



BOSCH

Tecnologia para a vida

Guia técnico

Dimensionamento
de trocador de calor
para sistemas
solares prediais

Índice

1	Introdução	3
2	Dimensionamento do trocador de calor nos edifícios	5
2.1	Vazões do sistema	7
2.2	Exemplo de cálculo da vazão em cada apartamento	9

1 Introdução

O presente documento trata de uma proposta para dimensionamento do trocador de calor para sistemas solares nos edifícios.

Para a realização deste estudo foi necessário utilizar a Tabela 1, que ilustra as considerações em um sistema de aquecimento solar de água baseado na lei de dimensionamento para São Paulo.

Usuários por unidade habitacional	4
Andares	15
Apartamentos por andar	4
Litros por usuário	95 litros
Consumo diário por unidade habitacional	380 litros (considerando 3 duchas com vazão de 8 l/min durante 10 minutos por pessoa, 1 pia com vazão de 3 l/min durante 3 minutos por pessoa e 1 lavatório com vazão de 3 l/min durante 2 minutos por pessoa) [3]
Consumo diário de água	15.960 litros
Volume do reservatório	12.000 litros, pois considera o produto entre o consumo diário de água por 0,75 (valor sugerido pela norma NBR 15569). Outras maneiras de dimensionamento do tanque não foram consideradas neste estudo.
Temperatura de uso	40°C
Temperatura de água fria	20,2°C
Produção média diária de energia necessária	650,3 kWh/mês
Fração solar desejada	40%
Produção média de energia mensal do coletor	80,5 kWh/m ² .mês
Área do coletor	1,99 m ²
Quantidade de coletores	50

Tabela 1: Considerações para as simulações dos sistemas de aquecimento solar de água baseadas na lei de dimensionamento para São Paulo.

A Ilustração abaixo apresenta o preenchimento do guia de parametrização solar.

Fatores de cálculo		Cálculo de área de coletores solares em edificações residenciais		Notas	
Legenda de Referência		Consumo por habitante (litros a 40°C)		<p>1. Este modelo de cálculo foi desenvolvido com vistas à parametrização para atendimento à lei 14.459 do Município de São Paulo.</p> <p>2. A metodologia adotada sugere parâmetros genéricos de cálculo, sendo que situações específicas deverão ser avaliadas por profissional habilitado.</p> <p>3. Dimensionamento e detalhamento definitivos devem ser definidos em projeto específico.</p>	
Fator de cálculo	Aplicado a cada situação	Usuários por unidade habitacional	4		
Parâmetro pré-definido	Resultado intermediário	Litros por usuário (litros)	95		
		Consumo diário por unidade habitacional	380		
		Unidades habitacionais atendidas pelo sistema	60		
		Fator de Ocupação	0.70		
		Consumo diário de água (litros)	15,960		
		Temperatura de uso (°C)	40.0		
		Temperatura da água fria (°C)	20.2		
		Energia útil consumida (kWh/dia)	368		
		Perdas térmicas (% para estocagem a 45° conf. NB 15569)	15		
		Energia total consumida (kWh/dia)	423		
Consumo diário por habitante (litros a 40°C)		Produção média de energia necessária			
Vazão do chuveiro (l/min)	8	Fator de orientação (conforme Dec. Regulamentação 49148)	1.00		
Tempo do banho (min)	10	Fator de correção de SP para o coletor (conf. lei SP 14.459)	1.54		
Lavatório (l/usuário)	6	Produção média diária de energia necessária (kWh/dia Nominal)	650.3		
Cozinha (l/usuário)	9	Produção média mensal de energia necessária (kWh/mês)	19,779		
Consumo por usuário (litros)	95	Fração Solar desejada (%)	40		
		Produção média de energia (kWh/mês nominal)	7,911		
Habitantes por unidade (n° quartos + 1 ≤ 5)		Área de captação			
1 quarto por unidade	2	Produção média de energia mensal do coletor (kWh/mês/m²) conf. Tabela do INMETRO)	80.5		
2 quartos por unidade	3	Área do coletor (m²) conf. Tabela do INMETRO	1.99		
3 quartos por unidade	4	Número mínimo de coletores (para atendimento à fração solar de 40% exigida na Lei)	50		
4 quartos ou mais por unidade	5	Número ideal de coletores (para atendimento à fração solar ideal de 70%)	87		
		Área mínima de coletores (para atendimento a fração solar desejada) (m²)	99.0		
		Área ideal de coletores necessária (m²)	172.2		
		Fator de aproveitamento do espaço (no caso de coberturas)	1.60		
		Área mínima de cobertura plana a ser disponibilizada para a instalação (m²)	158.4		
		Área ideal de cobertura plana a ser disponibilizada para a instalação (m²)	275.5		
Fator de ocupação		Fator de orientação			
Até 9 unidades habitacionais	1	Desvio do norte geográfico de 0° a 30°	1		
De 10 a 19 unidades habitacionais	0.9	Desvio do norte geográfico de 31° a 60°	1.13		
De 20 a 39 unidades habitacionais	0.8	Desvio do norte geográfico de 61° a 90°	1.16		
40 ou mais unidades habitacionais	0.7				

