sindigás
Gás LP
energia brasileira

Guia de Eficiência energética em edificações

Contribuição do Gás LP

Guia de Eficiência energética em edificações

Contribuição do Gás LP

Sumário

LISTA DE SIGLAS 4

APRESENTAÇÃO 5

Equipe de trabalho 5

INTRODUÇÃO 7

PREMISSAS ADOTADAS 9

CONCEITOS BÁSICOS 11

As vantagens da escolha do gás LP como energético 11

Panorama internacional 15

Estados Unidos: ASHRAE 90.1 16

União Europeia: Diretivas 2002-91-CE e 2010-31-CE 16

Perspectivas de mercado 17

AQUECIMENTO DE ÁGUA 19

Equipamentos para aquecimento de água 19

Sistemas de distribuição de água quente 20

Fontes de energia utilizadas para aquecimento 21

Sistemas a gás 21

Sistemas solares 26

Sistemas elétricos 29

Sistemas a combustíveis líquidos 33

AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DO AQUECIMENTO DE ÁGUA A GÁS 35
Detalhamento do processo de avaliação 35
O impacto do sistema de aquecimento de água no nível de eficiência da edificação 38
Detalhamento da avaliação das edificações residenciais 41
Tabela resumo 43
Detalhamento da avaliação das edificações comerciais 44
Tabela resumo 46
ESTUDOS DE CASO E EXEMPLOS 47
Edificações residenciais 47
Residência unifamiliar 47
Edifício multifamiliar 51
Edificações comerciais 55
Hotel 55
Edificação com uso misto 57
REFERÊNCIAS 61
ANEXOS 63
Anexo 1 – Equações para cálculo da Pontuação Total (PT) 63
Anexo 2 – Metodologia de dimensionamento dos sistemas de aquecimento de água a gás 65
Dimensionamento dos sistemas 65

Lista de siglas

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

ABRINSTAL - Associação Brasileira pela Conformidade e Eficiência das Instalações

ASHRAE - American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers

COP - Coeficiente de Performance

ENCE - Etiqueta Nacional de Conservação de Energia

EQNUM - Equivalente Numérico

EQNUMAA - Equivalente Numérico do Sistema de Aquecimento de Água

EQNUMCA - Equivalente Numérico do Sistema de Condicionamento de Ar

EQNUMDPI - Equivalente Numérico do Sistema de Iluminação

EQNUMENV - Equivalente Numérico do Sistema da Envoltória

EQNUMV - Equivalente numérico de ambientes de permanência prolongada não condicionados e/ou condicionados naturalmente

FS - Fração Solar

Gás LP - Gás Liquefeito de Petróleo

IEE/USP - Instituto de Eletrotécnica e Energia da Universidade de São Paulo

INMETRO - Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia

MDIC - Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior

MME - Ministério de Minas e Energia

NBR - Norma Brasileira

PBE - Programa Brasileiro de Etiquetagem

PT - Pontuação Total

RTQ - Regulamento Técnico da Qualidade

RTQ-C - Regulamento Técnico da Qualidade para Edificações Comerciais

RTQ-R - Regulamento Técnico da Qualidade para Edificações Residenciais

SINDIGÁS - Sindicato Nacional das Empresas Distribuidoras de Gás Liquefeito de Petróleo

UH - Unidade Habitacional

Apresentação

Este Guia de Eficiência Energética em Edificações tem como objetivo apresentar os requisitos para os sistemas de aquecimento de água estipulados pelos Regulamentos Técnicos da Qualidade (RTQ) do Inmetro, que definem a metodologia para etiquetagem de edificações residenciais e comerciais no Brasil.

O Guia é estruturado de forma a permitir um amplo entendimento do conceito de eficiência aplicado aos sistemas de aquecimento de água das edificações, apresentando os principais energéticos e equipamentos utilizados, bem como os requisitos de avaliação vigentes.

O objetivo do Guia é permitir aos empreendedores do setor da construção decidir quais sistemas melhor se aplicam aos seus edifícios e como esses sistemas têm sua eficiência avaliada pelo Inmetro.

Com essas informações, é possível obter o nível máximo de eficiência para os sistemas de aquecimento de água, o que oferece maior conforto e economia para os futuros moradores e usuários das edificações, bem como maior segurança energética ao País.

Equipe de trabalho

O Sindicato Nacional das Empresas Distribuidoras de Gás Liquefeito de Petróleo (Sindigás) foi criado em 1974 com a finalidade de estudar, coordenar, proteger e representar o setor junto à sociedade brasileira e às diversas esferas dos governos federal, estadual e municipal. Além disso, o Sindigás busca maior colaboração com os poderes públicos, associações e entidades sindicais de todos os níveis, no sentido da solidariedade social e de sua subordinação aos interesses nacionais.

Desde 2010, o Sindigás tem trabalhado na área de eficiência energética, juntamente com a Associação Brasileira pela Conformidade e Eficiência das Instalações (Abrinstal) e com a Universidade de São Paulo (USP), com o objetivo de identificar e promover as contribuições que o uso do gás LP oferece às edificações, seja pelo aumento do nível de conforto proporcionado aos usuários, seja pela substituição da eletricidade, aliviando o sistema de geração de energia elétrica nacional.

Equipe do Sindigás

- Adriano Loureiro
- Alexandre Baldotto
- Aurélio Ferreira
- Ivo Gastaldoni
- Jonathan Benchimol
- Paulo Duarte
- Pedro Ferreira
- Agradecimento pelas contribuições: Tiago Maffei

Equipes da Abrinstal e do IEE-USP

- Alberto Fossa
- Arthur Cursino
- Bruno Burghetti
- Danielle Guilherme
- Edmilson Moutinho
- Jorge Chaguri
- Jorge Chaguri Jr.
- Marcelo Palmieri
- Murilo Fagá

Introdução

As edificações comerciais e residenciais representam mais de 30% do consumo total de energia do planeta. Trata-se do segmento de consumo com maior participação na matriz energética mundial. Como decorrência, várias nações têm aprovado novos regulamentos técnicos para a conceituação e classificação da eficiência energética para suas edificações.

Por outro lado, a fase de crescimento que o País vem atravessando nesses últimos anos demanda uma maior preocupação com a adequação no uso dos recursos energéticos. Além disso, na medida em que o desenvolvimento econômico e social do Brasil avança, é razoável que seja reservado um papel mais nobre para a eletricidade, com a substituição da eletrotermia pelos gases combustíveis (cada vez mais disponíveis em razão das recentes descobertas de petróleo e gás no País) em processos como aquecimento de água, refrigeração e mesmo a cogeração.

Em 17 de outubro de 2001, foi sancionada no Brasil a Lei 10.295 de Eficiência Energética, que dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia. Em 13 de dezembro de 2002, foi estabelecido o Grupo Técnico para Eficientização de Energia nas Edificações no País (GT Edifica). No dia 13 de setembro de 2006, foi aprovada uma proposta de Regulamento Técnico de Edificações que estabelece os quesitos de classificação da eficiência energética. Esse Regulamento passou por revisões até início de 2008 e é base técnica para o Programa de Avaliação da Conformidade para Eficiência Energética de Edificações. Em 25 de novembro de 2010, foi publicado pelo Inmetro o Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética em Edificações Residenciais.

O Sindigás, em conjunto com a Abrinstal, desenvolveu um estudo sobre a perspectiva internacional dos programas de etiquetagem de edifícios eficientes, que resultou na necessidade de avanço dos mecanismos vigentes no País, particularmente na ampliação do uso dos gases combustíveis e sua consideração nos aspectos de eficiência predial. Como fruto deste trabalho, foi aberta a interlocução com os principais agentes de regulamentação no País, destacando-se o Ministério de Minas e Energia (MME), o Inmetro e a Eletrobras. O resultado dessa interação propiciou a participação na revisão da recente regulamentação de etiquetagem de eficiência em edifícios públicos, comerciais e residenciais, promovendo a incorporação do uso de gases combustíveis de forma destacada nos regulamentos vigentes.

Premissas adotadas

Para elaboração desse manual foram utilizadas as seguintes Portarias do Inmetro, vigentes em junho de 2013.

Edificações residenciais

Regulamento Técnico da Qualidade (RTQ)

- **Portaria Inmetro / MDIC número 18, de 16/01/2012**
- Objetivo: Revisão do Regulamento Técnico da Qualidade - RTQ para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais
- Situação: Em vigor
- Disponível em: http://www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/RTAC001788.pdf

Edificações comerciais

Regulamento Técnico da Qualidade (RTQ)

- **Portaria Inmetro / MDIC número 372, de 17/09/2010**
- Objetivo: Aprovar a revisão dos Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ)
- Situação: Revisto
- Disponível em: http://www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/RTAC001599.pdf

Regulamento Técnico da Qualidade (RTQ)

- **Portaria Inmetro / MDIC número 17, de 16/01/2012**
- Objetivo: Retificações nos Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C), aprovados pela Portaria Inmetro n° 372/2010
- Situação: Em vigor
- Disponível em: http://www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/RTAC001787.pdf

Conceitos básicos

As vantagens da escolha do gás LP como energético

O gás LP é um energético essencialmente limpo com extrema portabilidade, o que permite que esteja presente em 100% do território nacional.

Tanto nas portarias nacionais quanto nas regulamentações internacionais os gases combustíveis contribuem para a eficiência energética das edificações de duas formas:

(1) aquecimento direto – tanto para aquecimento de água quanto para aquecimento de ambientes, e

(2) substituição da eletricidade

Em relação à primeira contribuição, as portarias apresentam requisitos de eficiência para os sistemas de aquecimento, exigindo que valores mínimos sejam atingidos, de acordo com o nível de eficiência almejado em projeto.

Em relação à segunda contribuição, as portarias ressaltam a importância do gás favorecendo os sistemas a gás em detrimento dos sistemas elétricos resistivos de aquecimento de água, mesmo quando a eficiência dos equipamentos operados com eletricidade é maior em relação aos equipamentos operados a gás.

Além disso, uma abordagem ampliada do conceito de eficiência considera também a eficiência dos processos de transformação de energia primária em final e, posteriormente, em energia útil, como mostra a Figura 1. Essa abordagem reforça a utilização dos gases combustíveis como uma opção mais eficiente em nível nacional.

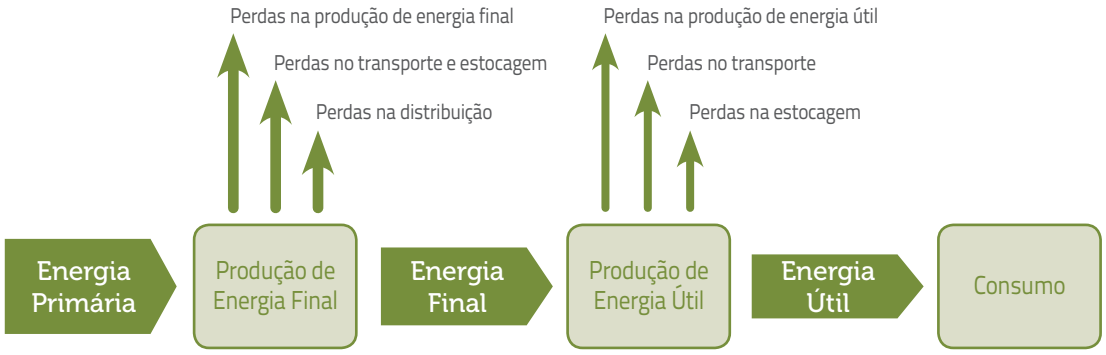


FIGURA 1 – ANÁLISE DA EFICIÊNCIA NA TRANSFORMAÇÃO DA ENERGIA PRIMÁRIA EM ÚTIL.
FONTE: CURSINO, 2011, P. 47.

Ao adotar uma abordagem ampliada, as portarias não se restringem à avaliação da eficiência da edificação em si, mas também consideram a qualidade da energia entregue ao consumidor.

Essa avaliação não existia na primeira versão da portaria para edificações comerciais e foi um resultado direto do trabalho da equipe técnica da Abrinstal e do Sindigás no projeto "Edifícios Eficientes", de 2010. A Figura 2 utiliza o conceito do fator de conversão[1] para realizar uma análise do consumo de energia para aquecimento de água no Brasil, quando a eletricidade e o gás LP são utilizados. O fator de conversão utilizado para os cálculos foi retirado da dissertação de mestrado de CURSINO, 2011.

1. O fator de conversão é definido como: 'a energia primária necessária para suprir uma unidade de energia final entregue ao consumidor" (CEN, 2008, p.10).

