquecedor de passagem



AQUECEDORES DE PASSAGEM



Aquecedor de acumulação

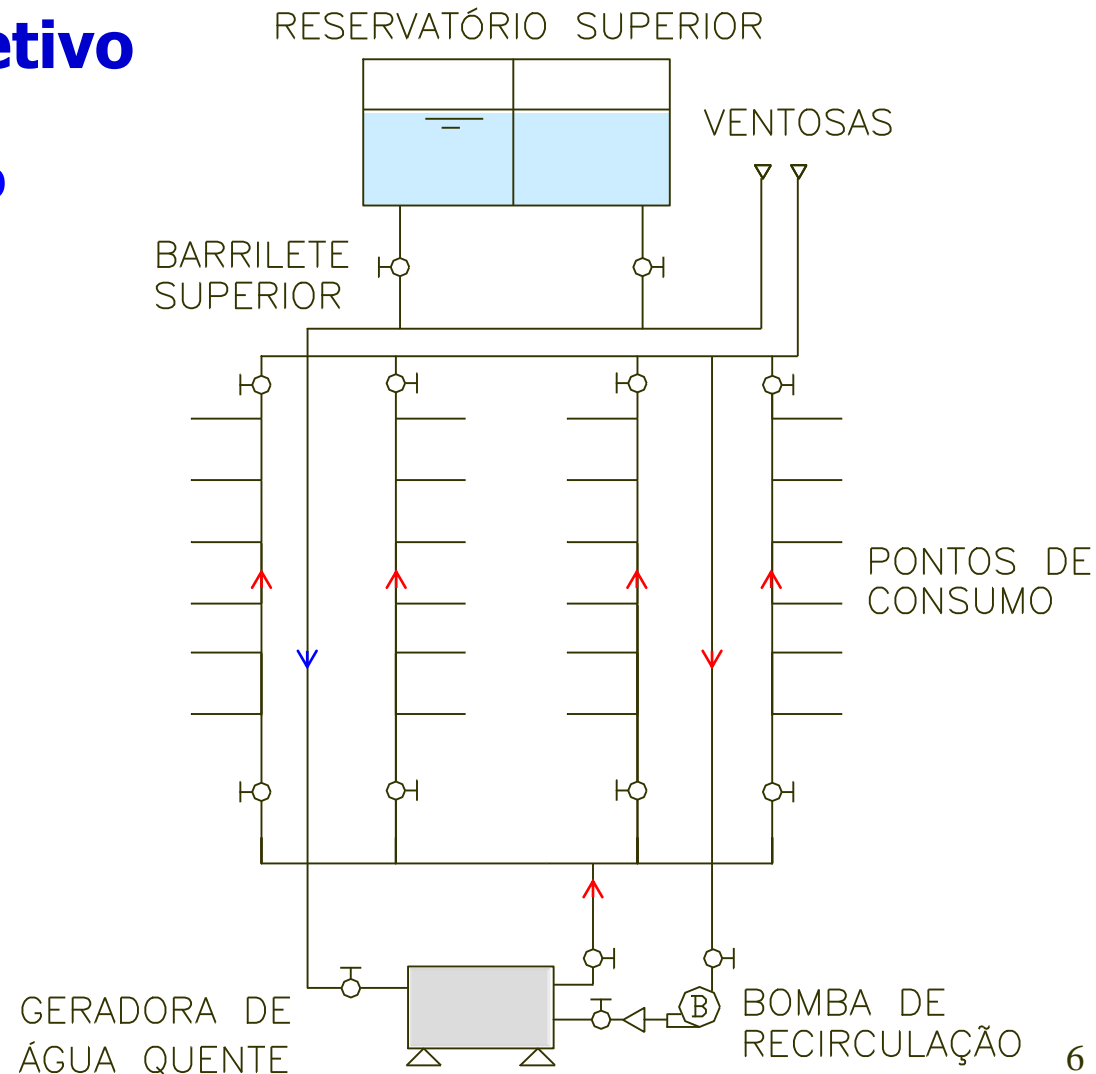


AQUECEDORES DE ACUMULAÇÃO NOS APARTAMENTOS

Tipos de Sistemas Prediais de Água Quente

Sistema central coletivo

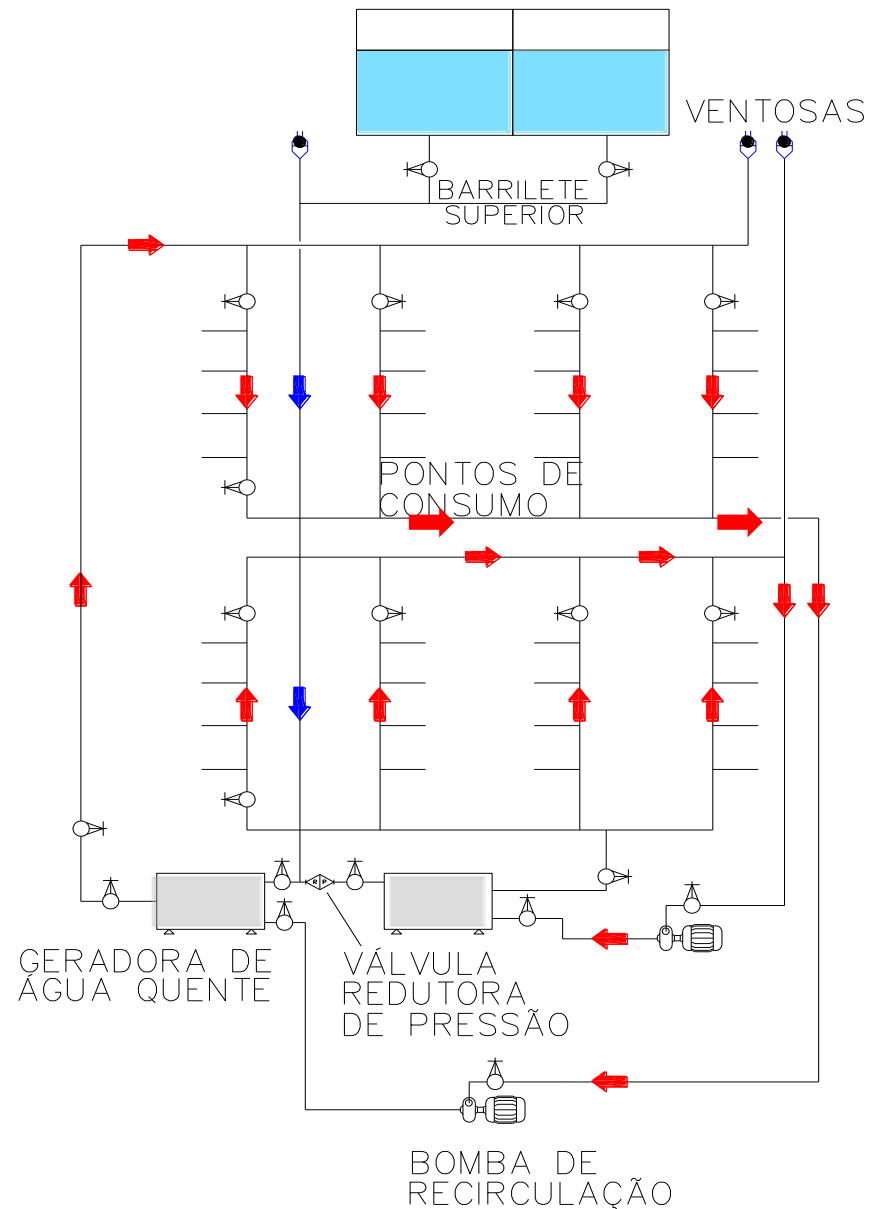
Com **uma** zona de pressão e **uma** geradora de água quente



Tipos de Sistemas Prediais de Água Quente

Sistema central coletivo

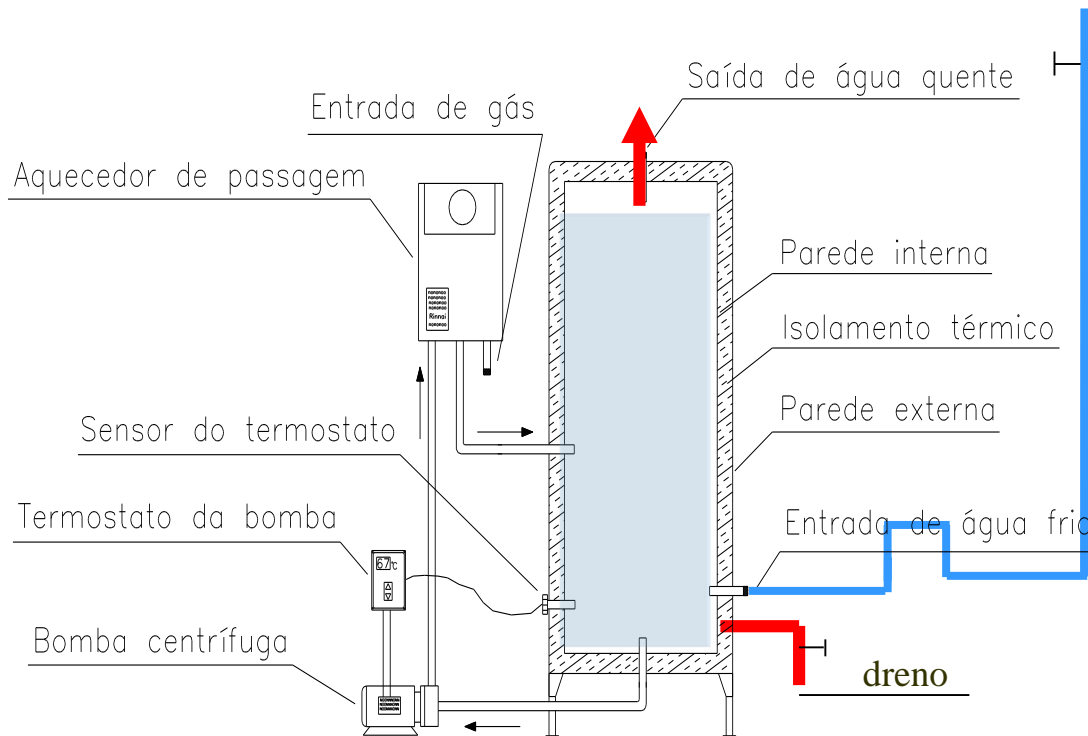
Com **duas** zonas de pressão
e
duas geradoras de água quente



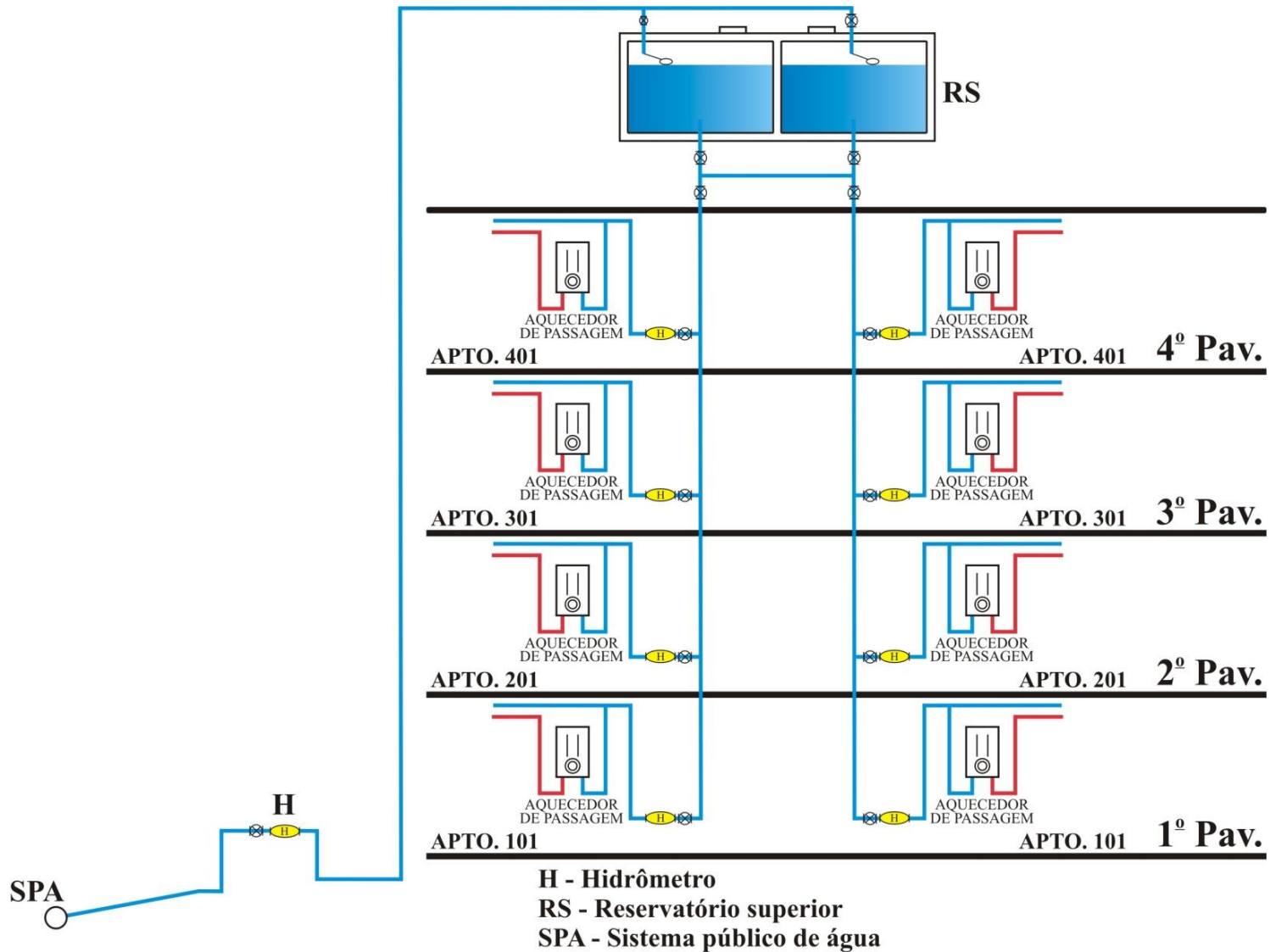
Combinação do sistema de passagem a gás com reservatórios de acumulação