Ilustração 1: apresenta o preenchimento do guia de parametrização solar.

Dimensionamento do trocador de calor nos edifícios

O trocador de calor é um componente cuja finalidade é transferir calor de um fluido para outro, desde que as temperaturas dos fluidos sejam diferentes. Nos sistemas de aquecimento solar de água, usam-se, normalmente, os trocadores de calor de placas, que são compostos por placas finas múltiplas.

O modelo de dimensionamento apresentado neste capítulo é aplicado apenas para sistemas com trocador de calor em individuais, ou seja, trocador de calor em cada apartamento do edifício. Veja ilustração 2 e 3 abaixo.

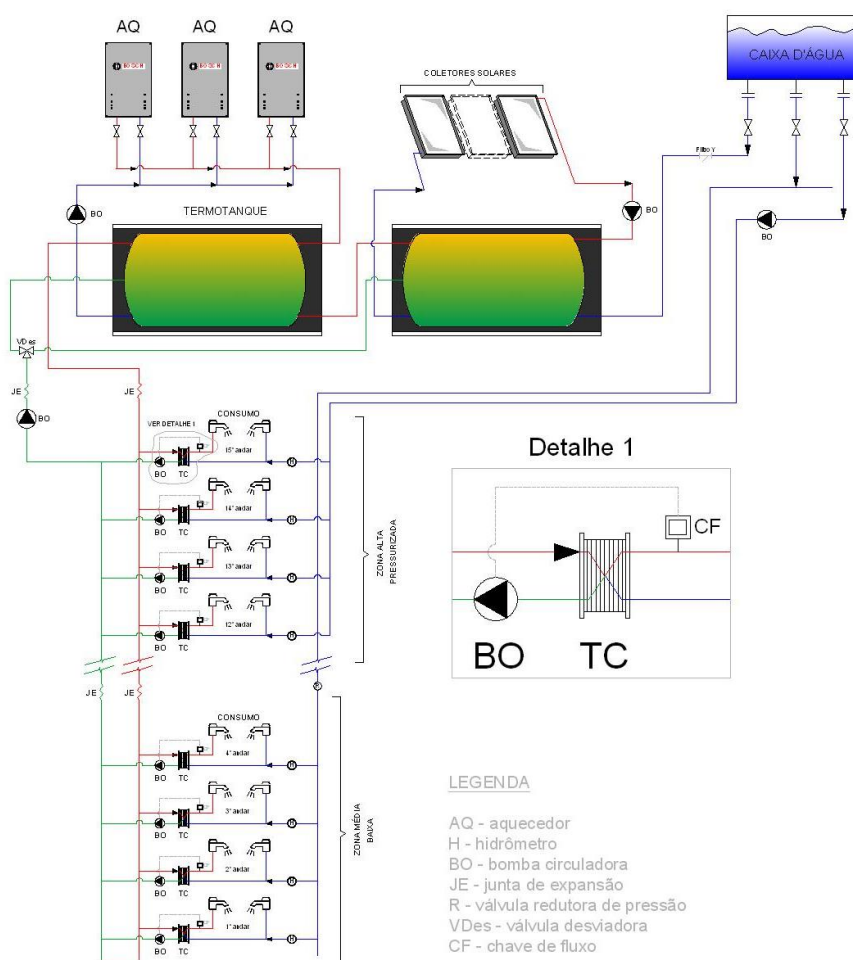