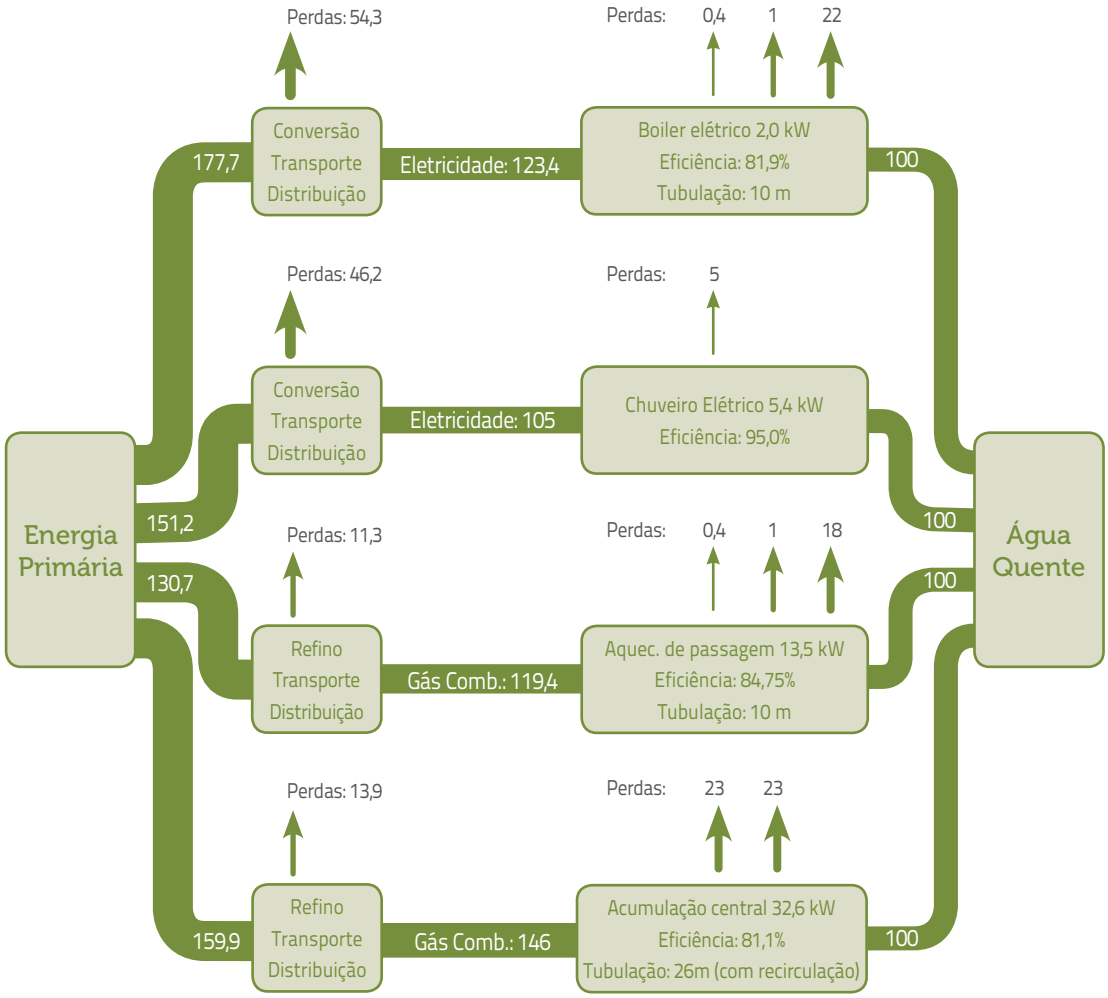


FIGURA 2 – CONSUMO DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA AQUECIMENTO DE ÁGUA – CENÁRIO BRASILEIRO.
FONTE: CURSINO, 2011, P. 130.

A análise da figura permite observar que quando somente a conversão de energia final em útil é avaliada, os equipamentos a gás apresentam um consumo maior em relação aos equipamentos elétricos. Enquanto os equipamentos a gás consomem 119,4 e 146,0 unidades de energia final para produzir 100 unidades de energia útil, os equipamentos elétricos consomem 123,4 e 105,0 unidades de energia final para produzir as mesmas 100 unidades de energia útil.

Porém, quando a conversão da energia primária em energia final é realizada, os equipamentos a gás apresentam um consumo menor, particularmente os aquecedores de passagem, que são equipamentos bastante comuns no mercado. Na análise ampliada, enquanto os equipamentos elétricos consomem 177,7 e 151,2 unidades de energia primária, os equipamentos a gás consomem 130,7 e 159,9.

Apesar das portarias brasileiras não utilizarem o fator de conversão para os cálculos de consumo de energia, essa metodologia é aplicada de forma qualitativa, atribuindo-se níveis menores de eficiência aos sistemas elétricos de aquecimento.

Na portaria para edificações comerciais, os sistemas de aquecimento a gás podem receber nível máximo de eficiência (que equivale ao Nível A), desde que atendam aos requisitos mínimos, enquanto os sistemas elétricos são classificados com os piores níveis de eficiência (que equivalem aos Níveis D e E), independentemente da eficiência nominal dos equipamentos utilizados.

Na portaria para edificações residenciais, a mesma relação é observada. No entanto, em vez de Nível E, os sistemas de aquecimento elétrico podem receber no máximo Nível D, que representa um nível bem inferior de eficiência em relação aos sistemas a gás.

É importante ressaltar que a utilização dos gases combustíveis nos sistemas citados permite ainda uma redução da curva de carga diária de consumo de eletricidade. Essa redução alivia a demanda em horários de pico do sistema elétrico, contribuindo para a estabilidade da oferta de eletricidade em nível nacional.

Essa redução é possível devido às características do consumo de eletricidade, uma vez que, nos horários de demanda máxima, os grandes consumidores são os chuveiros e os condicionadores de ar elétricos, ambos passíveis de serem substituídos por equipamentos a gás.

Na Figura 3, é possível observar a curva de carga média elétrica do setor residencial no Brasil:

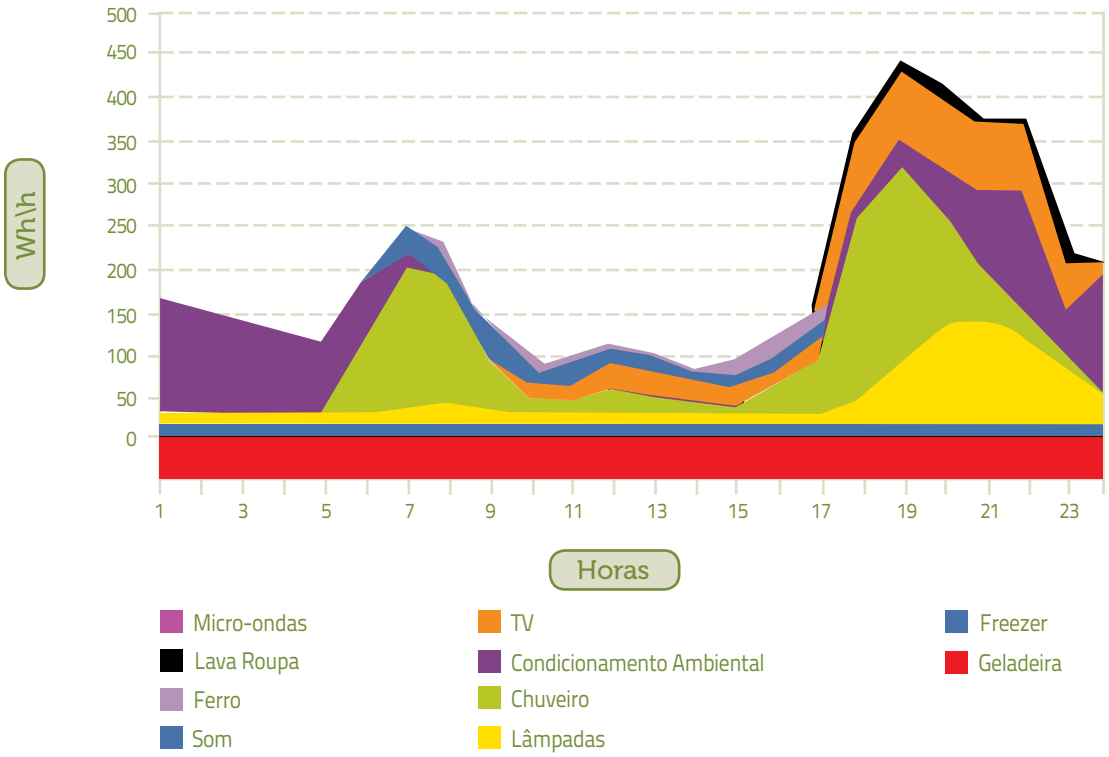


FIGURA 3 – CURVA DE CARGA MÉDIA DIÁRIA DO CONSUMO DE ELETRICIDADE DO SETOR RESIDENCIAL NO BRASIL. FONTE: (PROCEL, 2007, P. 18).

Panorama internacional

A avaliação das referências internacionais revelou a existência de dois tipos de tratamentos regulatórios: um focado na concepção do sistema (EUA) e o outro focado no uso do sistema (Europa). O primeiro tipo tem como principal objetivo estabelecer padrões mínimos de eficiência para todos os sistemas que compõem uma edificação, enquanto o segundo preocupa-se em estimar o consumo de energia da edificação e, então, estabelecer procedimentos para reduzir esse consumo.

Internacionalmente, foram analisadas as Diretivas Europeias e a ASHRAE 90.1, de forma a reforçar os conceitos apresentados pelas portarias nacionais, que estão alinhadas com os processos de avaliação propostos pela Europa e pelos Estados Unidos.

Estados Unidos: ASHRAE 90.1

A ASHRAE 90.1 define em seu capítulo 7 que o dimensionamento dos equipamentos do sistema de aquecimento de água deve ser feito de acordo com a metodologia proposta nos guias da ASHRAE (ASHRAE *Handbooks*) (ASHRAE, 2007, p. 55).

O cálculo de dimensionamento pode ser baseado em dois tipos de curva:

(1) de recuperação, e

(2) de acumulação.

O guia reforça que ambos os métodos são baseados em pesquisas e buscam atender duas variáveis:

(1) taxa de consumo de energia no pico, e

(2) energia total necessária para atendimento das demandas dos usos finais.

A ASHRAE parte do princípio de que em edificações a demanda máxima por água quente nunca será igual à vazão total simultânea de todos os pontos de consumo e que, com o aumento do número de pontos de consumo, menor será a utilização simultânea dos mesmos. Para aplicar esse princípio no dimensionamento, parte-se da definição de uma estimativa de demanda, também chamada de fator de diversidade. Essa estimativa foi determinada por uma combinação de testes de campo com análises estatísticas.

União Europeia: Diretivas 2002-91-CE e 2010-31-CE

As Diretivas Europeias apresentadas no relatório 1 não definem nenhum tipo de metodologia de dimensionamento de sistemas de água quente. Elas são mais abrangentes e servem apenas para nortear a construção de políticas locais específicas para a realidade de cada país membro.

Um ponto importante é a definição de que o consumo de energia deve ser calculado em unidade de energia por unidade de espaço, como kWh/m^2, por exemplo. Esse procedimento é importante, pois busca assegurar que os ganhos de eficiência sejam traduzidos realmente em uma redução de consumo. O cálculo do consumo de energia dos sistemas de água quente não é adotado nas portarias brasileiras.

Perspectivas de mercado

Desde o lançamento do programa de certificação de edificações, foram emitidas mais de 2.000 Etiquetas Nacionais de Conservação de Energia (ENCE) para empreendimentos residenciais e comerciais lançados no País entre os anos de 2010 e 2013, sendo 48 projetos de prédios comerciais, 10 prédios comerciais construídos, 21 projetos de prédios residenciais, 2025 projetos de apartamentos, 8 projetos de casas, 2 casas construídas e 1 apartamento construído.

É importante ressaltar também que a regulamentação de eficiência energética para edificações vem recebendo crescente atenção da mídia, interessada na possibilidade de economia gerada pela implantação do programa de etiquetagem, que, segundo o próprio Inmetro, é de 30% a 50 % da energia consumida.

Além disso, uma pesquisa de mercado, realizada em 2011 por uma construtora do setor residencial, demonstrou que 62% dos seus clientes que conheciam a etiqueta do Inmetro estavam dispostos a pagar mais pelo imóvel, o que aponta uma oportunidade promissora para exploração de novos nichos de mercado.

Aquecimento de água

Equipamentos para aquecimento de água

Os aquecedores de água são equipamentos utilizados para produção de água quente em temperatura e vazão particulares, de acordo com o tipo de equipamento e as especificações de projeto. Os aquecedores transferem para a água o calor gerado por uma fonte de energia. A relação entre o calor gerado pela fonte e o calor transferido para a água representa a eficiência nesses tipos de equipamentos.

Tecnicamente os aquecedores podem ser classificados em duas categorias:

(1) aquecedores instantâneos ou de passagem, e

(2) aquecedores de acumulação.

Os aquecedores de acumulação podem ser divididos ainda em dois tipos: conjugado e com queimador embutido.

O fluxo de energia para cada uma dessas categorias é demonstrado na Figura 4.

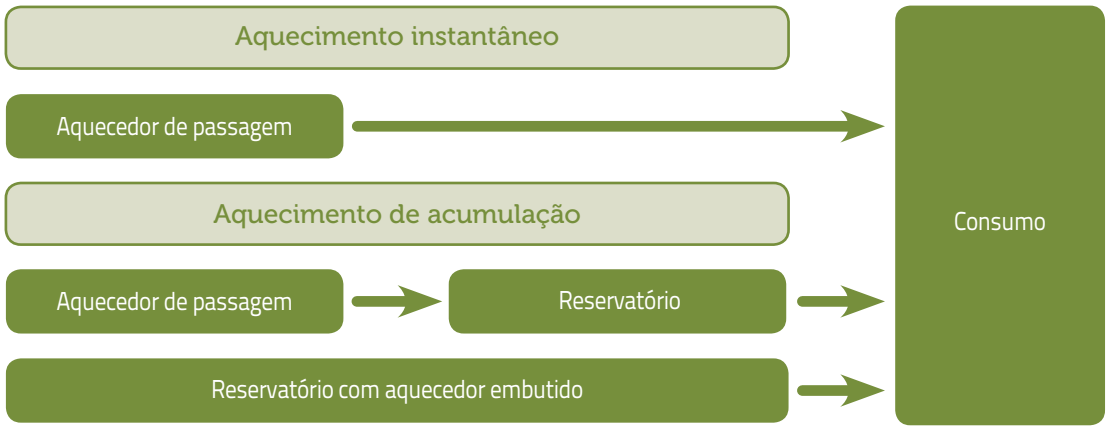


FIGURA 4 – DIFERENTES TIPOS DE AQUECEDORES DE ÁGUA.

Sistemas de distribuição de água quente

A Figura 4 se resume aos equipamentos, não considerando as redes de distribuição de água quente, mas o sistema hidráulico em si também pode ser classificado em diferentes categorias. Enquanto os aquecedores são representados por diferentes tipos de equipamentos, os sistemas de aquecimento de água são classificados em três tipos, de acordo com as diferenças existentes na infraestrutura hidráulica dos projetos. São eles:

(1) sistema individual;

(2) sistema central privado, e

(3) sistema central coletivo (ILHA et al., 1996).