Sistema conjugado

- Fonte geradora separada do reservatório



Sistemas Prediais de Água Quente com medição individualizada



Sistemas Prediais de Água Quente

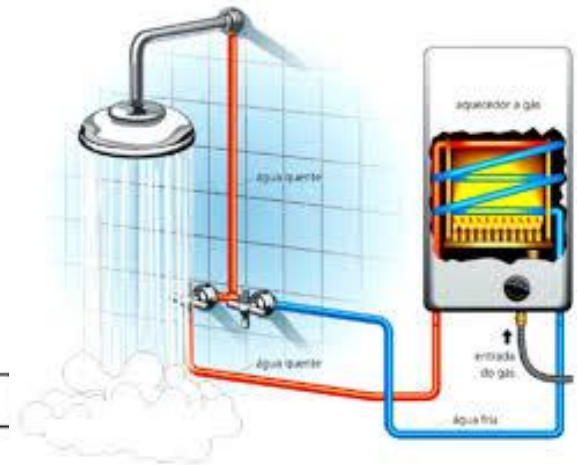
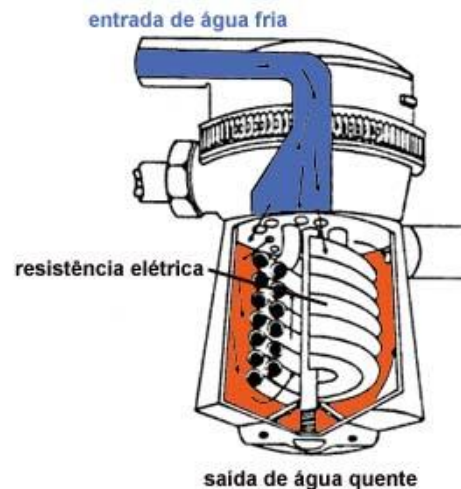
Elementos do Sistema Predial de Água Quente

- Coluna de alimentação
- Geradoras e reservação de água quente
- Barriletes
- Coluna de distribuição
- Ramais
- Sistema de recirculação

Sistemas Prediais de Água Quente

Geração e Reservação

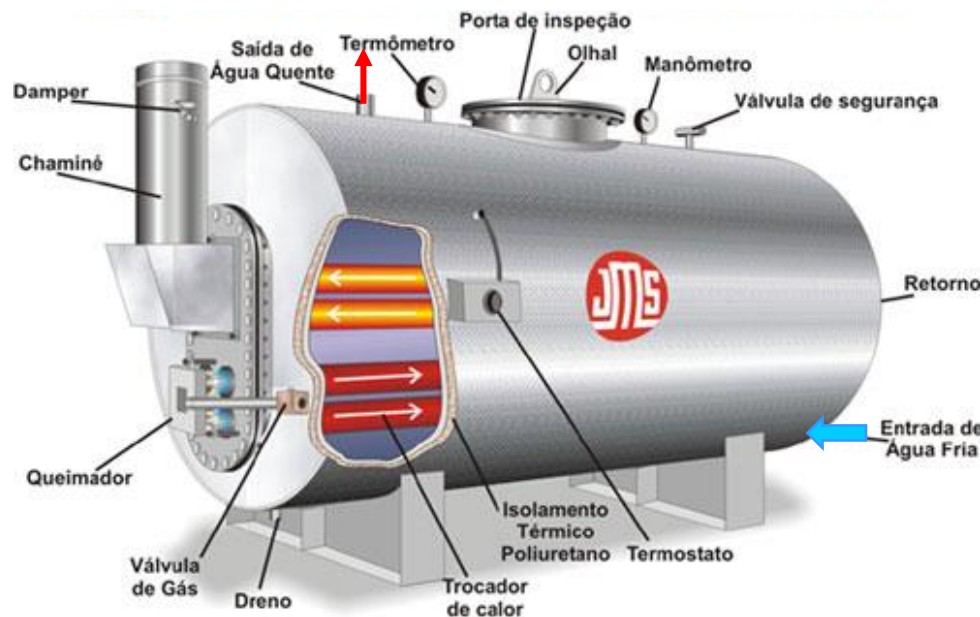
- **Fontes energéticas:** gás combustível, eletricidade e energia solar.
- **Aquecedores elétricos de passagem:** a resistência elétrica é acionada automaticamente pelo próprio fluxo de água.



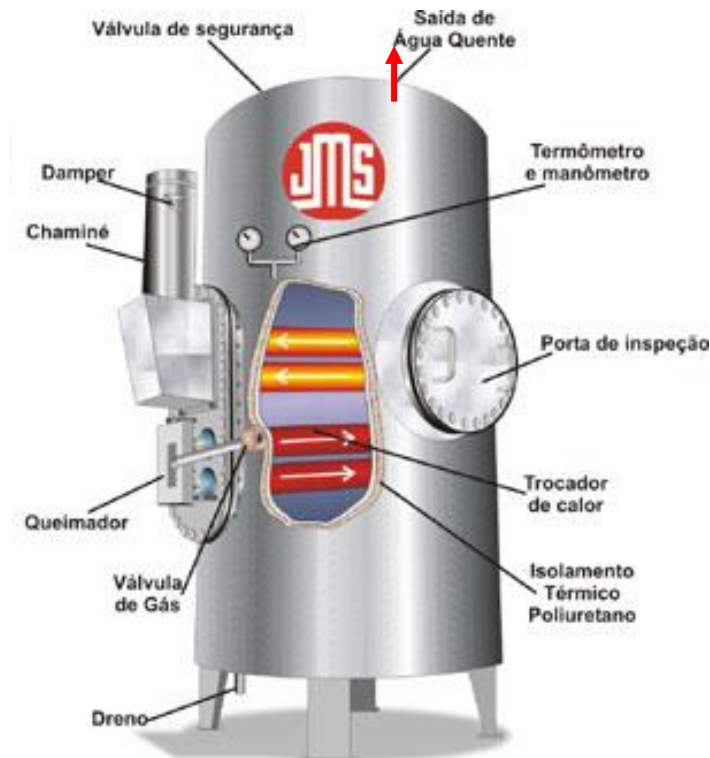
Elementos e Componentes do Sistema

Geração e Reservação

Geradora de água quente a gás **horizontal**



Geradora de água quente a gás **vertical**

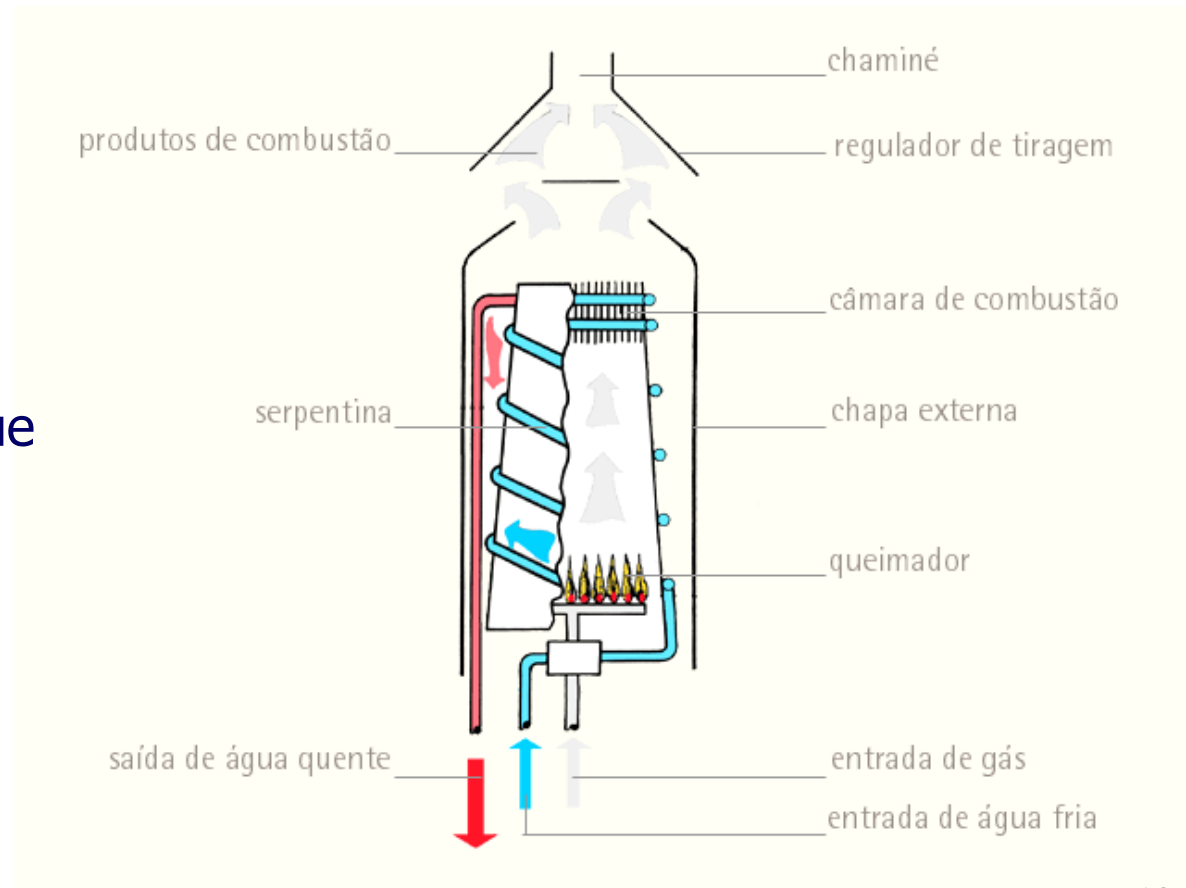


Elementos e Componentes do Sistema

Geração e Reservação

Aquecedores instantâneos ou de passagem a gás:

a água vai sendo aquecida à medida que passa pela fonte de aquecimento, sem requerer reservação.