Ilustração 2: Sistema com aquecimento auxiliar a gás central em paralelo ao reservatório com o aquecimento solar, com um trocador de calor dentro de cada apartamento

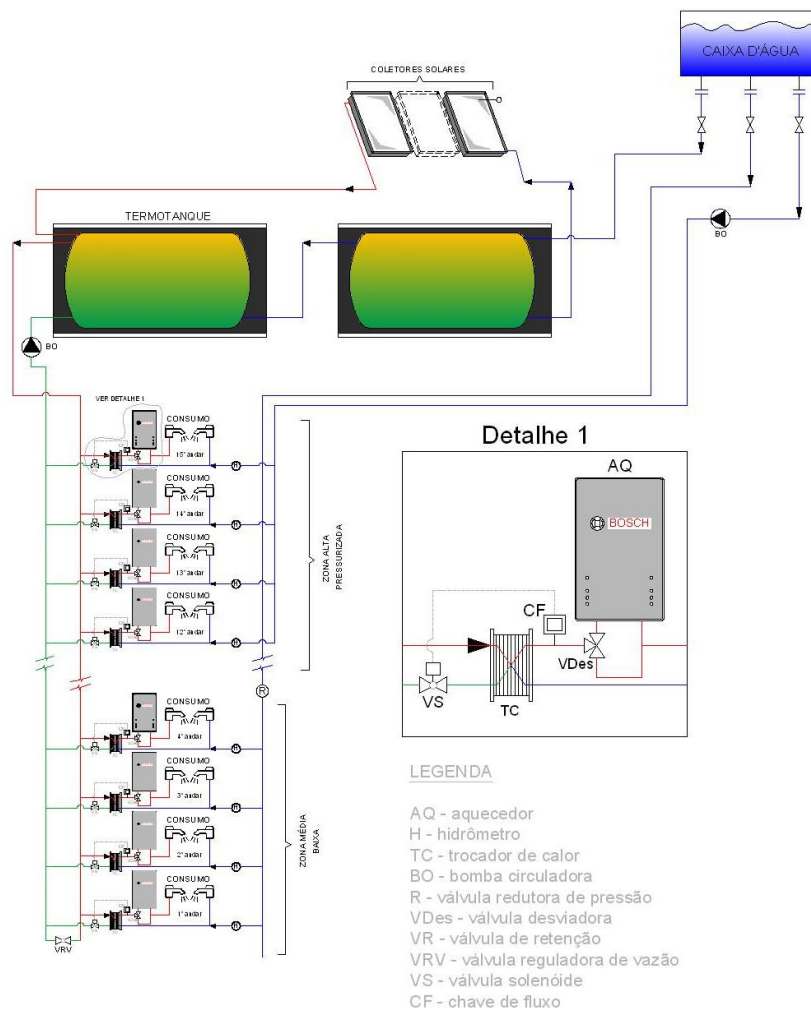


Ilustração 3: Sistema com aquecimento auxiliar a gás em cada apartamento e em série com o reservatório e o aquecimento solar, com um trocador de calor dentro de cada apartamento

1.1 Vazões do sistema

Para dimensionar a vazão no trocador de calor em cada apartamento, é necessário calcular a vazão máxima no apartamento, através da Equação (2-1).

$$\dot{V}_{ap} = \sum \dot{V}_i \quad (1-1)$$

Onde:

\dot{V}_{ap} é o consumo máximo dentro de cada apartamento;

\dot{V}_i é a vazão em cada ponto de consumo do apartamento.