O sistema individual é caracterizado pela inexistência de uma rede de distribuição de água quente, pois o aquecimento ocorre diretamente no ponto de consumo, nos equipamentos comumente utilizados nesse sistema.

O sistema central privado é caracterizado pela existência de uma rede de distribuição de água quente capaz de atender mais de um ponto de consumo, porém restrita às dependências de uma mesma unidade, como uma residência unifamiliar ou um apartamento, por exemplo. Nesse sistema é mais comum a utilização de aquecedores de acumulação, porém, não é difícil encontrar sistemas que utilizam apenas um aquecedor de passagem a gás com potência elevada.

Por fim, o sistema central coletivo é caracterizado pela existência de uma rede de distribuição de água quente e de equipamentos de aquecimento comuns a diversas unidades de consumo, como um prédio de apartamentos, por exemplo. Devido ao porte desse tipo de sistema, a utilização dos aquecedores de acumulação é mais indicada.

A Figura 5 apresenta a relação existente entre os sistemas de distribuição de água quente.

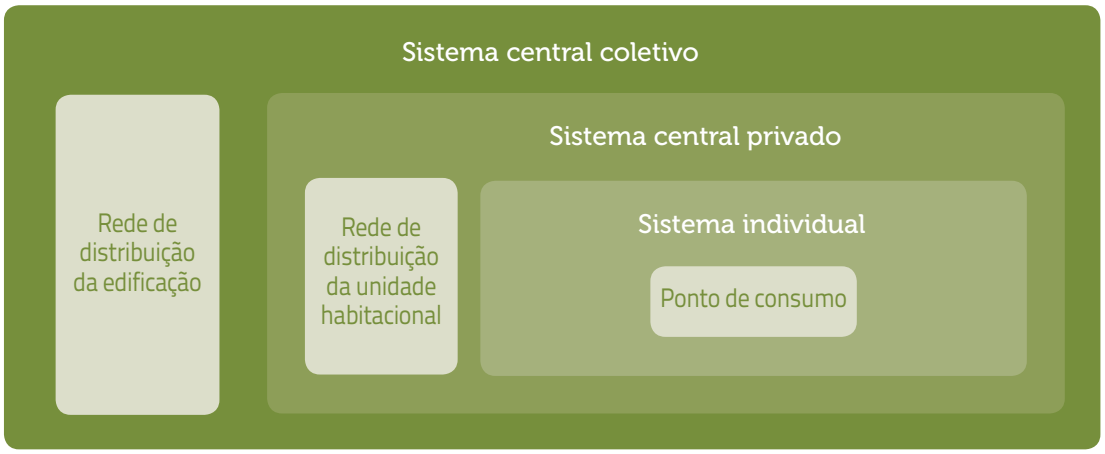


FIGURA 5 – RELAÇÃO ENTRE OS DIFERENTES SISTEMAS DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA QUENTE.

Fontes de energia utilizadas para aquecimento

As principais fontes de energia para aquecimento de água, listadas nas regulamentações de eficiência energética para edificações, são:

(1) gases combustíveis;

(2) solar;

(3) eletricidade, e

(4) combustíveis líquidos.

Os tipos de equipamentos existentes para cada fonte são apresentados a seguir. Optou-se por manter essa forma, uma vez que o RTQ-R parte das fontes para realizar a avaliação da eficiência.

Sistemas a gás

Tanto o gás LP quanto o gás natural podem ser utilizados em aquecedores para produção de água quente. Conforme dito anteriormente, existem basicamente duas classificações para esses equipamentos: aquecedores de passagem e aquecedores de acumulação. Os queimadores utilizados nos aquecedores são diferentes para o gás LP e para o gás natural, devido aos poderes caloríficos de cada combustível. No entanto, é fácil converter os equipamentos, caso haja necessidade.

Aquecedor instantâneo ou de passagem

Os aquecedores instantâneos ou de passagem são acionados sempre que existe demanda por água quente. Sua função é atender a demanda de um ou mais pontos de consumo. Esse tipo de aquecedor requer menos espaço e possui maior flexibilidade em relação ao local de instalação, quando comparado com o aquecedor de acumulação.

Os aquecedores possuem uma fonte elétrica utilizada para dar ignição ao gás. Essa fonte pode ser suprida pela eletricidade da rede ou por uma bateria instalada nos equipamentos. Modelos de aquecedores antigos dispensavam o acionamento elétrico, mantendo uma chama acessa constantemente, conhecida como "chama piloto". Essa tecnologia foi descartada devido ao grande desperdício de gás que promove, mas, em países como a Argentina, ainda é comum encontrar esse tipo de equipamento.

O acionamento da chama acontece sempre que um fluxo de água percorre a tubulação. Quando o fluxo é interrompido, a chama é apagada. Em alguns sistemas é possível encontrar bombas de circulação, empregadas para reduzir o tempo de abastecimento de água quente ao ponto de consumo, depois que o fluxo de água é liberado.

É possível utilizar uma simplificação generalista para ilustrar o funcionamento de um aquecedor de passagem, visualizando-o como uma serpentina aquecida pelo calor gerado na combustão do gás.

A Figura 6 ilustra essa simplificação:

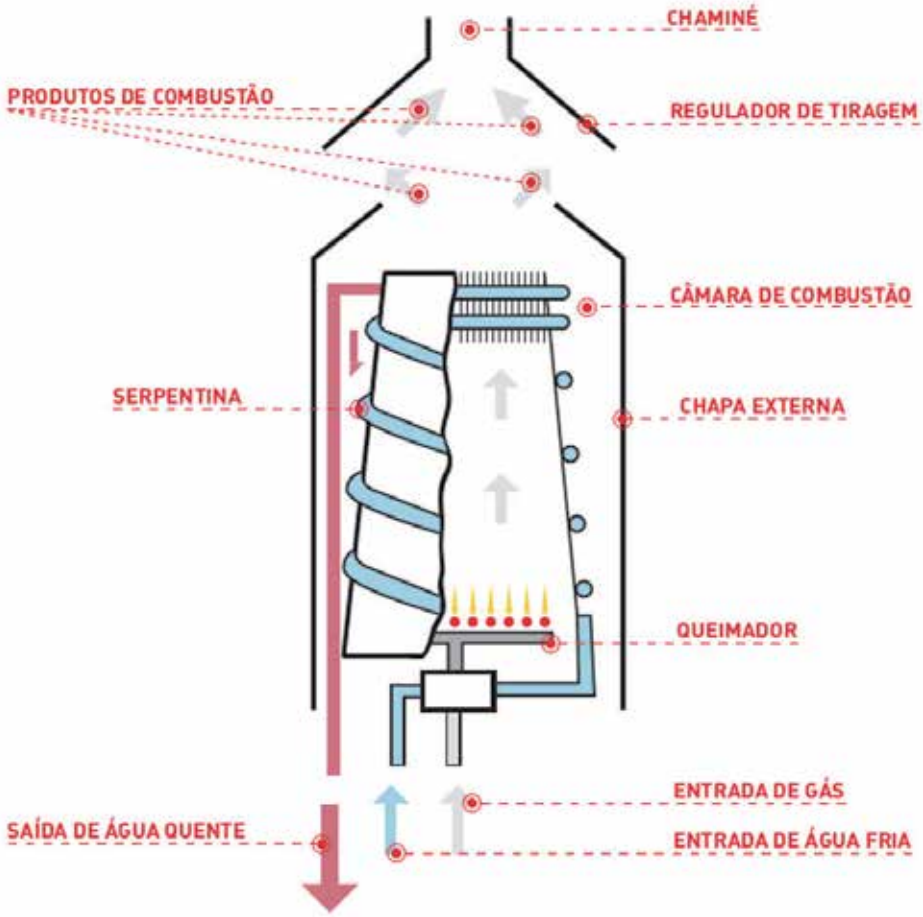


FIGURA 6 - ESQUEMA SIMPLIFICADO DE FUNCIONAMENTO
DE AQUECEDORES A GASES INSTANTÂNEOS OU DE PASSAGEM.

Na ilustração também é possível visualizar as entradas e saídas do equipamento. Na parte inferior, ficam localizadas as entradas de gás e água fria e a saída da água quente. Na parte superior fica a saída dos gases de combustão, realizada pela chaminé.

A Figura 7 apresenta uma ilustração de um aquecedor de passagem:

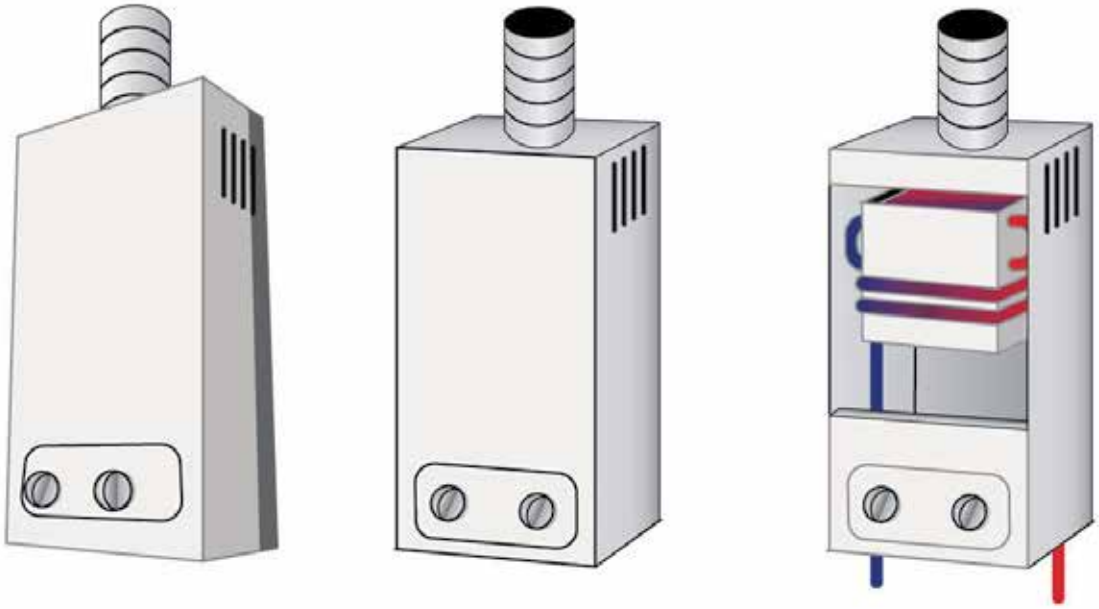


FIGURA 7 – AQUECEDOR DE PASSAGEM.

Os aquecedores de passagem também possuem dispositivos de controle e segurança capazes de interromper o fluxo de água fria e de gás quando eventuais quedas de pressão ocorrem. Por conta desses dispositivos, uma pressão mínima de entrada de água fria é exigida para a correta operação do equipamento. Essa pressão pode variar de 0,5 a 2,0 bar, o que pode dificultar a instalação em locais com baixa pressão de entrada, como casas e andares mais altos de edifícios. Para corrigir essa deficiência de pressão, recomenda-se o uso de pressurizadores.

Os aquecedores de passagem possuem potências variadas, podendo atender um ou mais pontos de consumo simultaneamente, de acordo com a demanda por água quente, sendo classificados como individuais ou coletivos, conforme dito anteriormente. Alguns modelos são capazes de modular sua potência, de acordo com a vazão exigida, reduzindo o consumo de gás e aumentando a eficiência. Os aquecedores também podem ser utilizados para aquecimento de piscinas.

Os aquecedores mais comuns requerem a instalação de uma chaminé para escoamento dos gases de combustão. Essa chaminé deve ser dimensionada de forma a garantir a correta circulação e renovação do ar. Em ambientes confinados, onde existem limitações para instalação dos aquecedores tradicionais devido às emissões de monóxido de carbono, é possível a utilização de aquecedores de fluxo balanceado, compostos por um sistema fechado, que restringe o contato do interior do aparelho com o ambiente externo, realizando as trocas gasosas através de uma chaminé com comunicação exclusiva com o exterior.

A Figura 8 apresenta uma ilustração de um aquecedor de fluxo balanceado:

FIGURA 8 – AQUECEDOR DE FLUXO BALANCEADO.

Nota-se que não existem aberturas na carcaça do aparelho, e a chaminé possui um formato diferente em relação ao aquecedor de passagem comum. Também é possível encontrar equipamentos desse tipo com exaustão forçada, nos quais uma ventoinha interna facilita o escoamento dos gases da combustão.

Aquecedor por acumulação

Aquecedores de acumulação, como o próprio nome sugere, permitem acumular um determinado volume de água quente em um ou mais reservatórios, de forma a garantir o fornecimento de água quente no horário de pico de consumo.

No reservatório, ocorre naturalmente uma estratificação da água, devido a diferenças de temperaturas e densidades existentes entre a água fria (mais pesada) e a água quente (mais leve). Por conta dessa estratificação natural, as entradas e saídas são instaladas em pontos estratégicos, sendo a entrada de água fria realizada pela parte inferior e a saída de água quente pela parte superior, como observado na Figura 9.

FIGURA 9 – ESTRATIFICAÇÃO DE ÁGUA DE ACORDO COM A TEMPERATURA EM UM RESERVATÓRIO DE ÁGUA QUENTE.

Para garantir a segurança na operação desse tipo de equipamento, é necessária a instalação de outros dispositivos, como sifão, válvulas de segurança e válvulas eliminadoras de ar.

Como o reservatório mantém uma quantidade de água constantemente aquecida, é fundamental a utilização de isolamento térmico para reduzir as perdas para o ambiente. Além da vazão e do volume do reservatório, também é importante considerar o tempo de recuperação do equipamento, ou seja, o tempo necessário para que o equipamento reponha a água quente no reservatório, uma vez que a mesma tenha sido completamente consumida. Com base nesses dados, é possível trabalhar com *softwares* e medidores inteligentes, que permitam uma operação dinâmica do aquecedor, adaptando a temperatura e o volume de água quente em função da demanda projetada.

Aquecedor central coletivo

Os sistemas centrais coletivos apresentam potências maiores, sendo comum encontrar alguns que trabalham com sistemas conjugados, formados pela combinação de aquecedores de passagem e reservatórios de acumulação.