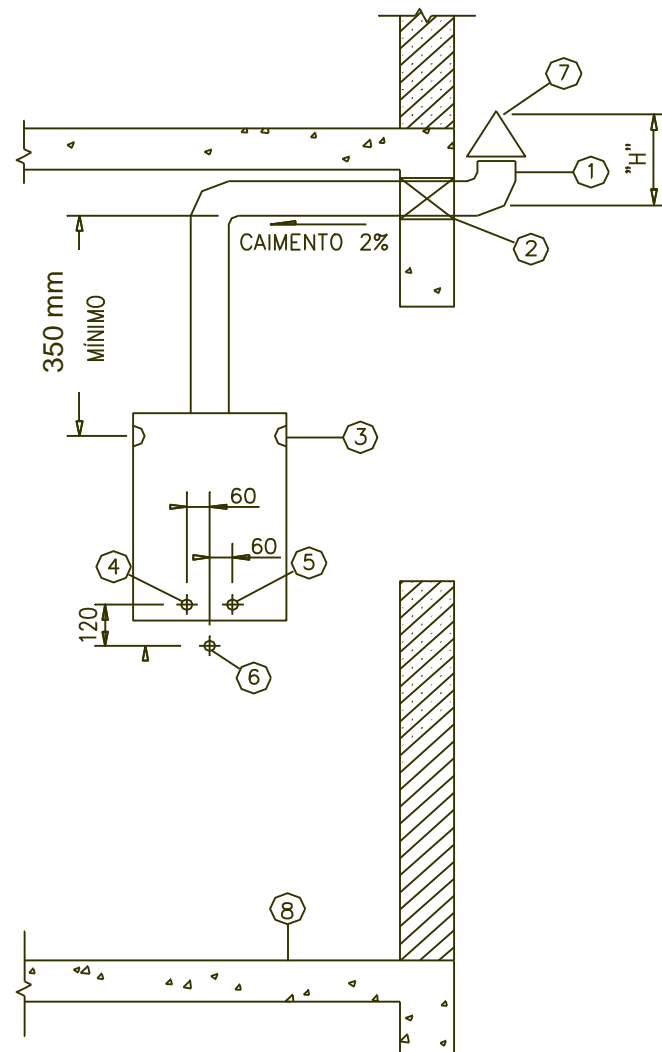
Elementos e Componentes do Sistema

Geração e Reservação

Aquecedor de passagem a gás



<http://blogoriginali.wordpress.com/category/duvidas-de-balcao/>

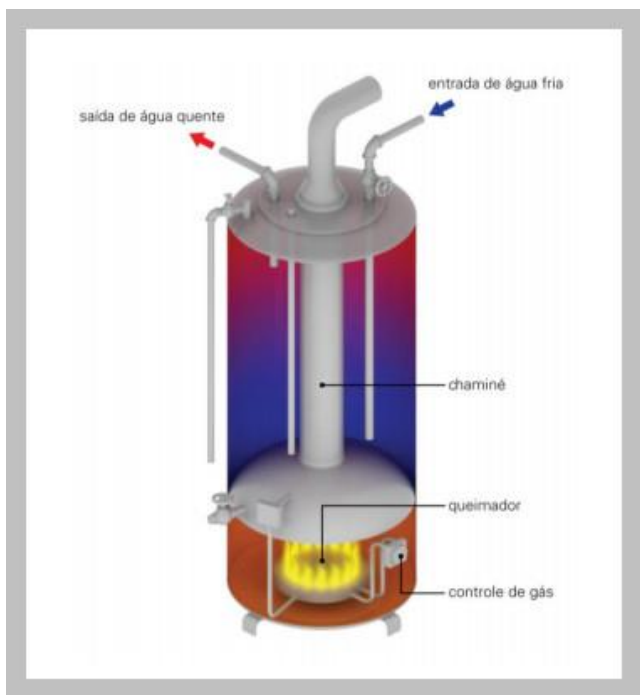


INSTALAÇÃO DE AQUECEDOR DE PASSAGEM

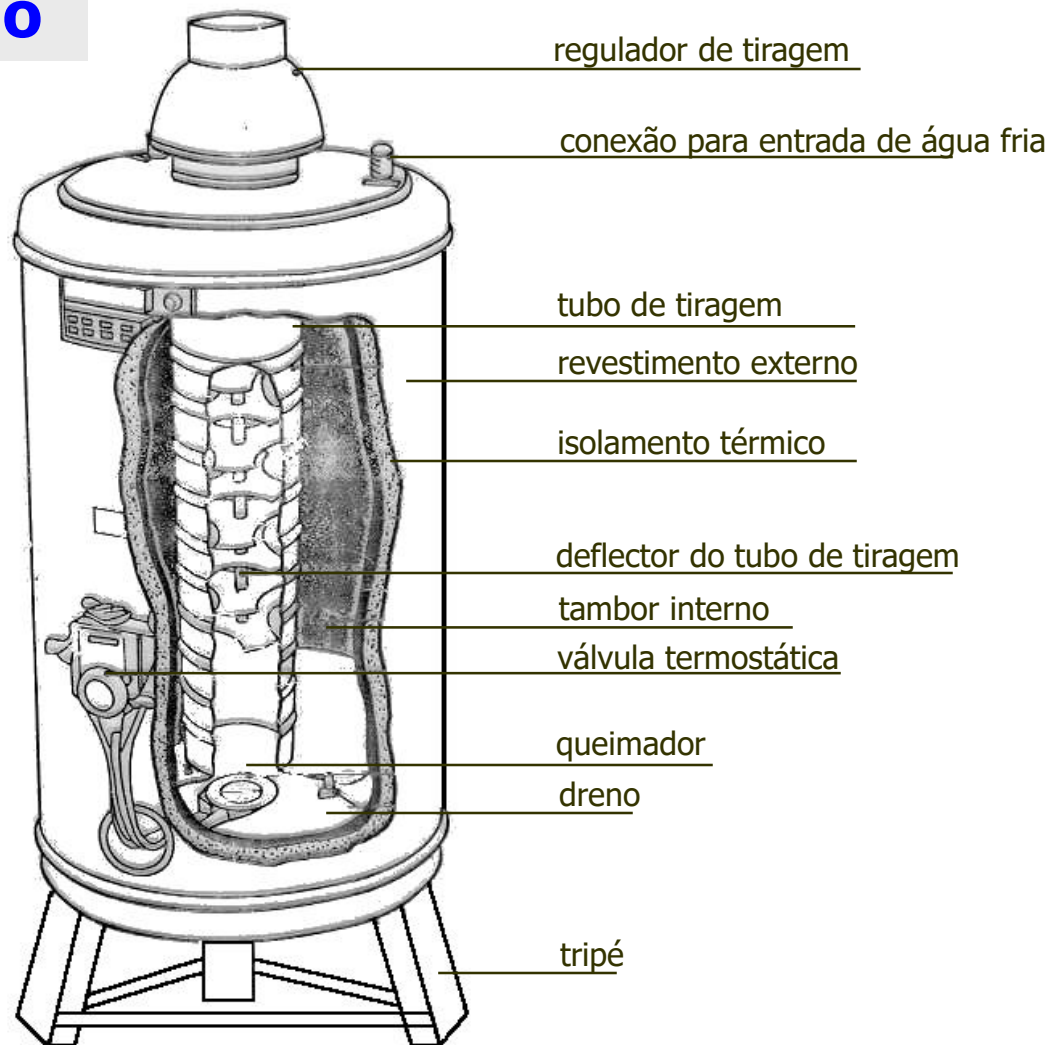
Elementos e Componentes do Sistema

Geração e Reservação

Aquecedor de acumulação a gás



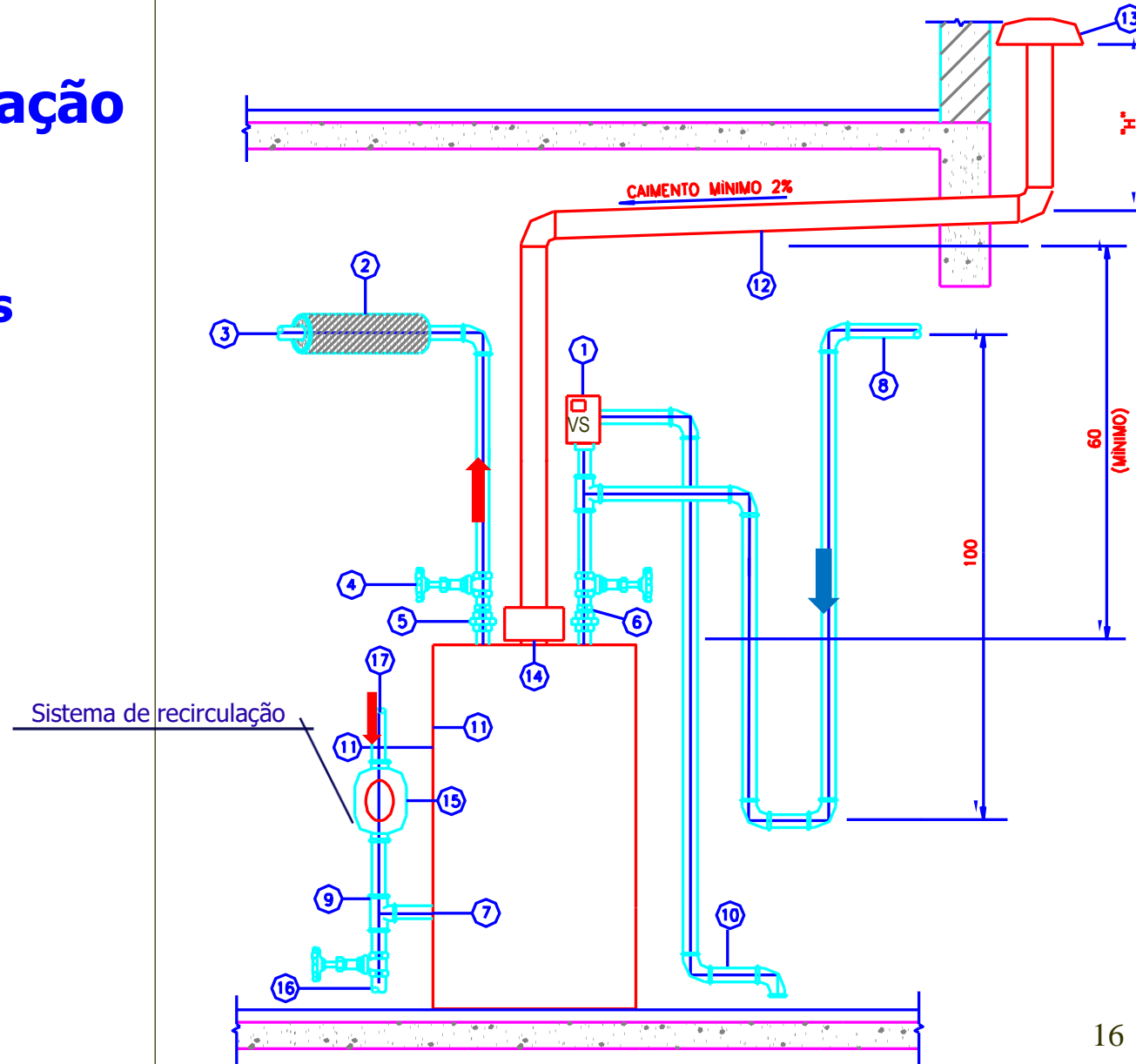
Fonte: COMGÁS/ABRINSTAL, 2013



Elementos / Componentes do Sistema

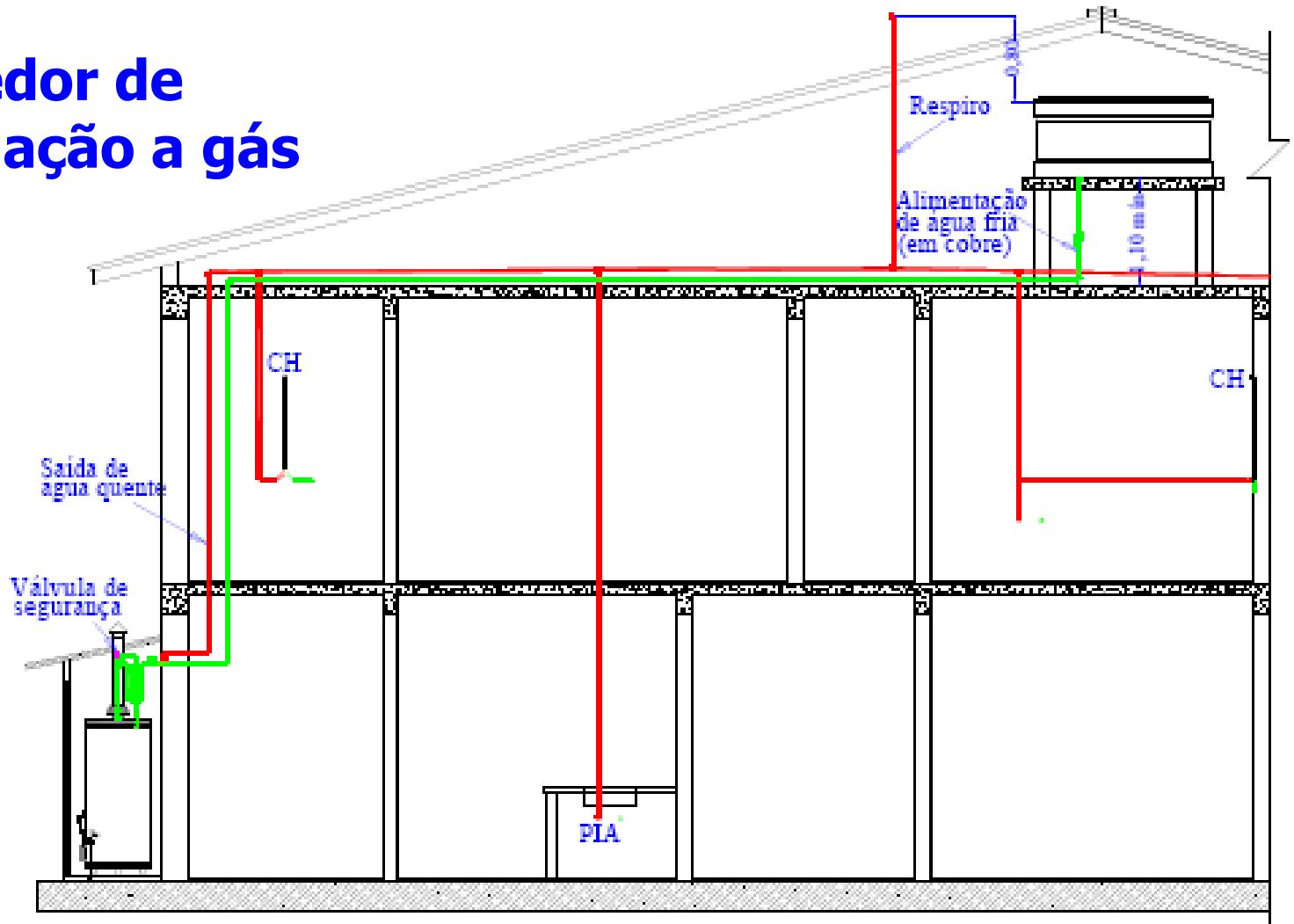
Geração e Reservação

Aquecedor de acumulação a gás



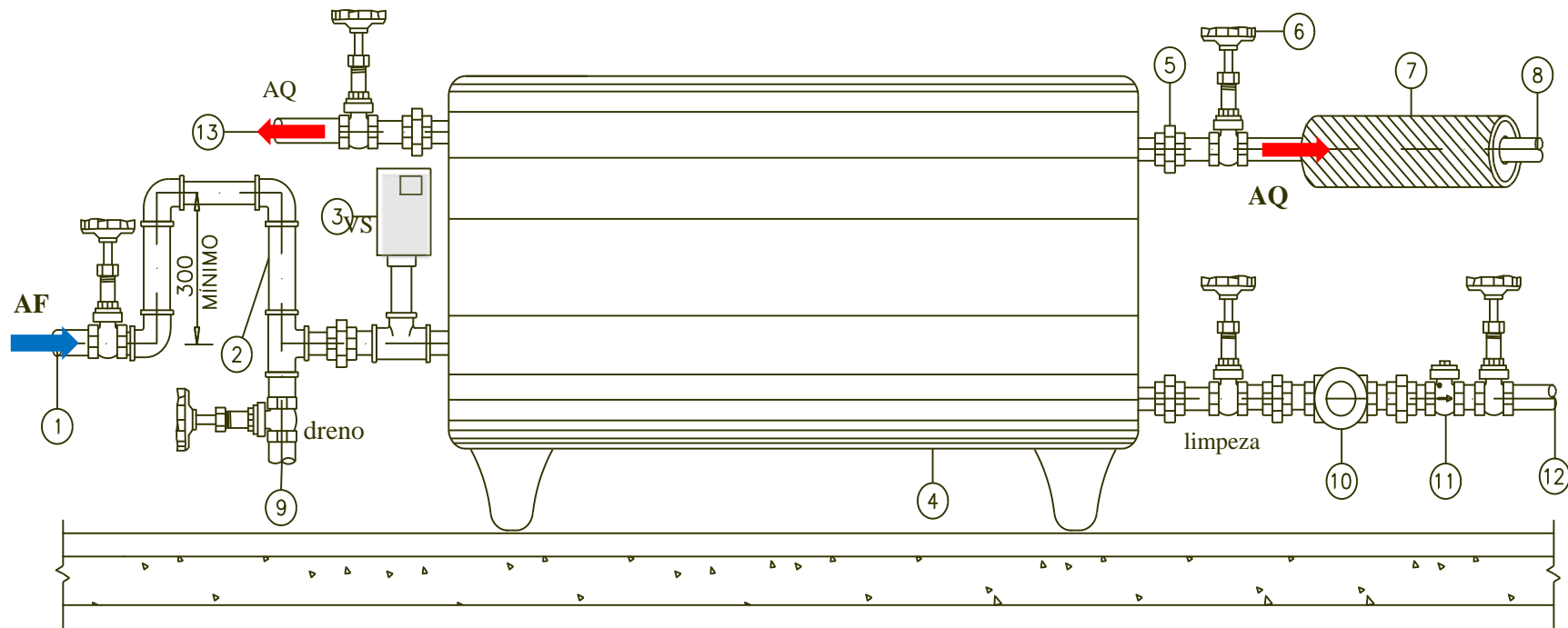
Elementos e Componentes do Sistema

Aquecedor de acumulação a gás



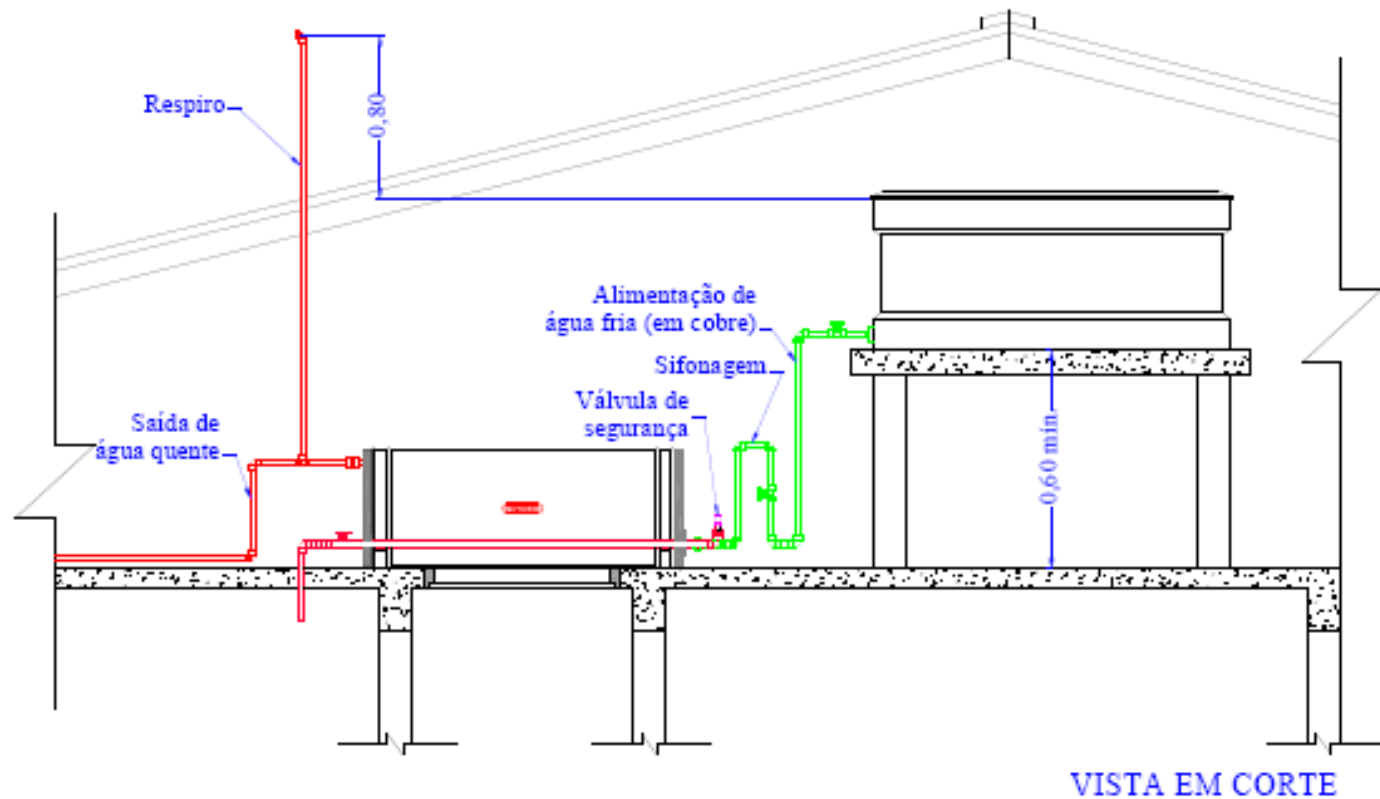
Elementos e Componentes do Sistema