Conhecida a vazão máxima, será necessário conhecer também as vazões dos circuitos primário e secundário e as temperaturas de entrada e saída da água.

Entende-se por circuito primário o circuito na qual a água sai do reservatório e passa no trocador de calor, e o circuito secundário é o circuito onde a água fria proveniente da caixa d'água passa no trocador de calor e vai para o consumo. A Tabela 2-1 e a Ilustração 4 mostram a consumo máximo simultâneo de água a ser considerado em função da soma dos pontos de vazão dentro do apartamento. O consumo simultâneo apresentado na Tabela 2-1 é indicada para apartamentos residenciais desde que cada ponto de consumo não ultrapasse 30 l/min. É indicada também para escritórios e prefeituras [1]. O método de cálculo apresentado neste estudo é um método já utilizado na Europa, que não substituí completamente outros métodos de dimensionamento.

Vazão máxima por apartamento (l/min)	Consumo simultâneo no apartamento (l/min)
5	5
15	14
25	19
35	24
45	28
55	31
65	34
75	37

Tabela 1-2: Consumo máximo simultâneo de água a ser considerado em função da soma dos pontos de vazão dentro do apartamento.

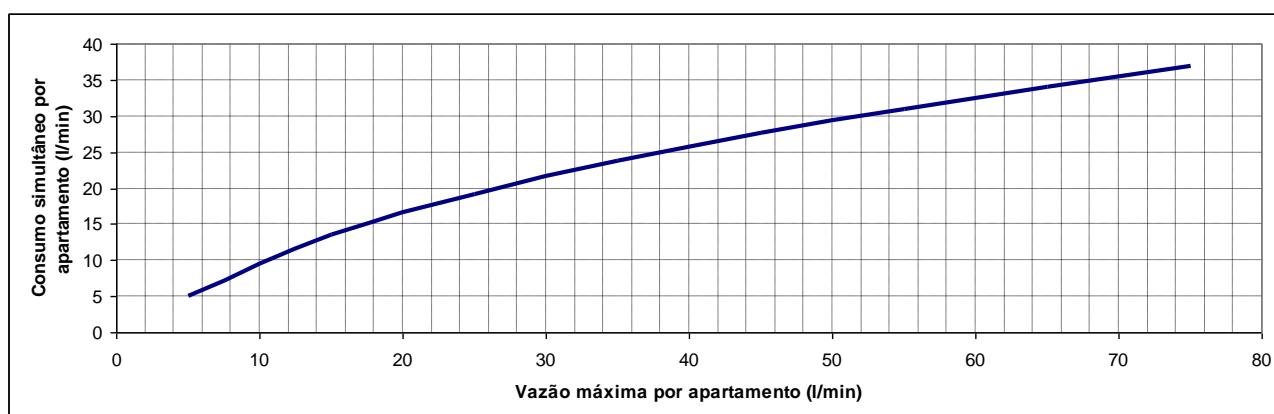


Ilustração 4: Consumo máximo simultâneo de água a ser considerado por apartamento no edifício e da soma dos pontos de vazão dentro do apartamento.

Para o dimensionamento do trocador, adota-se que a vazão no circuito primário seja igual à vazão no circuito secundário, que é a base para o dimensionamento apresentado neste documento e nas simulações realizadas, pois apresentam a melhor relação custo e eficiência do trocador de calor. Devido a algumas circunstâncias essa regra não pode ser aplicada em todos os casos. Se a vazão no circuito primário for menor que a vazão no circuito secundário, a temperatura da água no retorno do tanque será menor, reduzindo também a temperatura da água na entrada do coletor, o que aumenta sua eficiência e ligeiramente a fração solar do sistema. Caso a vazão no circuito primário seja maior que a vazão no circuito secundário a fração solar do sistema será pouco menor (dependendo da alteração do vazão), pois temperatura da água que retorna ao tanque será maior e, portanto, a temperatura na entrada do coletor também será maior. Portanto recomenda-se que o projetista – em caso de dúvidas – contata Bosch para fazer um dimensionamento mais profundo.