Nesses sistemas, um ou mais aquecedores de passagem produzem água quente, que é bombeada e armazenada em reservatórios, com ou sem aquecimento complementar.

A principal vantagem desse tipo de sistema é permitir maior flexibilidade de instalação, uma vez que os queimadores e os reservatórios podem ser instalados em locais diferentes.

A Figura 10 apresenta uma ilustração de um aquecedor conjugado, com a divisão típica entre o queimador ou queimadores (aquecedores de passagem) e o reservatório.

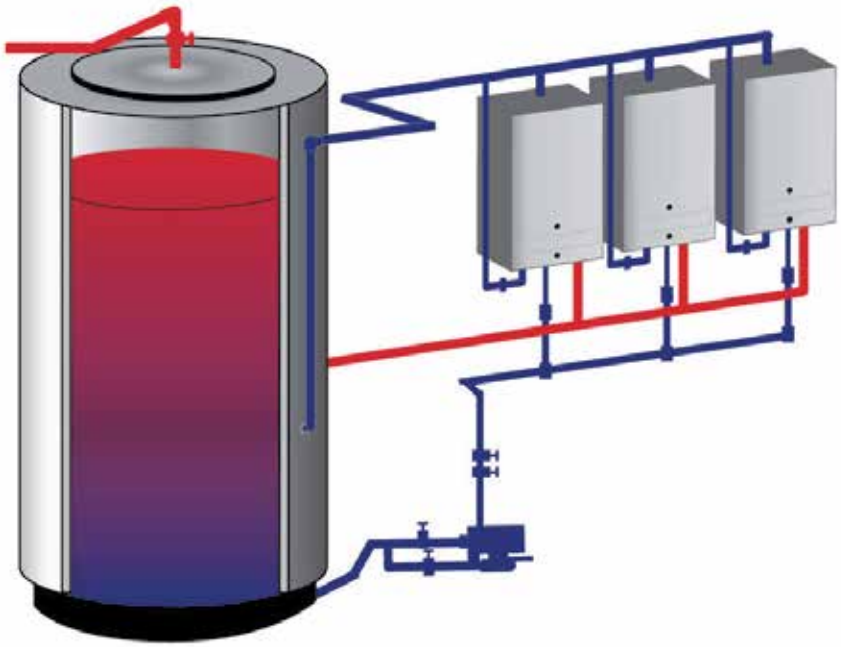


FIGURA 10 – AQUECEDOR CONJUGADO.

Sistemas solares

O sistema de aquecimento solar de água é caracterizado pelo seu principal equipamento: o coletor solar, responsável por transferir a radiação recebida do sol para o fluido que circula em seu interior.

Há no mercado diversos tipos e modelos de sistemas de aquecimento solar, com características específicas para aplicações residenciais, incluindo alguns para usos especiais, como, por exemplo, o aquecimento de piscinas.

Um sistema de aquecimento solar é constituído basicamente pelos seguintes elementos: coletor solar; reservatório térmico; sistema de aquecimento auxiliar; válvulas, termostatos e outros dispositivos de controle e segurança; e interligações hidráulicas.

O sistema pode ainda ser classificado de acordo com seu princípio de funcionamento (termossifão e circulação forçada) e tipo de sistema hidráulico (direto ou indireto).

A circulação de água por termossifão ocorre pela diferença de densidade entre a água fria e a água quente, entre os coletores e o reservatório. Já no sistema com circulação forçada, esse processo é comandado por uma bomba elétrica.

Em relação ao sistema hidráulico, o sistema direto é caracterizado pelo consumo da água quente produzida pelos coletores solares, enquanto que, no sistema indireto, um trocador de calor transfere o calor recebido pelo fluido que circula nos coletores.

As Figuras 11 e 12 apresentam esquemas típicos de sistema de aquecimento solar por termossifão e circulação forçada:

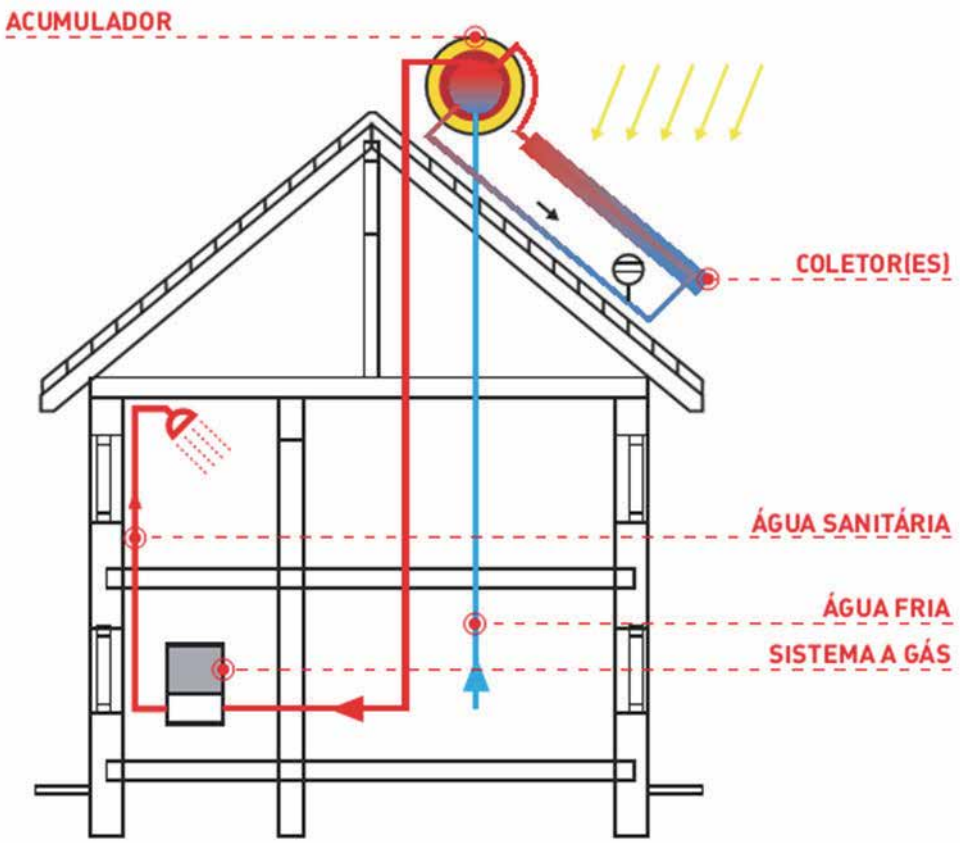


FIGURA 11 – ESQUEMA SIMPLIFICADO DE UM SISTEMA DE AQUECIMENTO SOLAR POR TERMOSSIFÃO.

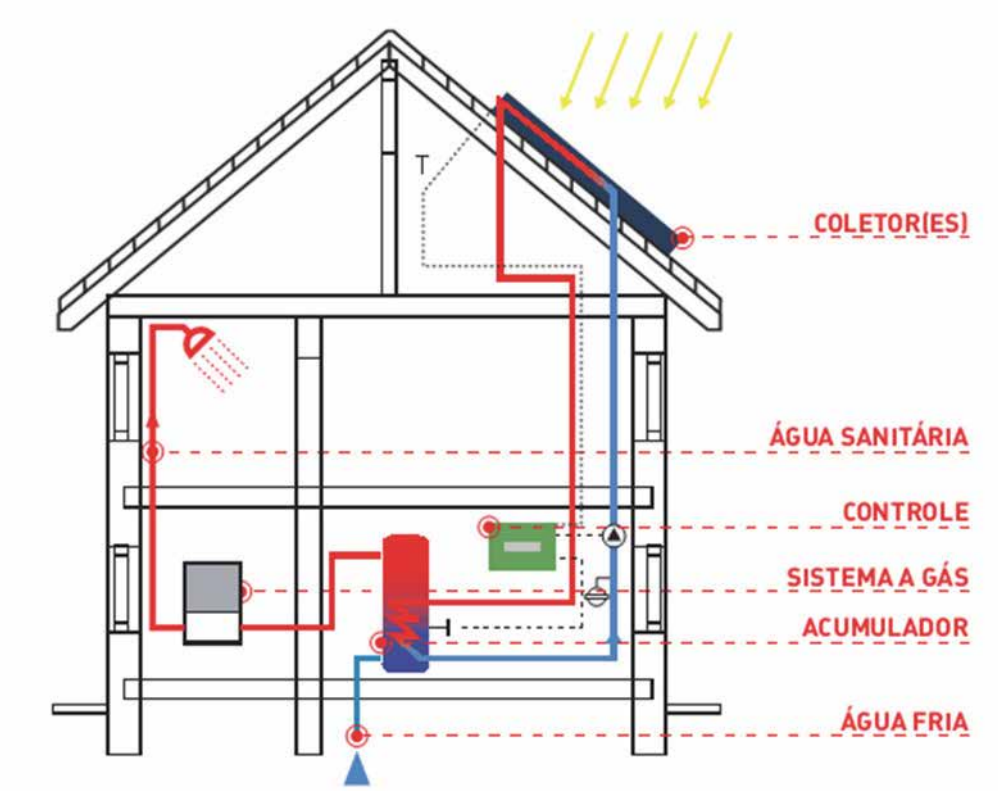


FIGURA 12 – ESQUEMA SIMPLIFICADO DE UM SISTEMA DE AQUECIMENTO SOLAR POR CIRCULAÇÃO FORÇADA.

Na Figura 13 são apresentadas ilustrações dos dois tipos de sistemas instalados em uma residência.

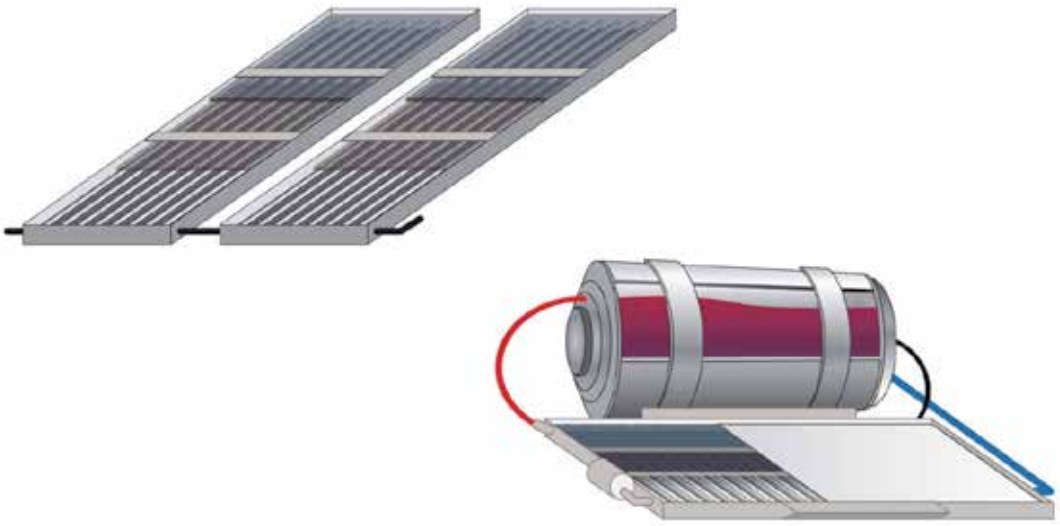


FIGURA 13 – AQUECIMENTO SOLAR POR TERMOSSIFÃO E CIRCULAÇÃO FECHADA.

Sistemas elétricos

Os aquecedores elétricos podem ser divididos em três tipos: de passagem, de acumulação e bomba de calor.

Aquecedor instantâneo ou de passagem

Os aquecedores elétricos de passagem ou instantâneos são instalados diretamente no ponto de uso, sendo compostos basicamente por uma resistência elétrica e um diafragma de borracha. Enquanto a resistência transforma por efeito Joule a corrente elétrica em calor, a função do diafragma é fechar o circuito elétrico, acionando a resistência automaticamente quando existe passagem de água.

O chuveiro elétrico é o tipo mais comum de aquecedor elétrico de passagem existente no Brasil. Introduzido no País em meados da década de 30, até hoje o equipamento é a forma mais comum de se aquecer água nas residências brasileiras.

Apesar da praticidade de instalação e do baixo custo, o principal problema dos chuveiros elétricos é a dificuldade em atender a demanda por conforto térmico em dias mais frios, obrigando os consumidores a reduzir a vazão para manter uma mesma temperatura de banho.

Além disso, a grande difusão do uso do chuveiro elétrico ocasiona picos de consumo de eletricidade na rede, exigindo investimentos das concessionárias e do setor público na expansão dos sistemas de transporte e distribuição da eletricidade.

Na Figura 14 apresenta-se uma ilustração de um chuveiro elétrico típico.

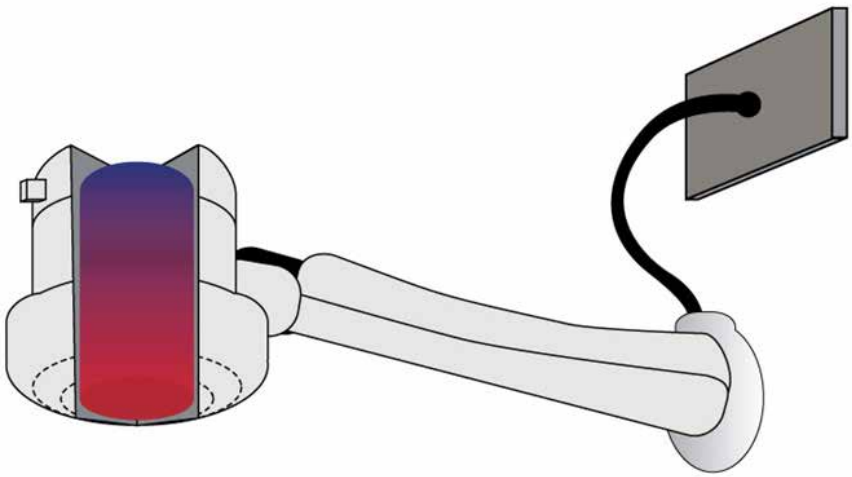


FIGURA 14 – CHUVEIRO ELÉTRICO COMUM.