Geração e Reservação



Aquecedor de acumulação elétrico

Elementos e Componentes do Sistema



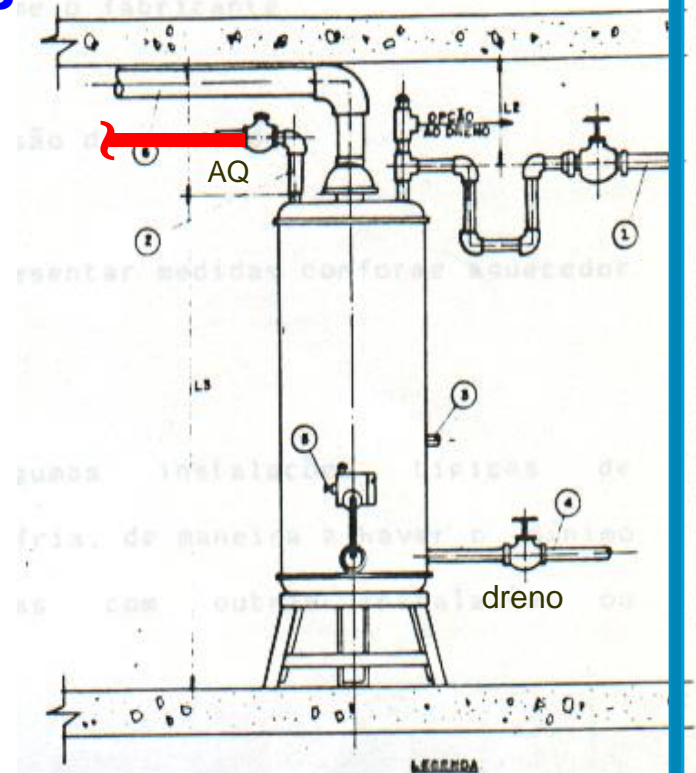
Aquecedor de acumulação elétrico horizontal

Elementos / Componentes do Sistema

Geração e Reservação

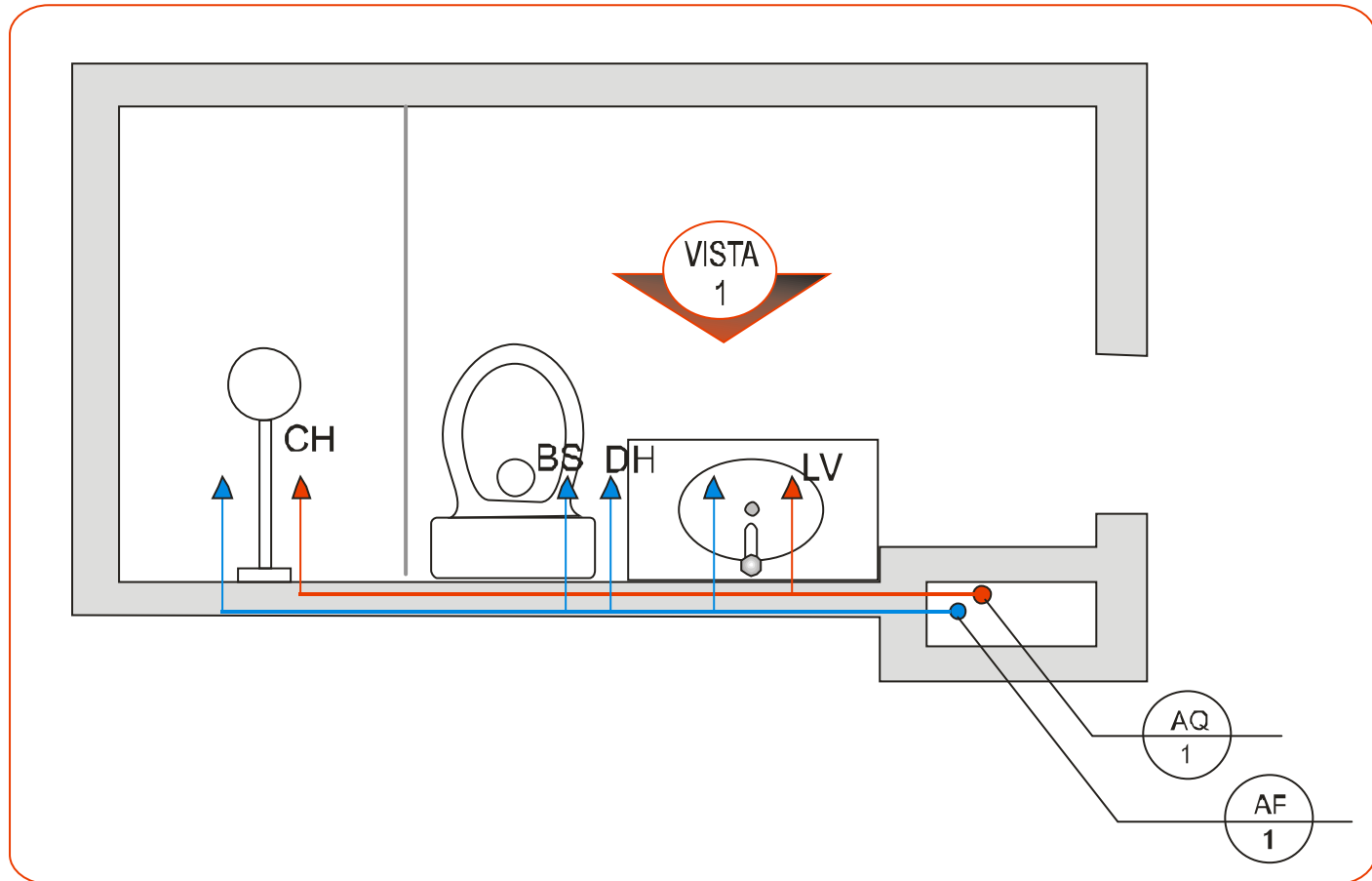
Aquecedores de acumulação – NBR 7198/1993

- A entrada de água fria deve ser feita em uma cota superior ao aquecedor o que, associado a uma ventilação permanente (**respiro**) evita o esvaziamento do mesmo em caso de falta d'água no reservatório ou no caso de manutenção dos aquecedores.
- Deve ser previsto um componente que evite o retorno da água do aquecedor em direção à coluna, reduzindo perdas de energia como, por exemplo, **o sifão térmico**, que reduz as perdas, não as eliminando por completo.