1.2 Exemplo de cálculo da vazão em cada apartamento

Supondo que cada apartamento possua 5 pontos de consumo de água quente: 3 chuveiros de 8 l/min, 1 pia de 4 l/min e 1 lavatório de 4 l/min. A soma dos consumos para cada apartamento será:

$$\dot{V}_{ap} = 3 \times 8 + 1 \times 4 + 1 \times 4 = 32 \frac{l}{min} .$$

Interpolando os valores da Tabela 2-1, conclui-se que a consumo máximo simultâneo de água nesse apartamento é de 22,5 l/min.

Esta vazão simultânea deve ser usado para dimensionar o trocador de calor:

$$\dot{V}_{simult} = \dot{V}_1 = \dot{V}_2 = 22,5 \frac{l}{min}$$

Para sistemas com pôs – aquecimento local (como demonstrado na ilustração 3) recomendamos temperaturas no circuito primário de entrada de água de 50°C e a temperatura de saída de água de 30°C (ou menor). Para o circuito secundário, adota-se a temperatura de entrada de água de 20°C e a temperatura de saída de água de 40°C (ou mais). A Tabela 2-2 resume os valores a serem considerados para o dimensionamento do trocador de calor neste exemplo.

	Circuito primário	Circuito secundário
Temperatura de entrada T_e	50 °C	20 °C
Temperatura de saída T_s	30 °C	40 °C
Consumo (l/min)	V ₁ ≈ V ₂	V ₂

Tabela 1-3: Resumo dos valores a serem considerados para o dimensionamento do trocador de calor.

Com as temperaturas da Tabela 2-2 e a vazão calculada, é possível dimensionar um trocador de calor para o sistema como demonstrado na ilustração 3. Os fabricantes de trocadores de calor de placas oferecem catálogos e planilhas para dimensionar o produto deles ou eles mesmos fazem o dimensionamento com estes parâmetros.

Deve-se considerar também que a perda de carga no trocador de calor será entre 15 e 20 kPa, ou seja, entre 150 e 200 mbar.

Para aumentar a eficiência do trocador, será necessário reduzir as temperaturas no circuito primário, por exemplo, na entrada para 45°C e na saída para 25°C.

Advertência: Especialmente para sistemas com pôs – aquecimento central como mostrado na ilustração 2, essa redução das temperaturas é importante!

Por isso recomendamos para sistemas com pôs – aquecimento central (por exemplo com aquecedores de passagem na sala de maquina na laje, como demonstrado na ilustração 2) temperaturas no circuito primário de entrada de água de 45°C e a temperatura de saída de água de 25°C (ou menor). Para o circuito secundário, adota-se a temperatura de entrada de água de 20°C e a temperatura de saída de água de 40°C (ou maior). A Tabela 2-3 resume os valores a serem considerados para o dimensionamento do trocador de calor neste exemplo.

	Circuito primário	Circuito secundário
Temperatura de entrada T_e	45 °C	20 °C
Temperatura de saída T_s	25 °C	40 °C
Consumo (l/min)	$V_1 \approx V_2$	V_2

Tabela 1-3: Resumo dos valores a serem considerados para o dimensionamento do trocador de calor.

Bosch Termotecnologia Ltda

Rua São Paulo, 144

Alphaville Empresarial - CEP 06465-130

Barueri / São Paulo

Brasil

SAC 0800 704 5446

www.bosch.com.br/termotecnologia



facebook.com/BoschAquecedoresBR



youtube.com/BoschTermotecnologia