Aquecedor por acumulação (boiler)

O princípio de funcionamento do aquecedor de acumulação elétrico é exatamente o mesmo do aquecedor de acumulação a gás: um reservatório com uma fonte que fornece calor ao volume de água armazenado.

Um termostato controla a temperatura da água quente armazenada, de acordo com uma temperatura estabelecida, ou através de um sistema de controle automático, que regula a temperatura em função da demanda programada. Também podem ser utilizados temporizadores, que ligam e desligam o aquecedor em determinados horários do dia.

A principal diferença entre os aquecedores de acumulação e os aquecedores de passagem elétricos são as potências de cada equipamento. Enquanto um chuveiro elétrico tem, em geral, potências entre 5000 e 7000 Watts, um aquecedor de acumulação elétrico apresenta potências da ordem dos 1000 a 2000 Watts. Os aquecedores de acumulação elétricos são encontrados em duas configurações: verticais e horizontais, como mostram as Figuras 15 e 16.

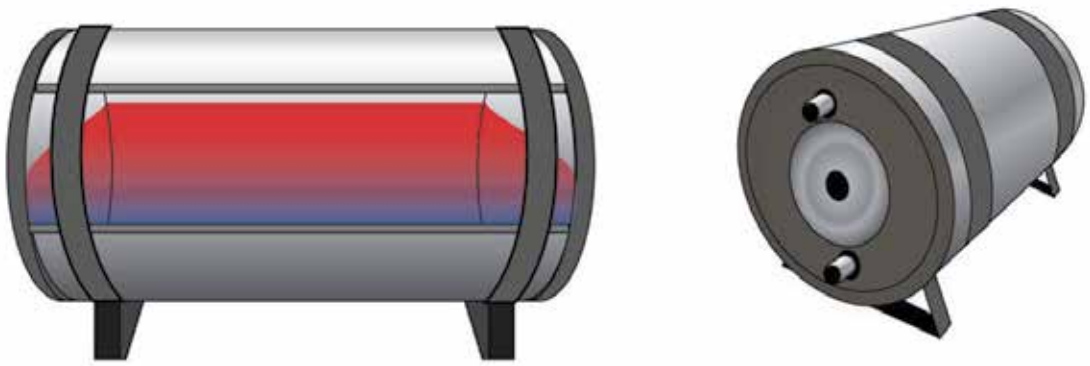


FIGURA 15 – AQUECEDOR DE ACUMULAÇÃO ELÉTRICO HORIZONTAL.

FIGURA 16 – AQUECEDOR DE ACUMULAÇÃO ELÉTRICO VERTICAL.

Bombas de calor

Uma bomba de calor apresenta o mesmo princípio de funcionamento de um ar-condicionado, retirando calor de um ambiente em menor temperatura e o transferindo para um ambiente com maior temperatura.

Na bomba de calor a eletricidade é utilizada para acionar um motor elétrico que comprime o fluído refrigerante. Através dos processos de condensação e vaporização do fluído é possível aproveitar o calor disponível no ambiente para aquecer a água fria da rede. A vaporização é possível graças a uma válvula de expansão, que reduz a pressão do fluído refrigerante.

O esquema de funcionamento de uma bomba de calor é apresentado na Figura 17:

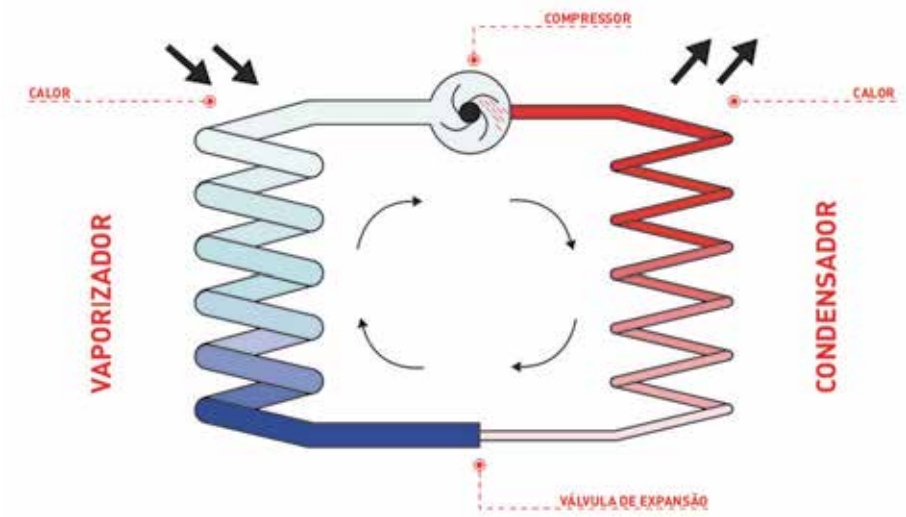


FIGURA 17 – ESQUEMA SIMPLIFICADO DE FUNCIONAMENTO DE UMA BOMBA DE CALOR.

A eficiência da bomba de calor é calculada através do chamado Coeficiente de Performance (COP), fator adimensional que relaciona o consumo de eletricidade à capacidade do equipamento de aproveitar o calor como energia útil. Devido a essa relação, o COP da bomba de calor é superior a 1, como ocorre com os aparelhos condicionadores de ar.

A Figura 18 apresenta uma ilustração do equipamento:

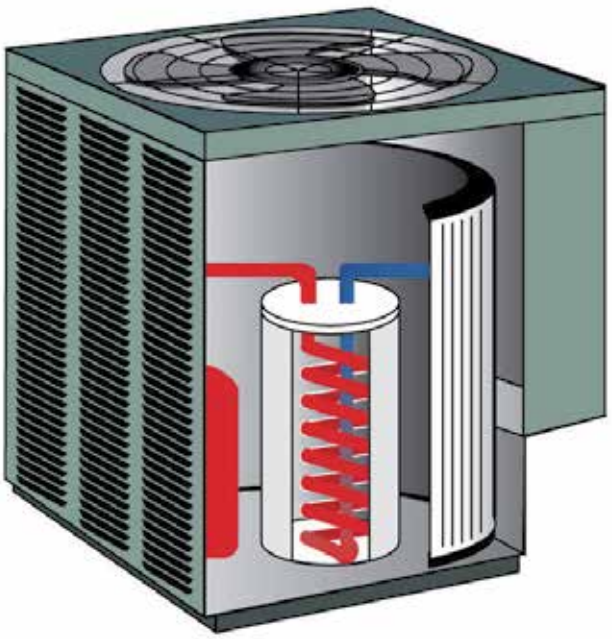


FIGURA 18 – BOMBA DE CALOR.

Sistemas a combustíveis líquidos

A produção de água quente a partir dos combustíveis líquidos, como óleo combustível ou outros derivados do petróleo, como o óleo diesel, é possível através da utilização de caldeiras. Nesses equipamentos a queima do combustível é realizada em um queimador, utilizado para elevar a temperatura da água até o ponto necessário.

A utilização de caldeiras é mais comum em plantas industriais e em edificações comerciais com altas demandas de água quente, como hotéis e hospitais.

A Figura 19 apresenta uma ilustração desse tipo de equipamento:

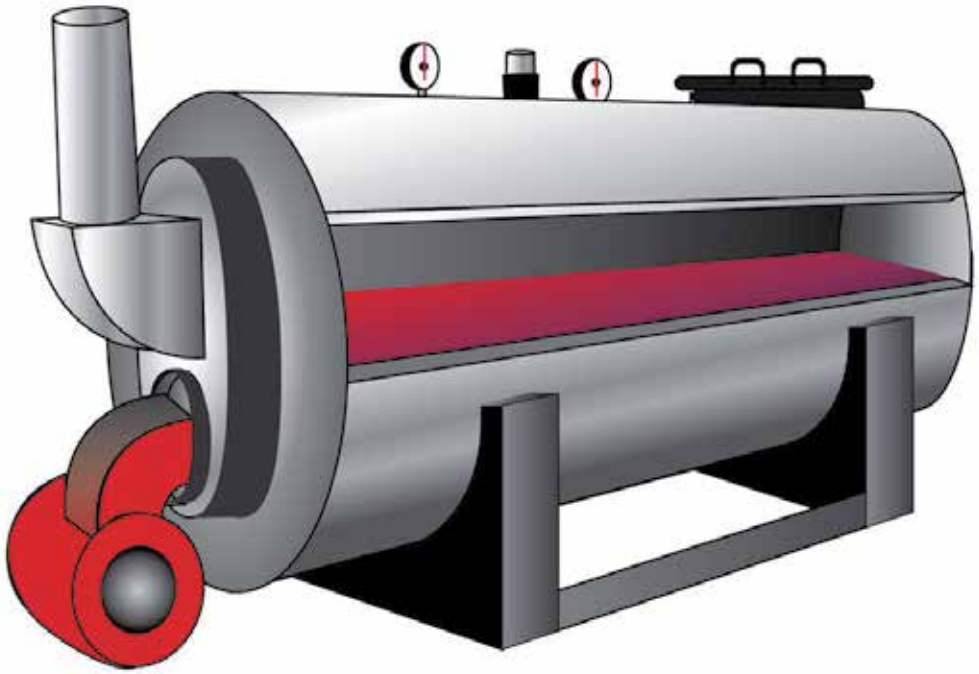


FIGURA 19 – CALDEIRA A GÁS NATURAL PARA PRODUÇÃO DE VAPOR SUPERAQUECIDO.

Avaliação da eficiência do aquecimento de água a gás

Detalhamento do processo de avaliação

Fazem parte do Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) os programas de avaliação da conformidade que utilizam a Etiqueta Nacional de Conservação da Energia (ENCE) para prestar informações sobre o desempenho dos produtos no que diz respeito à eficiência energética.

Os programas do PBE são coordenados em parceria com o Programa Nacional da Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural (Conpet) e com o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (Procel), duas iniciativas governamentais operacionalizadas, respectivamente, pela Petrobras e pela Eletrobras, que dão prêmios aos produtos mais eficientes na etiquetagem do Inmetro.

A etiquetagem é uma forma de evidenciar, por meio da ENCE, o atendimento a requisitos mínimos de desempenho (e, em alguns casos, adicionalmente, também de segurança), estabelecidos em normas e regulamentos técnicos.

A ENCE classifica os equipamentos, veículos e edifícios em faixas coloridas, em geral de 'A" (mais eficiente) a 'E" (menos eficiente), e fornece outras informações relevantes.

A classificação da eficiência de uma edificação varia de A até E, de acordo com uma Pontuação Total (PT) calculada por diferentes equações para as edificações comerciais e residenciais. As equações relacionam diferentes variáveis para compor a pontuação. A variação do nível de eficiência segue a metodologia estabelecida pelo Inmetro, apresentada na Tabela 1.

TABELA 1 - CLASSIFICAÇÃO GERAL DO NÍVEL DE EFICIÊNCIA DA EDIFICAÇÃO DE ACORDO COM A PONTUAÇÃO TOTAL	
PONTUAÇÃO TOTAL (PT)	CLASSIFICAÇÃO
≥ 4,5 a 5	A
≥ 3,5 a < 4,5	B
≥ 2,5 a < 3,5	C
≥ 1,5 a < 2,5	D
< 1,5	E

O processo de avaliação das edificações é composto por três critérios:

(1) pré-requisitos;

(2) nível de eficiência dos sistemas individuais, e

(3) bonificações.

Os pré-requisitos apenas punem o nível de eficiência, reduzindo a pontuação total quando não são atingidos. Eles podem ser divididos em gerais e específicos: os primeiros se aplicam ao nível de eficiência da edificação, enquanto os específicos se aplicam ao nível de eficiência dos sistemas individuais.

Os sistemas individuais representam diferentes elementos que compõem uma edificação e são avaliados de forma diferente para as edificações residenciais e comerciais. Nas edificações residenciais avalia-se envoltória e sistema de aquecimento de água, enquanto nas edificações comerciais avalia-se envoltória, sistema de iluminação e sistema de condicionamento de ar.

Finalmente, existem ainda diferentes bonificações que podem ser obtidas para elevar o valor da Pontuação Total e, consequentemente, o nível de eficiência da edificação. As bonificações são diferentes para os edifícios residenciais e comerciais e podem ser consultadas na íntegra nos RTQs.

O processo de avaliação dos sistemas de aquecimento de água também se dá de forma diferente para as edificações comercias e residenciais. Nas primeiras, os sistemas de aquecimento de água são avaliados como pré-requisito, enquanto nas edificações residenciais são considerados como sistemas individuais.

Há também diferenças na forma como as informações são apresentadas nas Etiquetas Nacionais de Conservação de Energia (ENCE): as edificações comerciais recebem a ENCE apresentada na Figura 20, enquanto as edificações residenciais recebem a ENCE apresentada na Figura 21.

FIGURA 20 – ENCE COMPLETA PARA EDIFICAÇÕES COMERCIAIS.

FIGURA 21 – ENCE COMPLETA PARA EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS.

No caso das edificações residenciais, cada apartamento ou residência, caracterizado como Unidade Habitacional Autônoma (UH), também recebe uma ENCE com a avaliação dos sistemas individuais, como mostra a Figura 22.

FIGURA 22 – ENCE COMPLETA PARA UNIDADE HABITACIONAL AUTÔNOMA.

Por fim, também podem ser etiquetadas as áreas comuns das unidades multifamiliares, com a avaliação dos seguintes sistemas individuais: envoltória, iluminação artificial, bombas centrífugas, elevadores, equipamentos, aquecimento de água e sauna.

O impacto do sistema de aquecimento de água no nível de eficiência da edificação

Os sistemas de aquecimento de água podem favorecer ou punir o nível de eficiência de uma edificação. Para demonstrar como esse processo ocorre na prática, foram elaboradas tabelas de consulta dos níveis máximos de eficiência a partir dos energéticos utilizados para as edificações residenciais e comerciais.