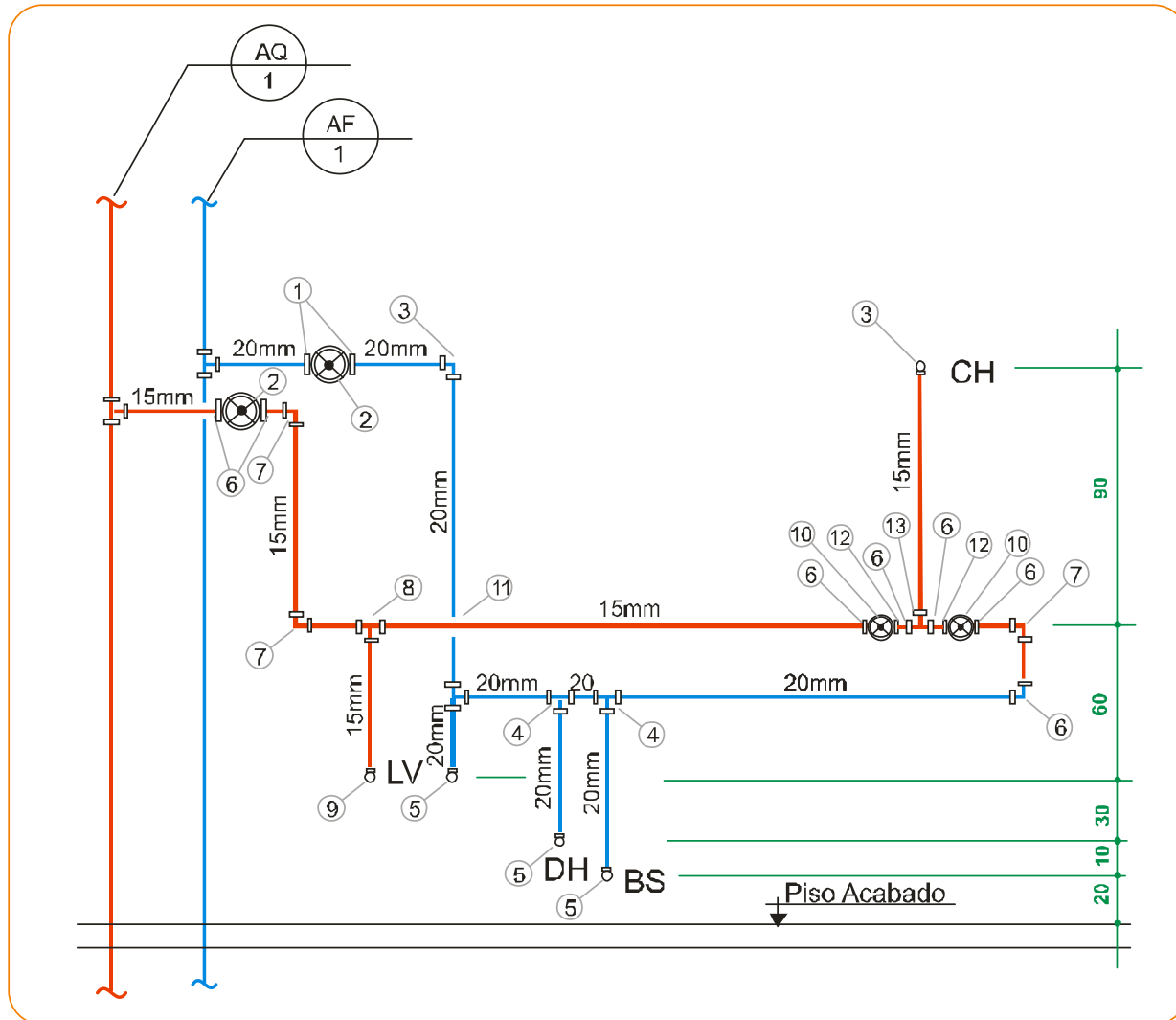
Elementos do Sistema

Coluna, Ramal e Sub-ramal



Elementos do Sistema

Coluna, Ramal e Sub-ramal



Elementos do Sistema

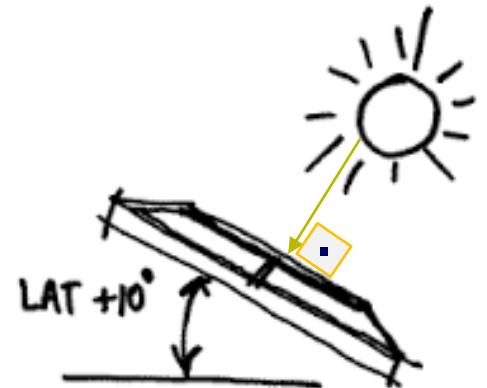
- ① Adaptador PVC soldável c/ bolsa e rosca 20mm x 1/2"
- ② Registro de Gaveta c/ canopla 1/2"
- ③ Joelho PVC soldável 90° x 20mm
- ④ Tê PVC soldável 90° x 20mm
- ⑤ Joelho PVC soldável com bucha de latão 90° x 20mm x 1/2"
- ⑥ Conector 604 15mm x 1/2"
- ⑦ Cotovelo de cobre 607 15mm
- ⑧ Tê de cobre 611 15mm
- ⑨ Joelho PVC soldável com bucha de latão 90° x 20mm x 1/2"
- ⑩ Registro de pressão 1/2"
- ⑪ Curva de transposição 736 15mm
- ⑫ Conector 603 15mm x 1/2"
- ⑬ Tê de cobre 764 1/2" x 15mm x 1/2"

⑫ + ⑬ + ⑥ = pode ser substituído por conector 603 + Tê 611 sem pedaço de tubo

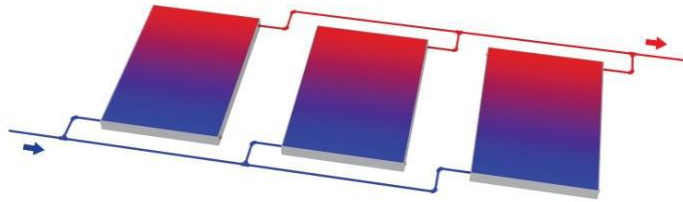
Sistema de Aquecimento Solar

É um sistema convencional assistido por coletores solares, ou seja, é um sistema de pré-aquecimento da água.

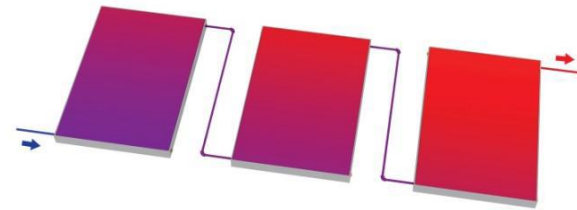
Os coletores solares devem ser instalados fazendo um ângulo do qual resulte a **máxima incidência normal** sobre o plano dos tubos coletores voltados para o norte e fazendo um ângulo de (*latitude + 10°*) com o plano horizontal.



Sistema de Aquecimento Solar

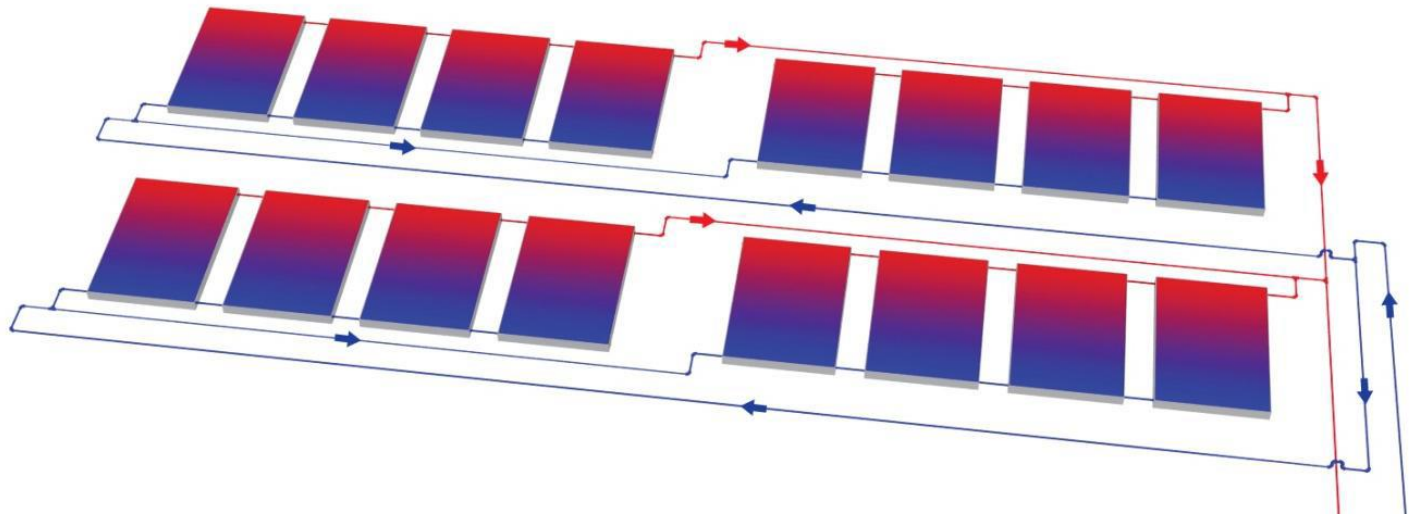


Conexão paralelo



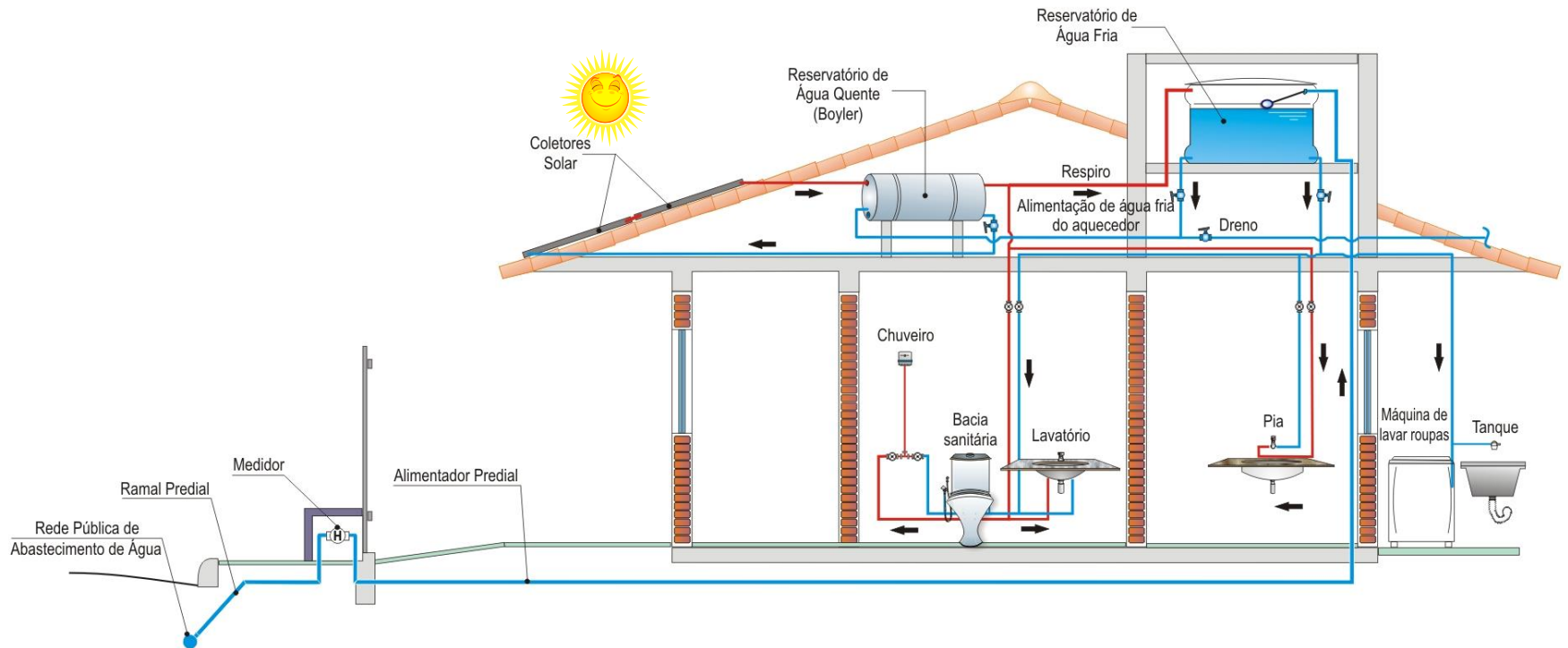
Conexão série

Ideal:
Fileiras de
coletores
em paralelo.



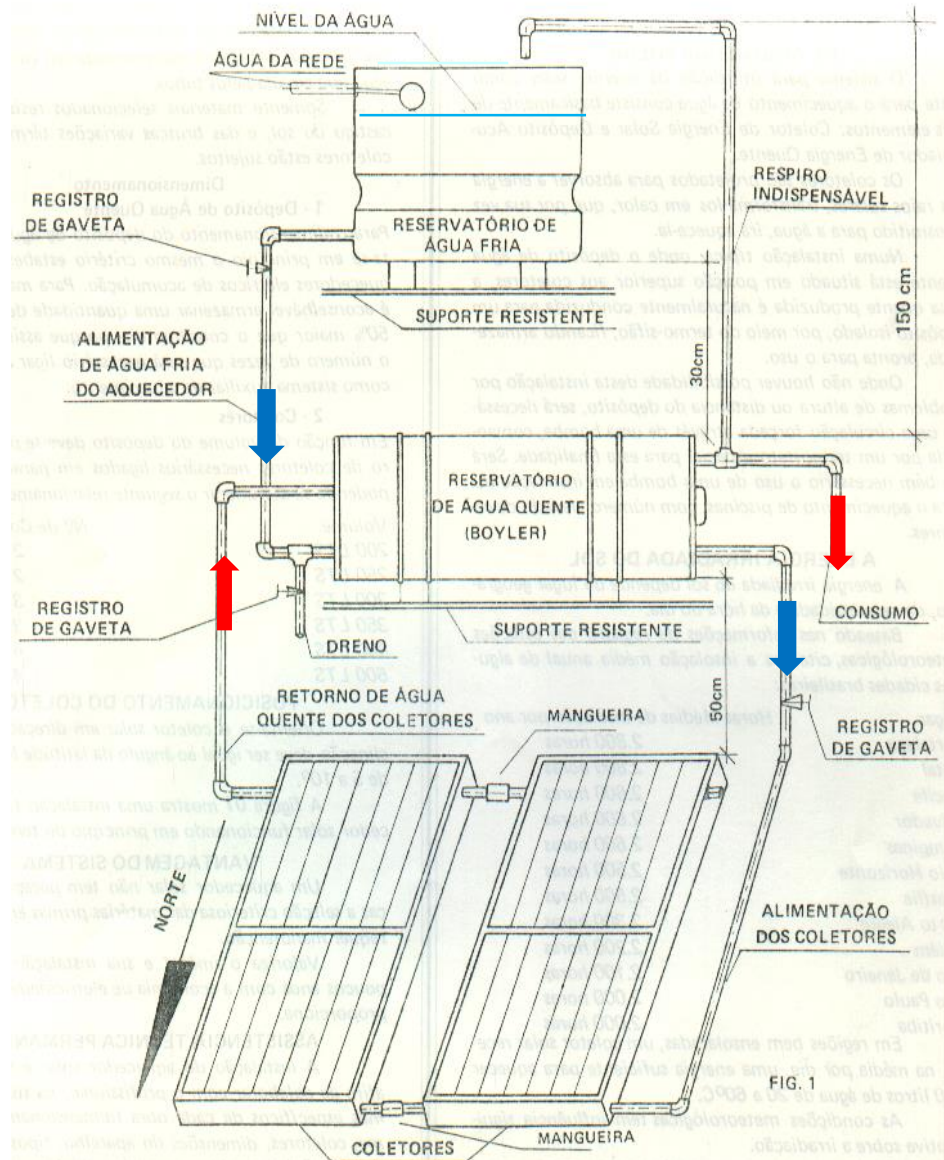
Fonte: Manual Técnico COMGÁS/ABRISNTAL, 2011

Sistema de Aquecimento Solar



Sistema de Aquecimento Solar

Elementos e Componentes do Sistema

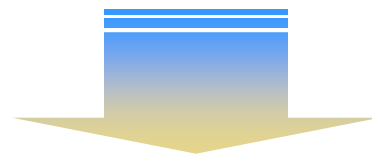


Sistema de Recirculação

Conjunto de tubulações que interligam os pontos mais distantes da rede ao equipamento de aquecimento.

A recirculação pode ser **natural** ou **forçada**:

- **Natural** - utiliza-se a carga hidrostática gerada pela diferença de temperaturas, consequentemente de densidade, das redes de distribuição e de retorno.



água aquecida escoa por
convecção

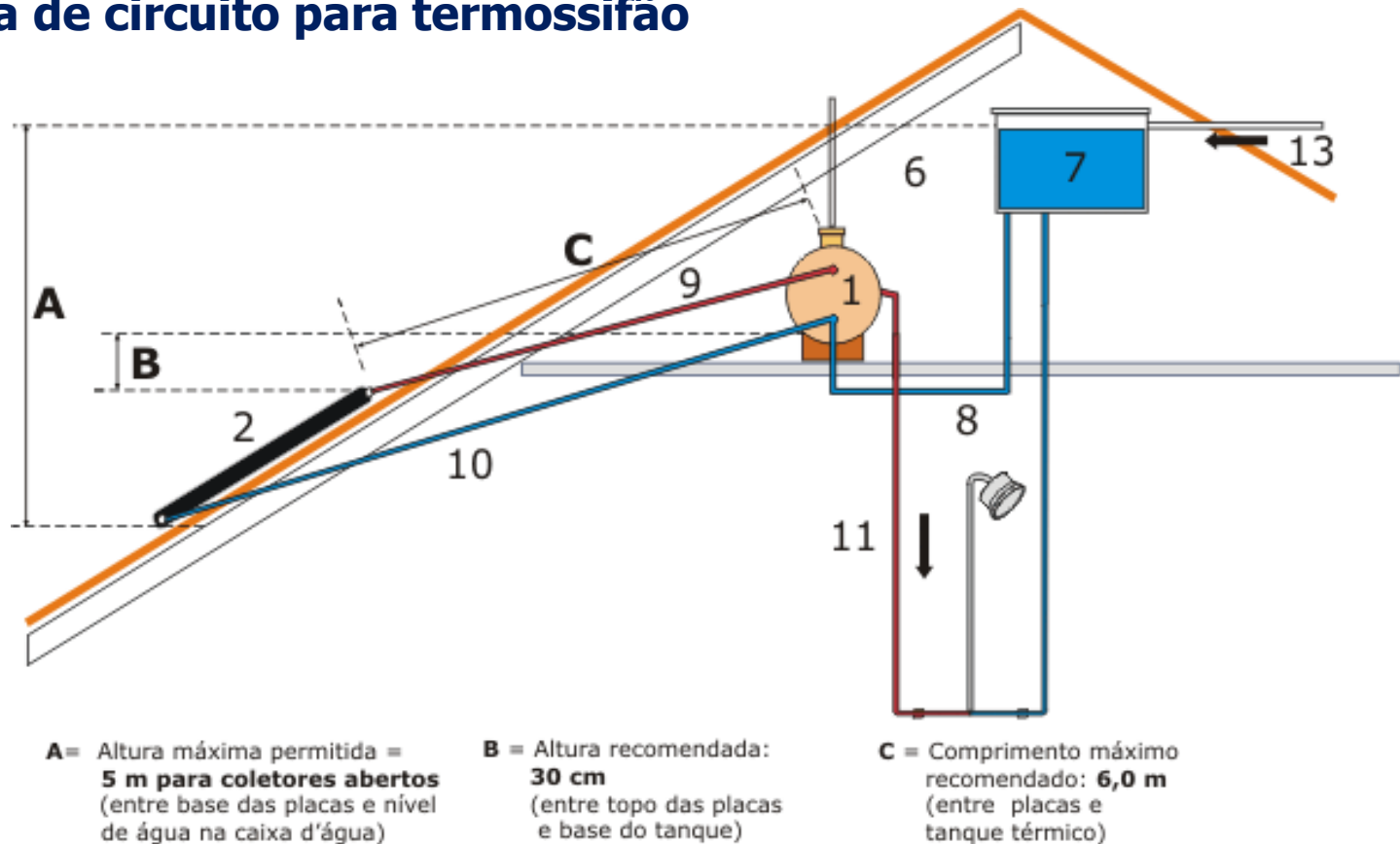
TERMOSSIFÃO

- **Forçada** - a carga hidrostática necessária é obtida por meio da interposição de uma bomba, adequada à temperatura de serviço do sistema.