A primeira tabela relaciona as diferentes fontes de energia com o nível máximo de eficiência possível de ser atingido para o Equivalente Numérico do Sistema de Aquecimento de Água (EqNumAA), enquanto a segunda relaciona o nível de eficiência total da edificação em função dos valores obtidos para o EqNumAA.

As Tabelas 2 a 4 apresentam o nível máximo possível de ser atingido por cada fonte de energia e por cada fonte de energia em combinação com outra fonte complementar (como sistema solar com complementação a gás, por exemplo) em edificações residenciais e comerciais, respectivamente.

TABELA 2 – NÍVEL MÁXIMO DE EFICIÊNCIA POSSÍVEL DE SER ATINGIDO EM FUNÇÃO DA FONTE DE ENERGIA UTILIZADA

EDIFICAÇÃO RESIDENCIAL

–	Gás	Eletricidade (bomba de calor)	Eletricidade (resistência)	Solar	Óleo
Gás	A	A	–	A	–
Eletricidade (bomba de calor)	A	A*	–	A	–
Eletricidade (resistência)	–	–	D	A (70% Fração Solar) / B (60% FS) / C (50% FS) / D (< 50% FS)	–
Solar	A	A	A (70% Fração Solar) / B (60% FS) / C (50% FS) / D (< 50% FS)	A*	–
Óleo	–	–	–	–	E

* Desde que 100% da demanda atual de água quente seja atendida.

Observa-se que o uso do gás sempre permitirá obter Nível A, desde que os pré-requisitos, a eficiência dos equipamentos e os limites de dimensionamento sejam atendidos.

A utilização de sistema solar e bomba de calor, em teoria, também permite a obtenção do Nível A, desde que esses sistemas atendam a 100% da demanda anual por água quente. No entanto, na prática, edificações multifamiliares dificilmente terão condições mínimas para que esses sistemas atendam 100% da demanda. Nesses casos, o uso do gás combustível como complemento permite a obtenção do Nível A.

Adicionalmente, o Gás LP devido sua portabilidade, permite ao consumidor dimensionar o complemento adequado, eliminando o risco de interrupção no consumo do energético.

Uma vez obtido o Nível A no EqNumAA, pode-se analisar como esse resultado impacta no nível total de eficiência da edificação, partindo da premissa de que a envoltória apresenta um nível de eficiência médio, que não se altera nas comparações. Os resultados são apresentados na Tabela 3:

TABELA 3 – NÍVEL MÁXIMO DE EFICIÊNCIA POSSÍVEL DE SER ATINGIDO PELA EDIFICAÇÃO EM FUNÇÃO DO NÍVEL DE EFICIÊNCIA DOS SISTEMAS INDIVIDUAIS		
EDIFICAÇÃO RESIDENCIAL		
Sistema parcial	**Nível de eficiência dos sistemas individuais**	**Nível de eficiência da edificação**
Envoltória	C (EqNumEnv = 3)	D
Aquecimento de água	E (EqNumEnv = 1)	
Envoltória	C (EqNumEnv = 3)	B
Aquecimento de água	A (EqNumEnv = 5)	

Analisando a Tabela 3, nota-se que o nível de eficiência do sistema de aquecimento de água pode elevar consideravelmente o nível de eficiência total da edificação, sem que alterações sejam realizadas na envoltória. Esse é um ponto importante, pois alterações na envoltória são mais complexas e muitas vezes inviáveis, de acordo com a fase em que está o projeto.

A Tabela 4 apresenta o nível máximo possível de ser atingido por cada fonte de energia em uma edificação comercial.

TABELA 4 – NÍVEL MÁXIMO DE EFICIÊNCIA POSSÍVEL DE SER ATINGIDO EM FUNÇÃO DA FONTE DE ENERGIA UTILIZADA				
EDIFICAÇÃO COMERCIAL				
–	**Gás LP**	**Eletricidade (bomba de calor)**	**Eletricidade (resistência)**	**Solar**
Gás LP	A	A	–	A
Eletricidade (bomba de calor)	A	A*	–	A
Eletricidade (resistência)	–	–	C	A (>70% Fração Solar)
Solar	A	A	A (>70% Fração Solar)	A*

* Desde que 100% da demanda atual de água quente seja atendida.

Os valores encontrados são semelhantes às edificações residenciais, porém, o nível máximo possível de ser obtido pelo uso de sistemas elétricos resistivos é maior. Em contraponto, o Nível A para sistemas solares com *backup* resistivo é mais difícil de ser obtido, uma vez que se exige Fração Solar (FS) superior a 70%.

A Tabela 5, similarmente ao apresentado na Tabela 3 para edificações residenciais, mostra o impacto da avaliação do pré-requisito da água quente em relação ao nível de eficiência dos sistemas individuais para as edificações comerciais. Parte-se do princípio de que todos os demais sistemas individuais (envoltória, iluminação e condicionamento de ar) possuem níveis máximos de eficiência e apenas o sistema de água quente tem seu nível alterado.

TABELA 5 – NÍVEL DE EFICIÊNCIA MÁXIMA POSSÍVEL DE SER ATINGIDO PELA EDIFICAÇÃO EM FUNÇÃO DO NÍVEL DE EFICIÊNCIA DOS SISTEMAS INDIVIDUAIS		
EDIFICAÇÃO COMERCIAL		
Sistema parcial / Pré-requisito	**Nível de eficiência dos sistemas individuais**	**Nível de eficiência da edificação**
Envoltória	A (EqNumEnv = 5)	C
Iluminação	A (EqNumEnv = 5)	
Ar-condicionado	A (EqNumEnv = 5)	
Aquecimento de água	C (Pré-requisito)	
Envoltória	A (EqNumEnv = 5)	A
Iluminação	A (EqNumEnv = 5)	
Ar-condicionado	A (EqNumEnv = 5)	
Aquecimento de água	A (EqNumEnv = 5)*	

* Nas edificações comerciais, os sistemas de aquecimento de água são avaliados como pré-requisito (válido apenas para casos específicos, que tenham uso expressivo de água aquecida).

A avaliação do sistema de água quente não é ponderada em função dos demais sistemas individuais. Sua avaliação como pré-requisito impacta o nível de eficiência total da edificação, independentemente dos valores positivos obtidos para a envoltória, a iluminação e o condicionamento de ar.

Nota-se que o pré-requisito de água quente tem um impacto significativo, reduzindo o nível total de eficiência de A para C, independentemente do nível máximo de eficiência obtido nos sistemas individuais.

Detalhamento da avaliação das edificações residenciais

O nível de eficiência do sistema de aquecimento de água pode ser determinado de três formas:

(1) o maior entre os equivalentes numéricos dos sistemas a gás, solar ou bomba de calor, quando existir mais de um sistema.

(2) o equivalente numérico do sistema solar com suporte elétrico, caso uma Fração Solar mínima de 70% seja alcançada.

(3) a combinação das porcentagens referentes à demanda por água quente, multiplicadas pelos equivalentes numéricos de cada sistema de aquecimento.

De forma geral, a avaliação do sistema de aquecimento de água representa 35% do nível final de eficiência da edificação. Apenas nas regiões Norte e Nordeste esse percentual pode ser reduzido para 5% e 10%, respectivamente, caso não existam sistemas de aquecimento de água instalados nas edificações. No entanto, a falta de um equipamento de aquecimento restringe a eficiência ao Nível E, uma vez que essa escolha por parte do construtor impõe aos futuros moradores a instalação do chuveiro elétrico.

Cada sistema de aquecimento de água é tratado em particular pelo RTQ-R, com diferentes parâmetros e métodos de dimensionamento, que variam de acordo com o nível de eficiência que se deseja obter.

Para os sistemas de aquecimento de água a gás, o nível de eficiência será determinado pelo nível de eficiência do aquecedor instalado, de acordo com sua respectiva classificação no Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE). Aquecedores não etiquetados devem atender exigências mínimas retiradas da Norma 90.1 da ASHRAE e apresentadas na Tabela 6.

TABELA 6 – EFICIÊNCIA MÍNIMA DE AQUECEDORES A GÁS PARA CLASSIFICAÇÃO NOS NÍVEIS A E B

Tipo de equipamento	Categoria em função da Potência (kW)	Subcategoria em função da potência/volume de armazenamento (kW/L)	Eficiência térmica (Et) requerida	Procedimento de teste
Aquecedor a gás do tipo instantâneo	≥ 59	-	Et ≥ 80,0 (%)	ANSI Z21.10.3
Sistema de acumulação individual	> 22	< 0,31	Et ≥ 80,0 (%) SL ≤ [(Q*3412,14)/800+ 100*√(V/3,7854)]* 2,931*10^{-4} (kW)	ANSI Z21.10.3

Q = Potência nominal (kW);
V = Volume nominal (litros);
Et = Eficiência térmica (%) – requisito mínimo;
SL = Perdas em *stand by* (kW) – valor máximo.

Os aquecedores devem ser instalados em locais com ventilação adequada e proteção contra intempéries. Quando existirem reservatórios de água quente, os mesmos devem possuir isolamento térmico com resistência mínima de 2,20 (m^2K)/W. Além disso, recomenda-se que as instalações sejam realizadas por instaladores integrantes do Programa Qualinstal Gás.

Em relação às tubulações de água quente, exige-se que todas possuam isolamento térmico com espessura determinada de acordo com a condutividade térmica e o comprimento da tubulação. Para tubulações não metálicas, deve-se usar no mínimo 1 cm de isolante para condutividades entre 0,032 e 0,040 W/m.K. Para tubulações metálicas, deve-se usar os valores da Tabela 7.

TABELA 7 - ESPESSURA MÍNIMA (CM) DE ISOLAMENTO DE TUBULAÇÕES PARA AQUECIMENTO DE ÁGUA

TEMPERATURA DA ÁGUA (OC)	CONDUTIVIDADE DO ISOLAMENTO		DIÂMETRO NOMINAL DA TUBULAÇÃO (MM)	
	Condutividade térmica (W/m.K)	**Temperatura de ensaio (ºC)**	**< 40**	**≥ 40**
T ≥ 38	0,032 a 0,040	38	1,0 cm	2,5 cm

Para tipos de isolantes com condutividade térmica fora da faixa estipulada, o regulamento determina o uso da equação abaixo:

$$E = r\left\{(1 + \frac{e}{r})^{\frac{\lambda}{\lambda'}} - 1\right\}$$

Onde,

E: Espessura mínima de isolamento (cm);

r: raio externo da tubulação (cm);

e: espessura de isolamento listada nesta tabela para a temperatura do fluido e tamanho da tubulação em questão (cm);

λ: condutividade do material alternativo à temperatura média indicada para a temperatura do fluido (W/m.K);

λ': valor superior do intervalo de condutividade listado nesta tabela para a temperatura do fluido.

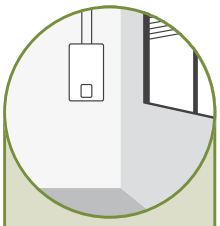
O dimensionamento dos sistemas a gás deve ser realizado de forma que a potência do sistema de aquecimento e o volume de armazenamento estejam dentro de uma variação de 20% dos cálculos de dimensionamento propostos. O princípio do dimensionamento é partir da determinação da demanda por água quente para obter a potência do(s) equipamento(s) e do(s) volume(s) dos reservatório(s) (quando existentes). Os cálculos de dimensionamento são apresentados no Anexo 2.

Tabela resumo

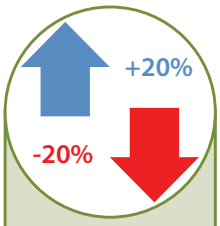
De forma resumida, devem ser atendidos os seguintes pré-requisitos para obtenção do Nível A de eficiência para os sistemas de aquecimento de água a gás das edificações residenciais:

Edificações residenciais

Aquecedor entregue instalado com ENCE Nível A no PBE ou equivalente.[1]

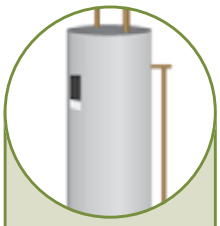


Aquecedor instalado em local protegido permanentemente contra intempéries e com ventilação adequada.[2]



Potência do aquecedor e volume de armazenamento dentro das faixas do cálculo de dimensionamento.[3]

Tubulações de água quente metálicas e não-metálicas isoladas termicamente.[4]



Reservatórios de água quente com isolamento térmico adequado.[5]

1. De acordo com a Tabela 6.
2. Conforme as normas ABNT NBR 15526:2012 e 13523:2008.
3. De acordo com o Anexo 2.
4. De acordo com a Tabela 7.
5. O isolamento deve apresentar resistência térmica mínima de 2,20 (m^2k)/W.

Detalhamento da avaliação das edificações comerciais

Os pré-requisitos gerais para o sistema de aquecimento de água nas edificações comerciais só se aplicam a edificações com consumo representativo de água quente, como academias, clubes, hospitais, restaurantes e edifícios destinados à hospedagem (como hotéis, pousadas, motéis etc.). As edificações com usos mistos também devem ter o sistema de aquecimento de água avaliado, caso esse represente percentual igual ou maior a 10% do consumo de energia.

Para atingir o Nível A na avaliação do aquecimento de água, a edificação deve possuir sistema de aquecimento a gás, solar ou a bomba de calor capaz de atender 100% da demanda por água quente, enquanto que, para atingir o Nível B, esses mesmos sistemas devem atender no mínimo 70% da demanda. Edificações que possuam apenas sistemas elétricos resistivos para aquecimento de água são restritas ao Nível C de eficiência.

Os aparelhos a gás instantâneos devem possuir ENCE Nível A e ser instalados em locais com ventilação adequada e proteção contra intempéries. As caldeiras a gás devem atender eficiências mínimas de acordo com a Tabela 8.