Sistema de Aquecimento Solar

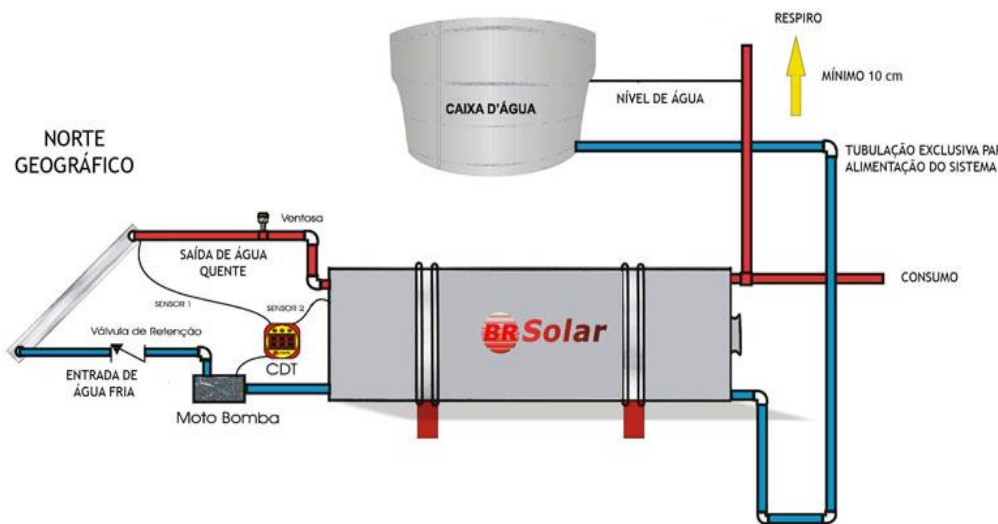
Recirculação Natural

Esquema de circuito para termossifão

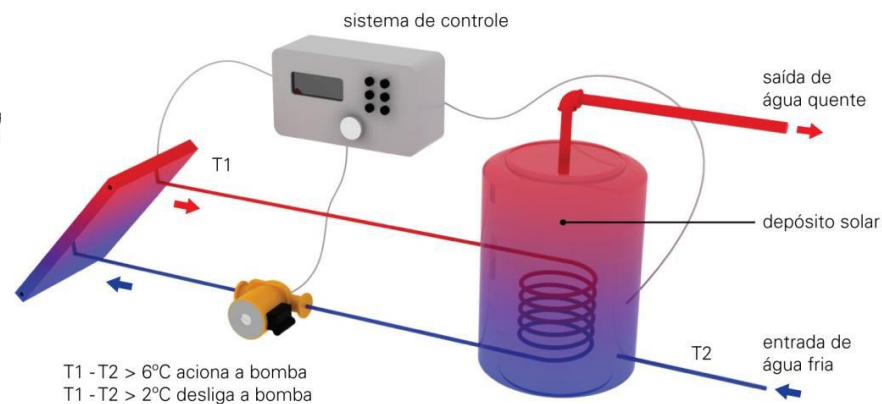


Sistema de Aquecimento Solar

Recirculação Forçada



Fonte: <http://www.brsolar.com.br/site/index.asp>



Fonte: Manual Técnico COMGÁS/ABRISNTAL, 2011

Lei de aquecimento solar – 03/07/07

Lei nº 14.459

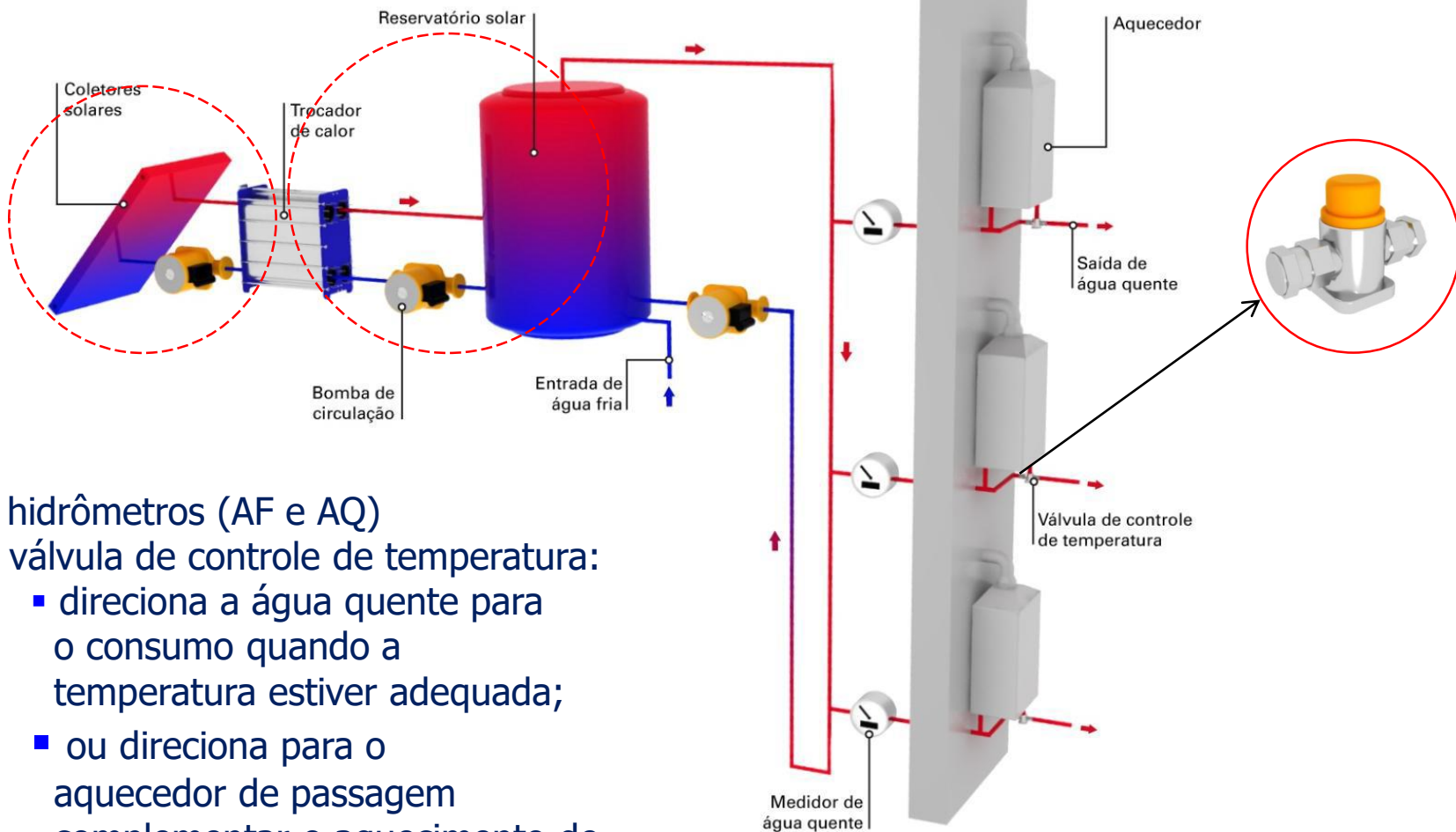
- As instalações hidráulicas e os equipamentos de aquecimento de água por energia solar deverão ser dimensionados para atender, no mínimo, a **40% de toda a demanda anual de energia necessária para o aquecimento de água sanitária e água de piscinas**, de acordo com a Metodologia de Avaliação da Contribuição Solar constante do Anexo Único do Decreto nº 49.148 (2008), atendendo às Normas Técnicas Oficiais.

Lei de aquecimento solar – 03/07/07

A **Lei nº 14.459** dispõe sobre a instalação de sistema de aquecimento de água por **energia solar** em edificações residenciais e não residenciais do Município de São Paulo.

- Nas novas edificações destinadas ao uso residencial, que tenham **um número de banheiros igual ou superior a 4 (quatro)** por unidade habitacional deverá ser instalado o **sistema de aquecimento solar completo**.
- Nas novas edificações destinadas ao uso residencial que possuam **até 3 banheiros** por unidade habitacional, deverá ser **executada toda a infraestrutura** (prumadas, respectiva rede de distribuição e suporte estrutural adequado) que permita a instalação do reservatório térmico e das placas coletoras de energia solar.

Sistema de aquecimento solar com medição individualizada

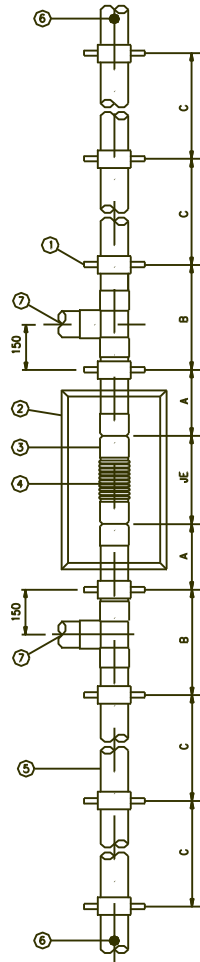


- 2 hidrômetros (AF e AQ)
- A válvula de controle de temperatura:
 - direciona a água quente para o consumo quando a temperatura estiver adequada;
 - ou direciona para o aquecedor de passagem complementar o aquecimento de água para as condições de uso.

Fonte: Manual Técnico COMGÁS/ABRISNTAL, 2011

Sistema Predial de Água Quente

Quando os **movimentos térmicos** não são totalmente absorvidos pelo traçado das tubulações, utilizar **lira ou junta de expansão** para compensá-los.



DISTÂNCIAS MÁXIMAS ENTRE EIXOS (cm)				
Ø	A	B	C	JE
15	6	21	75	15
22	9	31	110	15
28	11	39	140	15
35	14	49	175	15
42	17	59	210	15
54	22	76	270	20
66	26,5	93	330	20
79	31,5	110	395	20
104	41,5	146	520	20

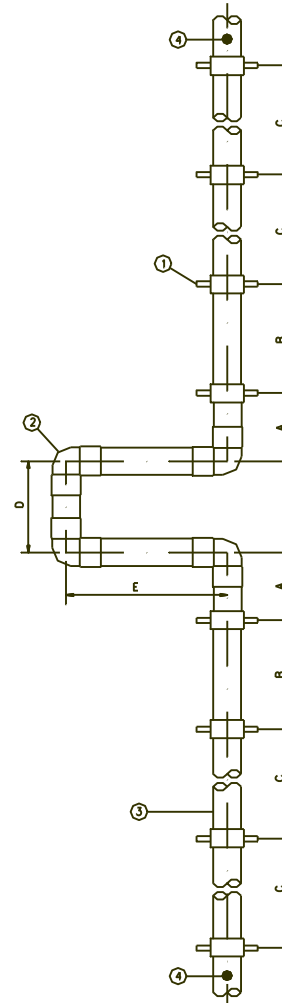
OBS.: a) A DISTÂNCIA DA PRIMEIRA GUIA (A) A "J.E." NÃO DEVERÁ SER MAIOR QUE QUATRO VEZES O DIÂMETRO DO TUBO; DA PRIMEIRA ATÉ A SEGUNDA GUIA (B) QUATORZE VEZES; AS SEQUINTES (C) CINQUENTA VEZES;

b) A DERIVAÇÃO EM "JE" DA COLUNA PARA O AMBIENTE, DEVERÁ ESTAR NO MÍNIMO A 150mm DA GUIA

c) QUANDO DA MUDANÇA DE DIÂMETRO NA PRUMADA, AS DISTÂNCIAS ENTRE GUIAS DEVERÃO SER REFERENCIADAS A TUBULAÇÃO DE MENOR DIÂMETRO.

Nº	DESCRIÇÃO
1	GUIA DE BRONZE #CONFORME PROJETO
2	ABERTURA MÍNIMA PARA INSPEÇÃO 25 x 40 cm
3	LUVA DE COBRE CLASSE E #CONFORME PROJETO
4	JUNTA DE EXPANSÃO
5	TUBO DE COBRE CLASSE E #CONFORME PROJETO
6	PONTO FIXO (PF)
7	DERIVAÇÃO PARA O AMBIENTE

Junta de expansão tipo "fole"



DISTÂNCIAS MÍNIMAS ENTRE EIXOS (cm)		
Ø	D	E
15	30	60
22	38	74
28	43	86
35	48	96
42	51	102
54	58	116
66	66	132
79	71	142
104	81	162

MEDIDAS MÁXIMAS ENTRE EIXOS (cm)				
Ø	A	B	C	JE
15	6	21	75	15
22	9	31	110	15
28	11	40	140	15
35	14	49	175	15
42	17	59	210	15
54	22	76	270	20
66	26,5	92	330	20
79	31,5	110	395	20
104	41,5	145	520	20

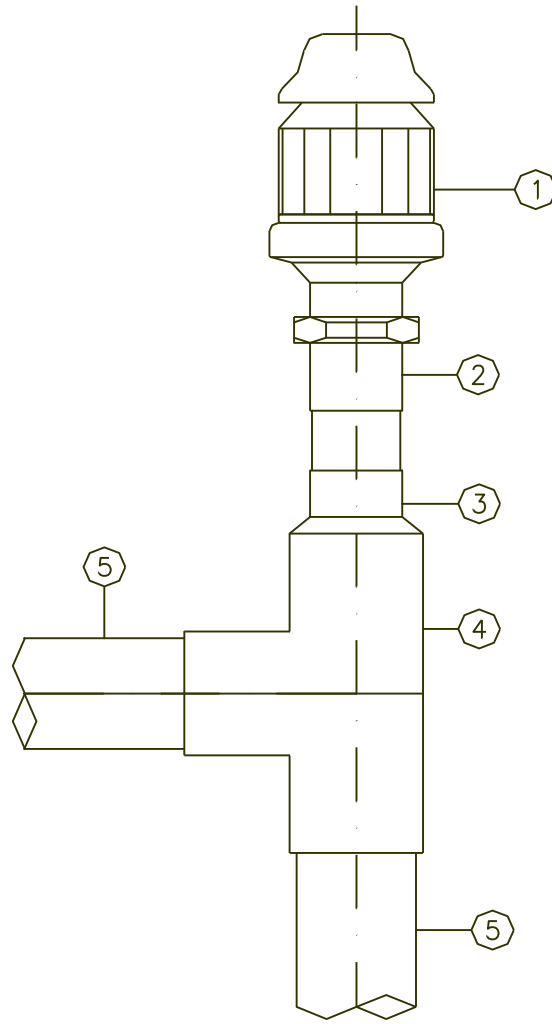
OBS.: a) A DISTÂNCIA DA PRIMEIRA GUIA (A) A "J.E." NÃO DEVERÁ SER MAIOR QUE QUATRO VEZES O DIÂMETRO DO TUBO; DA PRIMEIRA ATÉ A SEGUNDA GUIA (B) QUATORZE VEZES; AS SEQUINTES (C) CINQUENTA VEZES;

b) QUANDO DA MUDANÇA DE DIÂMETRO NA PRUMADA, AS DISTÂNCIAS ENTRE GUIAS DEVERÃO SER REFERENCIADAS A TUBULAÇÃO DE MENOR DIÂMETRO.

Nº	DESCRIÇÃO
1	GUIA DE BRONZE #CONFORME PROJETO
2	COTOVELO DE COBRE CLASSE E #CONFORME PROJETO
3	TUBO DE COBRE CLASSE E #CONFORME PROJETO
4	PONTO FIXO (PF)

Junta de expansão tipo "lira"

Sistema Predial de Água Quente



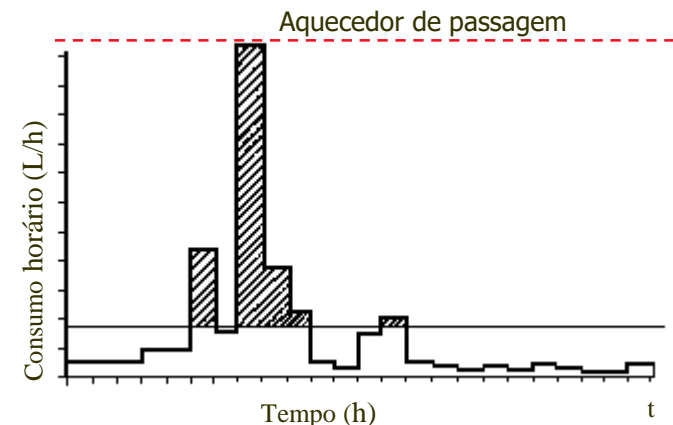
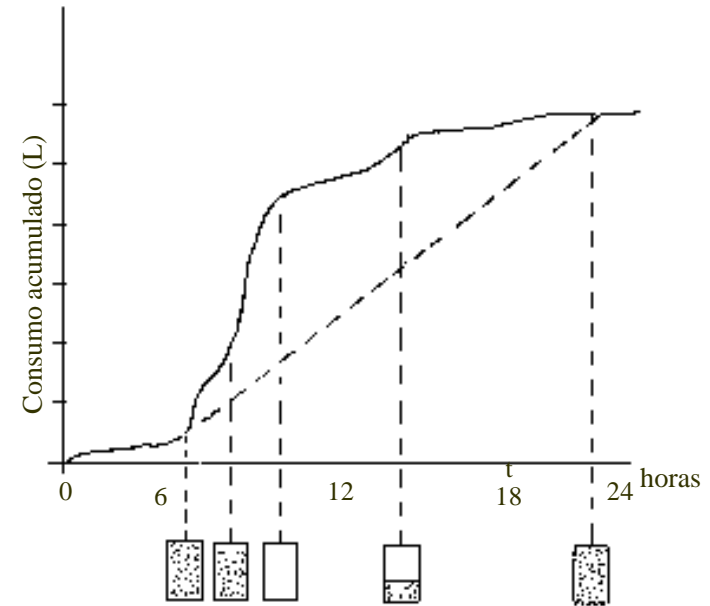
Detalhe de válvula de ventosa