TABELA 8 – EFICIÊNCIA MÍNIMA DE AQUECEDORES A GÁS

Tipo de Equipamento	Categoria em função da Potência (kW)	Subcategoria em função da potência/volume de armazenamento (kW/L)	Eficiência térmica (Et) requerida	Procedimento de teste
Aquecedor a gás do tipo instantâneo	≥ 59	-	Et ≥ 80,0 (%)	ANSI Z21.10.3
Sistema de acumulação individual	> 22	< 0,31	Et ≥ 80,0 (%) SL ≤ [(Q*3412,14)/800+ 100*√(V/3,7854)]* 2,931*10^{-4} (kW)	ANSI Z21.10.3

Q = Potência nominal (kW);
V = Volume nominal (litros);
Et = Eficiência térmica (%) – requisito mínimo;
SL = Perdas em *stand by* (kW) – valor máximo.

Por fim, exige-se que as tubulações possuam isolamento térmico com espessura determinada de acordo com a condutividade térmica e o comprimento da tubulação. Para tubulações não metálicas, deve-se usar no mínimo 1 cm de isolante para condutividades entre 0,032 e 0,040 W/m.K. Para tubulações metálicas deve-se usar os valores da Tabela 9.

TABELA 9 - ESPESSURA MÍNIMA (CM) DE ISOLAMENTO DE TUBULAÇÕES PARA AQUECIMENTO DE ÁGUA				
TEMPERATURA DA ÁGUA (ºC)	CONDUTIVIDADE DO ISOLAMENTO		DIÂMETRO NOMINAL DA TUBULAÇÃO (MM)	
	Condutividade térmica (W/m.K)	**Temperatura de ensaio (ºC)**	**< 40**	**≥ 40**
T ≥ 38	0,032 a 0,040	38	1,0 cm	2,5 cm

Para tipos de isolantes com condutividade térmica fora da faixa estipulada, o regulamento determina o uso da equação abaixo:

$$E = r\left\{(1 + \frac{e}{r})^{\frac{\lambda}{\lambda'}} - 1\right\}$$

Onde,

E: Espessura mínima de isolamento (cm);

r: raio externo da tubulação (cm);

e: espessura de isolamento listada nesta tabela para a temperatura do fluido e tamanho da tubulação em questão (cm);

λ: condutividade do material alternativo à temperatura média indicada para a temperatura do fluido (W/m.K);

λ': valor superior do intervalo de de condutividade listado nesta tabela para a temperatura do fluido.

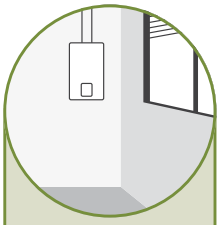
Havendo reservatórios de água quente (com exceção dos utilizados no sistema solar de aquecimento), estes também devem atender a padrões mínimos de condutividade térmica, sendo necessário comprovar que a estrutura apresenta resistência térmica mínima de 2,20 (m^2K)/W.

Tabela resumo

De forma resumida, devem ser atendidos os seguintes pré-requisitos para obtenção do Nível A de eficiência para os sistemas de aquecimento de água a gás das edificações comerciais:

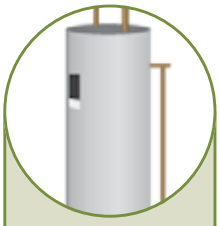
Edificações comerciais

Aquecedor entregue instalado com ENCE Nível A no PBE ou equivalente.[1]



Aquecedor instalado em local protegido permanentemente contra intempéries e com ventilação adequada.[2]

Potência do aquecedor e volume de armazenamento dentro das faixas do cálculo de dimensionamento.[3]



Reservatórios de água quente com isolamento térmico adequado.[4]

1. De acordo com a Tabela 8.
2. Conforme as normas ABNT NBR 15526:2012 e 13523:2008.
3. De acordo com a Tabela 9.
4. O isolamento deve apresentar resistência térmica mínima de 2,20 (m^2k)/W.

Estudos de caso e exemplos

Para exemplificar o processo de avaliação da eficiência dos edifícios descrito nesse guia, foram elaborados dois estudos de caso para cada tipo de edificação (comercial e residencial). Como edifícios residenciais, foram avaliados uma casa unifamiliar e um edifício de apartamentos. Como edifícios comerciais, foram avaliados um hotel e uma edificação com uso misto (escritório e academia).

Para avaliação, apenas o sistema de aquecimento de água foi considerado. Para os demais sistemas (envoltória, ar-condicionado, ventilação e iluminação) foram adotados valores máximos de eficiência, que correspondem ao Nível A.

Edificações residenciais

Como premissa para avaliação do sistema de aquecimento de água das edificações residenciais, foi considerado que a envoltória possui Nível A de eficiência e que os pré-requisitos gerais foram totalmente atendidos.

Residência unifamiliar

A Tabela 10 resume as características da residência unifamiliar selecionada para estudo de caso. São apresentadas apenas as informações necessárias para avaliação do sistema de aquecimento de água. Essas informações são fundamentais para dimensionamento do sistema de água quente e, a partir delas, podem ser obtidas as demais variáveis necessárias.

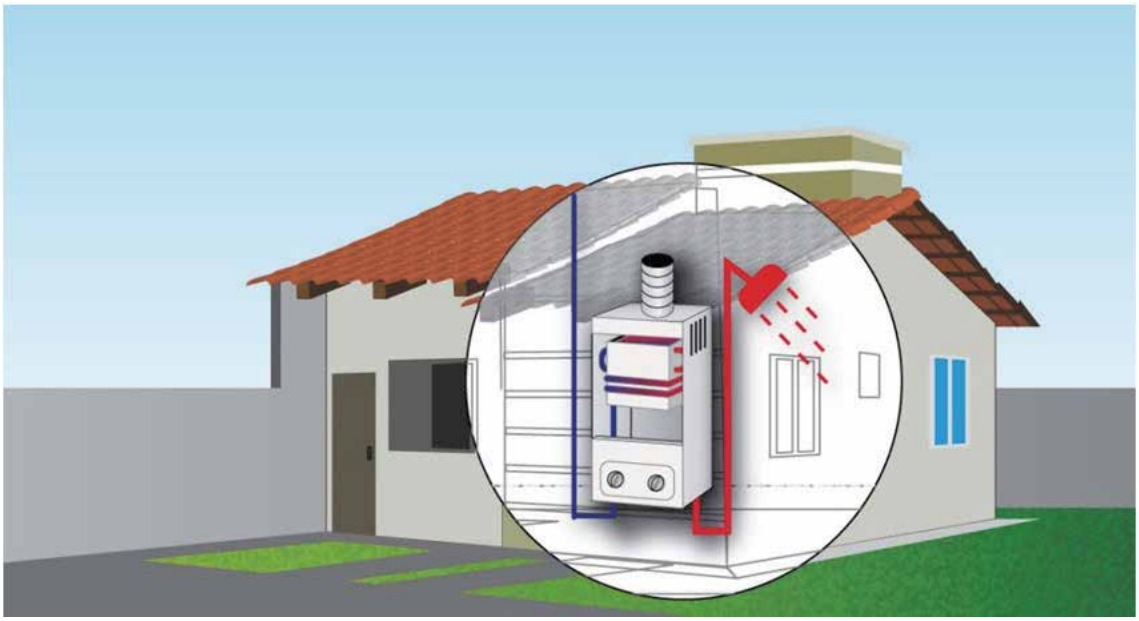


TABELA 10 – INFORMAÇÕES FUNDAMENTAIS PARA DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE ÁGUA QUENTE	
PREMISSAS	VALORES
Número de dormitórios	02
Número de dormitórios de dependências de serviço	00
Vazão do(s) equipamento(s) instalados (Litros/minuto)	10
Temperatura de consumo de utilização (°C)	40
Temperatura da água fria (°C)	20

Aplicando as informações da Tabela 10 na metodologia de dimensionamento apresentada para os aquecedores a gás do tipo instantâneo, foram obtidos os resultados da Tabela 11. Nota-se que, para o sistema receber nível máximo de eficiência, a potência do aquecedor selecionado deve estar entre a faixa dos 11,16 e 16,74 kW.

TABELA 11 – DIMENSIONAMENTO DA POTÊNCIA DO SISTEMA DE ÁGUA QUENTE				
RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR				
Aquecedor a gás do tipo instantâneo				
1) Vazões instantâneas de água quente				
Número de dormitórios sociais	02			
Número de dormitórios de dependências de serviço	00			
Quantidade de pessoas da UH	04			
2) Potência do aquecedor a gás do tipo instantâneo				
Vazão do(s) equipamento(s) instalados (litros/minuto)		10		
Vazão máxima de água demandada simultaneamente (litros/h)		600		
Temperatura de consumo de utilização (°C)		40		
Temperatura da água fria (°C)		20		
Potência útil do(s) aquecedor(es) (kW)		13,95	kW	
Variação de potência permitida pelo regulamento técnico (+ - 20%)		11,16	16,74	kW
		Mínima	Máxima	

Com base no cálculo de dimensionamento, foi escolhido um aquecedor instantâneo compatível com a demanda prevista. A partir dessa potência, buscou-se atender os demais requisitos estabelecidos pelo RTQ-R, que estão listados na Tabela 12:

TABELA 12 – REQUISITOS AVALIADOS PARA O SISTEMA DE AQUECIMENTO DE ÁGUA		
CARACTERÍSTICA CONSTRUTIVA	REQUISITO	STATUS
Tubulação de PEX para água quente	Isolamento térmico com espessura de 1 cm e condutividade térmica entre 0,032 e 0,040 W/mK	Atendido
Aquecedor instantâneo a gás	Equipamento com Nível A de eficiência no PBE	Atendido
	Equipamento instalado em local protegido permanentemente contra intempéries e com ventilação adequada	Atendido
	Equipamento com potência dentro da faixa limite estabelecida	Atendido

Uma vez que os requisitos estabelecidos pelo RTQ-R são atendidos, o sistema de aquecimento de água recebe o Nível A de eficiência como sistema individual. Esse nível representa um Equivalente Numérico do Sistema de Aquecimento de Água (EqNumAA) com valor 5. O Equivalente Numérico do Aquecimento de Água é então aplicado na equação disponível no Anexo 2 para determinação do nível de eficiência da edificação como um todo.

Partindo da premissa de que a envoltória possui nível máximo de eficiência, a residência receberá uma ENCE com Nível A de eficiência, como a apresentada na Figura 23.

FIGURA 23 – ENCE COM NÍVEL A OBTIDA PELA RESIDÊNCIA.

Edifício multifamiliar

Para avaliação da edificação multifamiliar, cada Unidade Habitacional (UH) deve ser avaliada separadamente, sendo o nível final de eficiência atribuído a uma média ponderada dos níveis obtidos para as UHs em relação às suas respectivas áreas úteis.

Esse procedimento é importante, uma vez que o nível de eficiência da envoltória pode variar significativamente em cada UH, devido à orientação do edifício, localização das fachadas etc. Para avaliação dos sistemas de aquecimento de água, essa informação é menos relevante, uma vez que os sistemas adotados normalmente são iguais para todos os apartamentos.

Para a edificação em análise, parte-se das informações apresentadas na Tabela 13, que resumem as informações necessárias para avaliação do sistema de aquecimento de água.

TABELA 13 – INFORMAÇÕES FUNDAMENTAIS PARA DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE ÁGUA QUENTE

PREMISSAS	VALORES
Número de pavimentos	08
Número de apartamentos por andar	04
Número total de apartamentos	32
Número de dormitórios por apartamento	03
Número de dormitórios de dependências de serviço	01
Volume total de água quente consumido por pessoa (litros/dia)	150
Temperatura de consumo de utilização (°C)	40
Temperatura de armazenamento da água (°C)	60
Temperatura da água fria (°C)	20

Aplicando-se as informações da Tabela 13 na metodologia de dimensionamento apresentada anteriormente para o sistema central coletivo, foram obtidos os resultados da Tabela 14.

TABELA 14 – DIMENSIONAMENTO DA POTÊNCIA DO SISTEMA DE ÁGUA QUENTE				
RESIDÊNCIA MULTIFAMILIAR				
Sistema central coletivo				
1) Vazões instantâneas de água quente				
Número de dormitórios sociais	3			
Número de dormitórios de dependências de serviço	1			
Quantidade de pessoas da UH	7			
2) Volume diário de água quente armazenada				
Volume total de água quente consumido por pessoa na edificação (litros/dia)	150			
Volume total de água quente consumido diariamente na edificação (litros/dia)	33600			
Temperatura de consumo de utilização (°C)	40			
Temperatura de armazenamento da água (°C)	60			
Temperatura da água fria (°C)	20			
Volume diário consumido de água quente armazenada (litros)	16800			
3) Volume de pico de água quente				
Volume máximo de água quente consumido em uma hora no período de maior consumo (litros)	7500			
4) Volume mínimo de água quente armazenada				
Fator de minoração		0,20		
Volume necessário para recuperação do sistema na hora mais crítica (litros/h)		1500		
Variação do volume armazenado permitida pelo regulamento técnico (+ - 20%)		1200	1800	litros
5) Potência dos aquecedores				
Volume necessário para recuperação do sistema na hora mais crítica (litros/h)		1500		
Temperatura de armazenamento da água (°C)		60		
Temperatura da água fria (°C)		20		
Potência útil do(s) aquecedor(es) (kW)		69,77	kW	
Variação de potência permitida pelo regulamento técnico (+ - 20%)		55,82	83,72	kW
		Mínima	Máxima	

Com base no cálculo de dimensionamento foram selecionados os equipamentos para compor o sistema conjugado previsto no projeto: um reservatório com 1500 litros e três aquecedores de passagem com potência de 26,5 kW cada[2].

Uma vez que o sistema escolhido atende as exigências para o volume do reservatório e potência dos aquecedores, previstas na metodologia de dimensionamento, buscou-se atender os demais requisitos estabelecidos pelo RTQ-R, que estão listados na Tabela 15.