Dimensionamento dos Componentes

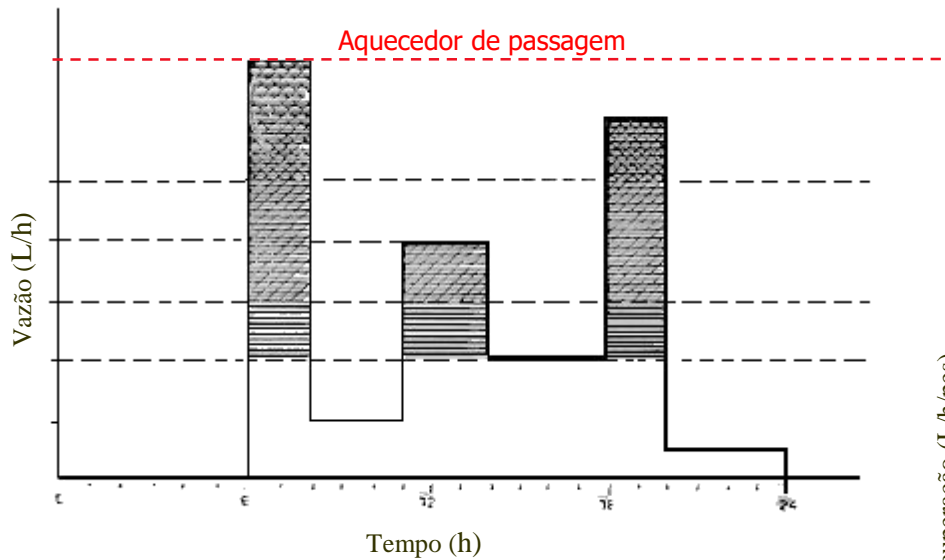
Geração e Reservação

Abordagem do Problema:

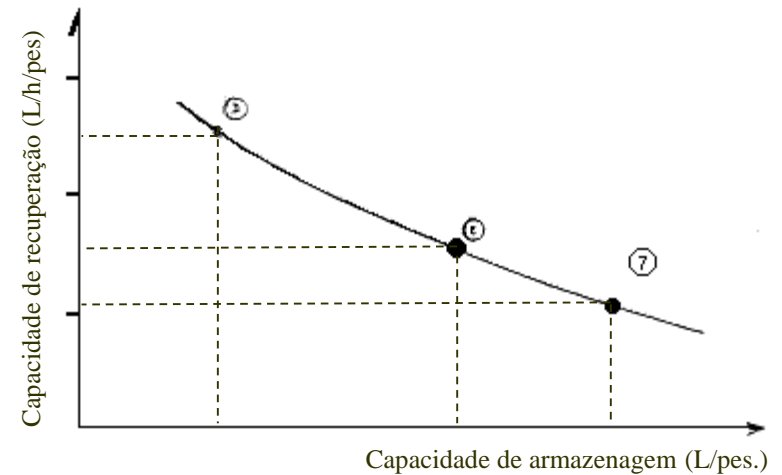
Neste caso, tem-se a mesma situação que no dimensionamento do reservatório superior do sistema predial de água fria.



Dimensionamento dos Componentes do Sistema Predial de Água Quente

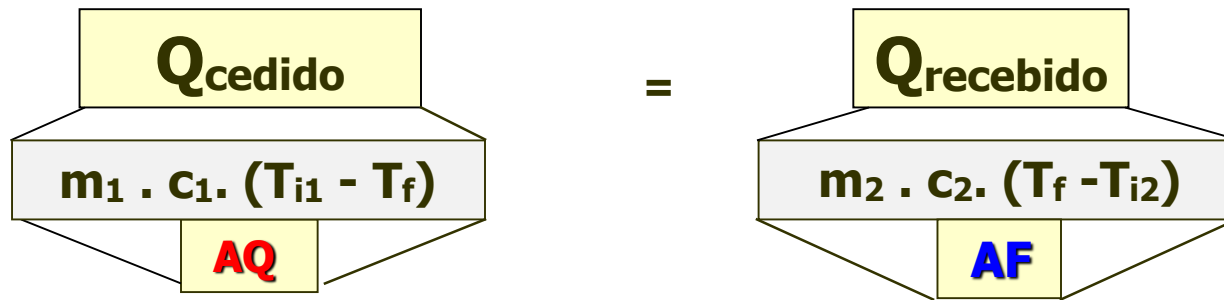


Perfil de consumo



Dimensionamento dos Componentes

Geração e Reservação



$c_1 = c_2$ (mesmo líquido)

$$\underbrace{m_1}_{\downarrow} \cdot \underbrace{T_{i1}}_{\downarrow} + \underbrace{m_2}_{\downarrow} \cdot \underbrace{T_{i2}}_{\downarrow} = \underbrace{(m_1 + m_2)}_{\downarrow} \cdot \underbrace{T_f}_{\downarrow}$$

$$V_{AQ} \cdot T_{AQ} + V_{AF} \cdot T_{AF} = (V_{MIST}) \cdot T_{MIST}$$

Em que:

T_{AQ} é a temperatura da água quente (no aquecedor - 70°C);

V_{AQ} é o volume / vazão de água quente - consumo diário a 70°C (incógnita);

T_{AF} é a temperatura da água fria (no inverno) 15°C;

V_{AF} é o volume / vazão de água fria;

T_{mist} é a temperatura da água morna (43°C);

V_{mist} é o volume / vazão de água morna utilizada (consumo diário).

Dimensionamento dos Componentes

Geração e Reservação

$$V_{AQ} \cdot T_{AQ} + V_{AF} \cdot T_{AF} = (V_{MIST}) \cdot T_{MIST}$$

$$V_{AF} = V_{MIST} - V_{AQ} \quad t_{MIST} = 43^{\circ}C \quad t_{AF} = 15^{\circ}C \quad t_{AQ} = 70^{\circ}C$$

Então: $70 \cdot V_{AQ} + 15(V_{MIST} - V_{AQ}) = 43 \cdot V_{MIST}$

ou:

$$V_{AQ} = 0,51V_{MIST}$$

Dimensionamento dos Componentes

Distribuição

Abordagem do Problema

Neste caso, tem-se a mesma situação do sistema predial de água fria, apenas levando-se em conta que, em termos de sistemas prediais de água quente, importa não somente a **vazão** unitária, mas também a **temperatura** de utilização, uma vez que:

Vazões de Água Quente

$$q_{AF} \cdot T_{AF} + q_{AQ} \cdot T_{AQ} = q_{mist} \cdot T_{mist}$$

Como $q_{AF} = q_{mist} - q_{AQ}$, tem-se que:

$$q_{AQ} = q_{mist} \cdot \frac{(T_{mist} - T_{AF})}{(T_{AQ} - T_{AF})}$$

Dimensionamento dos Componentes

Formulação do Problema

Valem aqui as mesmas considerações feitas para o sistema predial de água fria, ou seja, dimensiona-se como escoamento permanente em conduto forçado, sendo determinados, então, para cada trecho: **vazão, velocidade, pressão e perda de carga.**

Velocidade

Valor limite, recomendado pela NBR 7198/1993:

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

Dimensionamento dos Componentes

Determinação do consumo diário de água

$$C_D = C \cdot P$$

Em que:

C_D é o consumo diário de água quente (l/dia);

C é o consumo diário *per capita* (l/dia) - (tabela a seguir);

P é a população (prédio ou apartamento).

Tabela: Estimativa de consumo de água quente (**40°C**)

Alojamento Provisório	24 <i>per capita</i>
Casa Popular ou Rural	35 <i>per capita</i>
Residência	45 <i>per capita</i>
Apartamento	60 <i>per capita</i>
Quartel	45 <i>per capita</i>
Escola Internato	45 <i>per capita</i>
Hotel (s/ cozinha e s/ lavanderia)	36 por hóspede
Hospital	125 por leito
Restaurante e similares	12 p/ refeição
Lavanderia	15 p/ kg roupa seca

Dimensionamento dos Componentes

Pressão

A NBR 7198/1993 recomenda os valores máximos e mínimos da pressão em qualquer ponto da rede:

- pressão estática máxima: **400 kPa**
- pressão dinâmica mínima nas tubulações: **5 KPa**

Perda de carga

Mesma metodologia empregada para o sistema predial de água fria.

Dimensionamento dos Componentes

Vazão

Sub-ramais

Os diâmetros mínimos dos sub-ramais são apresentados na Tabela

Pontos de utilização para:

Banheira	1/2"
Bidê	1/2"
Chuveiro	1/2"
Lavatório	1/2"
Pia de cozinha	1/2"
Lavadora de roupa	1/2"

DR

Ramais

Valem os mesmos critérios adotados para o sistema predial de água fria, sendo que as vazões a serem consideradas são as da Tabela a seguir.

Ponto de utilização para:

	Vazão (l/s)
Banheira	0,30
Bidê	0,10
Chuveiro	0,20
Lavatório	0,15
Pia de cozinha	0,25
Lavadora de roupa	0,30

Vazão

Dimensionamento dos Componentes

Colunas e Barrilete

Para o dimensionamento das colunas e barrilete adota-se o Método dos Pesos.

Os valores a serem considerados estão na Tabela para T_{AQ} de 60°C, T_{AF} de 20°C e T_m de 40°C.

Pontos de utilização para:	Peso
Banheira	1,0
Bidê	0,1
Chuveiro	0,4
Lavatório	0,3
Pia de Cozinha	0,7
Lavadora de Roupa	1,0

$$P_{AQ} = P_{AF} \left(\frac{T_m - T_{AF}}{T_{AQ} - T_m} \right)^2$$

Verificação das pressões mínimas

Mesmos critérios adotados para o sistema predial de água fria.

Sistema de Distribuição

Exercício 1:

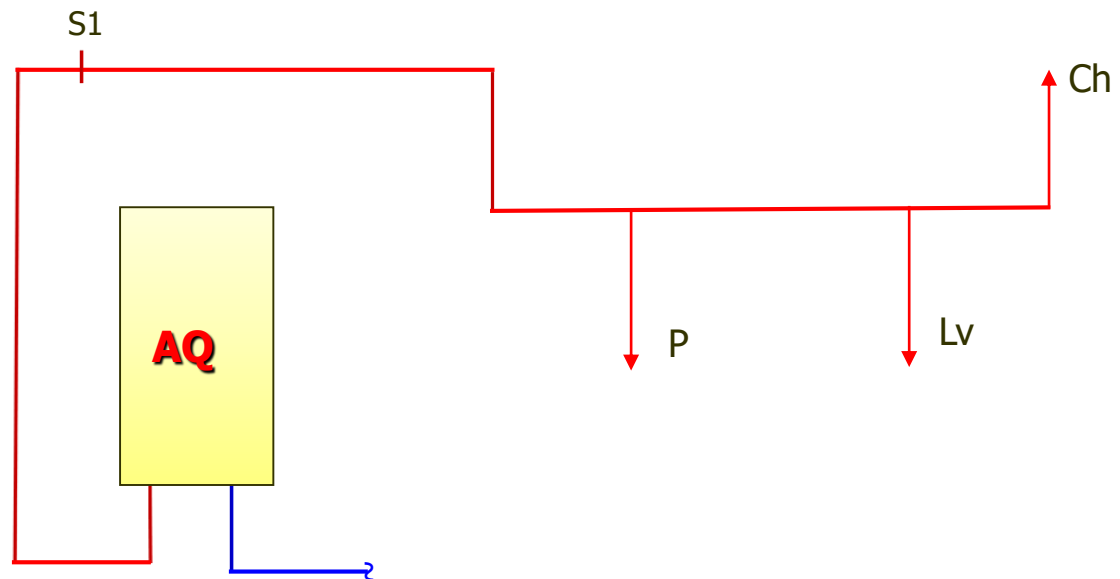
Para um apartamento, dimensionar o trecho a jusante do aquecedor de passagem da figura abaixo.

Dados:

$$T_{AQ} = 55^{\circ}\text{C}, T_{AF} = 20^{\circ}\text{C} \text{ e } T_m = 40^{\circ}\text{C}$$

$$Q_{PS1}?$$

$$D_{PS1}?$$



Bibliografia

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Sistema de aquecimento solar de água em circuito direto - Projeto e Instalação. **Projeto 55:003.01-00,2**. Julho:2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Projeto e execução de instalações prediais de água quente. **NBR 7198**. Rio de Janeiro, 1993.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Instalação predial de água fria. **NBR 5626**. Rio de Janeiro, 1998.

CEOTTO, L.H. Aquecimento solar: é possível obedecer à lei? – parte 1. **Revista Notícias da Construção**. Capturado em <http://www.sidusconsp.com.br/publicacoes>. Acesso em 16/07/2008.

CEOTTO, L.H. Aquecimento solar: é possível obedecer à lei? – parte 2. **Revista Notícias da Construção**, Sinduscon São Paulo, 2008,p. 22-23.

COMGÁS/ABRINSTAL. Sistemas de Aquecimento de Água para Edifícios através da associação Energia Solar e Gás Natural. **Manual Técnico para Projeto e Construção de Sistemas de Aquecimento Solar & Gás Natural**, março, 2011

ILHA, M.S.O.; GONÇALVES, O.M.; KAWASSAKI, Y. **Sistemas prediais de água quente**. São Paulo, 1994. Texto Técnico, Escola Politécnica da USP. TT/PCC/09.

FARINA, H. Alternativas para sistemas prediais de abastecimento de água. **Revista Hydro**, n.28, fev.2009.

SÃO PAULO, LEIS, DECRETOS. Diário Oficial da Cidade de São Paulo. Decreto nº 49.148, de 21 de janeiro de 2008. Regulamenta a lei nº 14.459. 5p.