TABELA 15 – REQUISITOS AVALIADOS PARA O SISTEMA DE AQUECIMENTO DE ÁGUA

CARACTERÍSTICA CONSTRUTIVA	REQUISITO	STATUS
Tubulação metálica para água quente (diâmetro de até 40 mm)	Isolamento térmico com espessura de 1 cm e condutividade térmica entre 0,032 e 0,040 W/mK	Atendido
Tubulação metálica para água quente (diâmetro maior que 40 mm)	Isolamento térmico com espessura de 2,5 cm e condutividade térmica entre 0,032 e 0,040 W/mK	Atendido
Aquecedores instantâneos a gás	Equipamento com Nível A de eficiência no PBE	Atendido
	Equipamento instalado em local protegido permanentemente contra intempéries e com ventilação adequada	Atendido
	Equipamento com potência dentro da faixa limite estabelecida	Atendido
Reservatório de água quente	Estrutura do reservatório com resistência térmica mínima de 2,20 $(m^2K)/W$	Atendido
	Equipamento com volume dentro da faixa limite estabelecida	Atendido

Uma vez que os requisitos estabelecidos pelo RTQ-R são atendidos, o sistema de aquecimento de água recebe o Nível A de eficiência como sistema individual. Esse nível representa um Equivalente Numérico do Sistema de Aquecimento de Água (EqNumAA) com valor 5. O Equivalente Numérico do Aquecimento de Água é, então, aplicado na equação disponível no Anexo 2 para determinação do nível de eficiência das Unidades Habitacionais.

Partindo da premissa de que a envoltória possui nível máximo de eficiência, cada Unidade Habitacional receberá uma ENCE com Nível A de eficiência, como a apresentada na Figura 24.

2. É comum a instalação de mais um aquecedor de passagem com a função de atender a demanda de água quente na eventualidade de algum dos outros equipamentos apresentarem problemas. Caso o aquecedor de backup esteja previsto em projeto, sua existência deve ser informada à certificadora, para evitar erros na avaliação do cálculo de dimensionamento.

FIGURA 24 – ENCE COM NÍVEL A OBTIDA PARA CADA UH.

Ponderando os níveis de eficiência de cada UH por suas respectivas áreas úteis e assumindo que todas as UHs da edificação obtiveram nível A de eficiência para a envoltória, a edificação recebe a ENCE com Nível A de eficiência apresentada na Figura 25.

FIGURA 25 – ENCE COM NÍVEL A OBTIDA PARA A EDIFICAÇÃO.

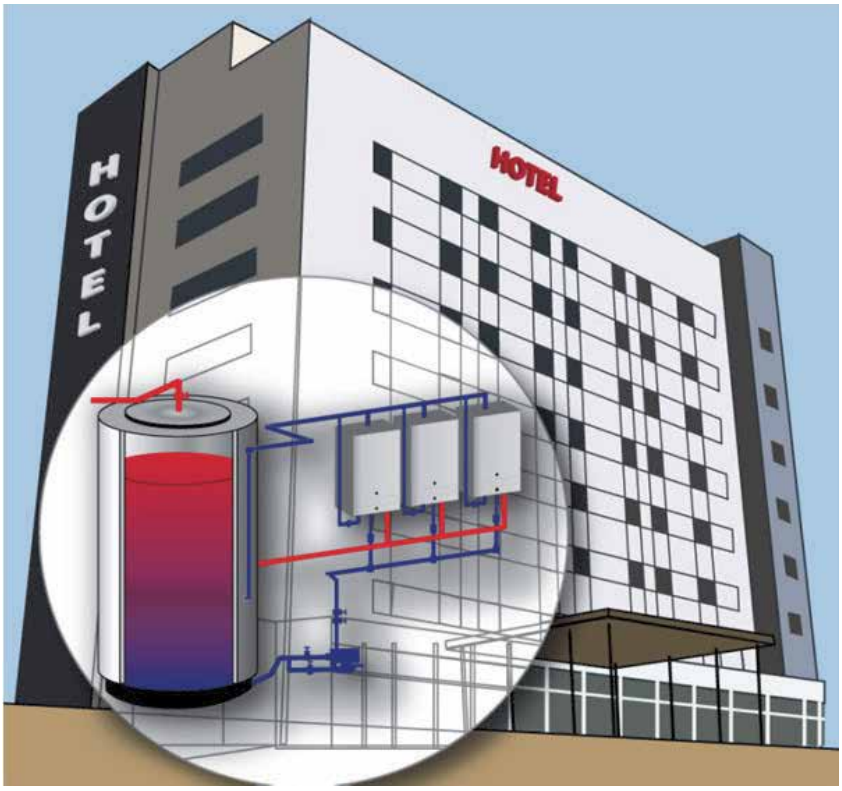
Edificações comerciais

Conforme dito anteriormente, os sistemas individuais de envoltória, iluminação, ar-condicionado e ventilação foram considerados de Nível A como premissas para avaliação do sistema de aquecimento de água.

Além disso, foi também considerado que os pré-requisitos gerais (com exceção do sistema de aquecimento de água) foram totalmente atendidos.

Hotel

De acordo com o RTQ-C, os hotéis fazem parte da lista de edificações comerciais que possuem elevada demanda por água quente e, dessa forma, devem ter seus sistemas de aquecimento de água avaliados.



A Tabela 16 apresenta os dados de um hotel em análise, contendo apenas as informações necessárias para avaliação do sistema de aquecimento de água.

TABELA 16 – INFORMAÇÕES NECESSÁRIAS PARA AVALIAÇÃO DO SISTEMA DE ÁGUA QUENTE

PREMISSAS	VALORES
Tipo do sistema de água quente	Central coletivo
Equipamentos	Reservatório de acumulação e aquecedores de passagem
Aquecedores	Nível A no PBE
Reservatório	Reservatório com resistência térmica de 2,20 (m^2K/W), de acordo com o fabricante
Tipo da tubulação	Não-metálica com multicamada específica para água quente
Isolamento térmico das tubulações	Isolamento de 1 cm com condutividade térmica de 0,032 W/m.K em toda a tubulação de água quente

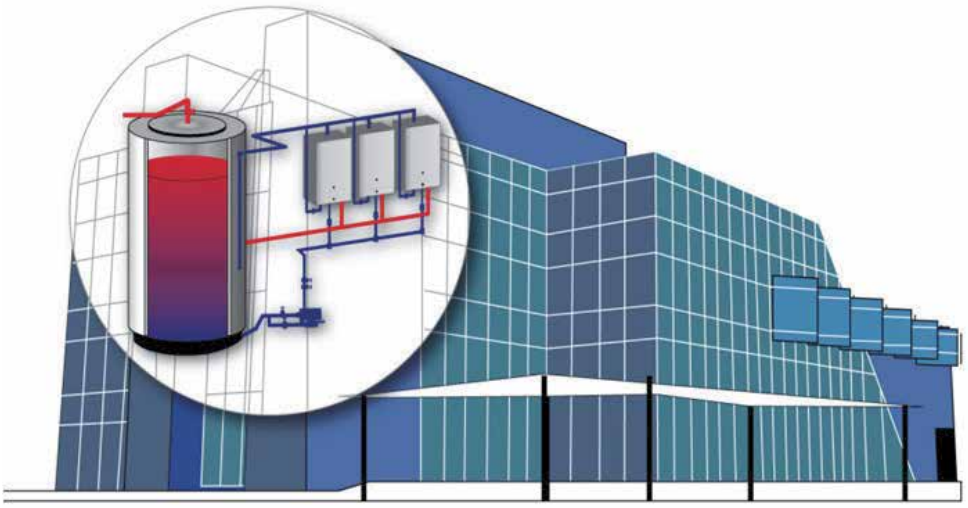
O tipo de sistema e os equipamentos utilizados no projeto de aquecimento de água atendem aos pré-requisitos estipulados pelo RTQ-C para o Nível A de eficiência, o que significa que o valor de eficiência encontrado para toda a edificação (considerando a envoltória, o sistema de iluminação e o sistema de condicionamento de ar) será mantido. Considerando a premissa de que os sistemas individuais possuem nível máximo de eficiência, os resultados permitem a obtenção da ENCE com Nível A, como apresentada na Figura 26.

FIGURA 26 – ENCE COM NÍVEL A OBTIDA PELO HOTEL.

Edificação com uso misto

A edificação com uso misto analisada é um prédio de lojas com três andares, com uma academia no terceiro andar. A academia possui vestiários para banho e sauna.

O regulamento técnico define que, para avaliar o sistema de aquecimento de água, o mesmo deve possuir um consumo de energia superior a 10% do consumo anual total de energia da edificação.



Como a edificação ainda não está construída e, portanto, não existem dados de medição, não é possível avaliar o consumo de energia dos sistemas. Para determinar se a edificação deve ou não ter seu sistema de aquecimento de água avaliado, foi comparada a potência instalada em projeto do sistema de aquecimento de água com as potências instaladas dos sistemas de iluminação e condicionamento de ar.

A Tabela 17 apresenta as potências instaladas de cada sistema da edificação:

TABELA 17 – POTÊNCIA INSTALADA DOS SISTEMAS DA EDIFICAÇÃO

SISTEMA	POTÊNCIA INSTALADA (UNIDADES TÍPICAS)	POTÊNCIA INSTALADA (KW)	TOTAL REPRESENTATIVO (%)
Aquecimento de água	150.000 kcal/h	174	19
Iluminação	30 kW	30	3
Ar-condicionado	200 TR	703	78
TOTAL	-	907	100

Nota-se que as unidades de potência instalada normalmente possuem unidades típicas diferentes. Para comparar os diferentes sistemas, as unidades foram convertidas para kW[3]. Uma vez convertidas, as potências podem ser comparadas percentualmente em relação à carga total. Na edificação em análise, o sistema de aquecimento de água representa 19% da potência total, o que corresponde a mais de 10% da potência instalada e, portanto, deve ser considerado na avaliação da eficiência.

As informações necessárias para avaliação do sistema de água quente são apresentadas na Tabela 18.

TABELA 18 – INFORMAÇÕES NECESSÁRIAS PARA AVALIAÇÃO DO SISTEMA DE ÁGUA QUENTE

PREMISSAS	VALORES
Tipo do sistema de água quente	Central coletivo
Equipamentos	Aquecedor de acumulação (duchas) Caldeira a gás (sauna)
Aquecedor de acumulação	Nível A no PBE
Caldeira a gás*	Ef = 0,82
Reservatório	Reservatório com resistência térmica de 2,20 (m^2K/W), de acordo com o fabricante
Tipo da tubulação	Metálica (cobre) com menos de 40 mm de diâmetro
Isolamento térmico das tubulações	Isolamento de 1 cm com condutividade térmica de 0,032 W/m.K em toda a tubulação de água quente

*As caldeiras a gás não são etiquetadas pelo Inmetro. Portanto, devem ser avaliadas de acordo com a Tabela 8 (Eficiência mínima de aquecedores a gás)

3. Fator de conversão: 1 kcal/h = 0,001163 kW
Fator de conversão: 1 TR = 3,5168 kW

O tipo de sistema e os equipamentos utilizados no projeto de aquecimento de água atendem aos pré-requisitos estipulados pelo RTQ-C para o Nível A de eficiência, o que significa que o valor de eficiência encontrado para toda a edificação (considerando a envoltória, o sistema de iluminação e o sistema de condicionamento de ar) será mantido. Considerando as premissas de que os sistemas individuais possuem nível máximo de eficiência, os resultados permitem a obtenção da ENCE com Nível A, como apresentada na Figura 27.

FIGURA 27 – ENCE COM NÍVEL A OBTIDA PELO EDIFÍCIO COM USO MISTO.

REFERÊNCIAS

ASHRAE (American Society of Heating Refrigerating and Air-Conditioning Engineers). *ASHRAE Standard 90.1 - Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings*. EUA, 2007, p. 1-190.

CEN (European Commitee for Standardization). *DIN V 18599-1 – energy efficiency of buildings: Calculation of the energy needs, delivered energy and primary energy for heating, cooling, ventilation, domestic hot water and lighting*. Alemanha, 2007, p. 1-66.

CURSINO, Arthur Henrique dos Santos. *A contribuição dos gases combustíveis à eficiência energética: análise de caso das políticas para edificações*. Dissertação submetida para obtenção do título de Mestre em Ciências do Instituto de Eletrotécnica e Energia da Universidade de São Paulo. São Paulo: USP, 2011.

ILHA, M.S.O.; GONÇALVES, O.M.; KAVASSAKI, Y. *Sistemas prediais de água quente*. Texto Técnico. USP, 1996.

PROCEL (Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica). *Avaliação do mercado de eficiência energética no Brasil: pesquisa de posse de equipamentos e hábitos de uso*. Rio de Janeiro, 2007, p.187.

ANEXOS

ANEXO 1 – Equações para cálculo da Pontuação Total (PT)

O nível de eficiência das edificações residenciais e comerciais é determinado de forma diferente, de acordo com o cálculo da Pontuação Total. As equações são apresentadas a seguir.

Edificações residenciais

Para determinação da Pontuação Total das edificações residenciais, o RTQ-R parte da definição da eficiência equivalente de cada sistema individual, através do cálculo do Equivalente Numérico (EqNum). São determinadas as Pontuações Totais de cada Unidade Habitacional e, caso exista mais de uma unidade, os valores obtidos serão ponderados pela área útil de cada unidade para compor o nível final do edifício todo. Assim, o cálculo da Pontuação Total da Unidade Habitacional é realizado pela equação:

$$PTuh = (a * EqNumEnv) + [(1 - a) * EqNumAA] + Bonificações$$

Onde,
PT_{uh}: Pontuação Total do nível de eficiência da unidade habitacional autônoma;
a: coeficiente adotado de acordo com a região geográfica na qual a edificação está localizada;
EqNumEnv: Equivalente numérico do desempenho térmico da envoltória da unidade habitacional autônoma ventilada naturalmente;
EqNumAA: Equivalente numérico do sistema de aquecimento de água;
Bonificações: Pontuação atribuída a iniciativas que aumentem a eficiência da edificação.

Edificações comerciais

Para determinação da Pontuação Total das edificações comerciais, o RTQ-C parte da definição da eficiência equivalente de cada sistema individual, através do cálculo do Equivalente Numérico (EqNum), baseado na equação abaixo:

$$PT = 0{,}30 \times \left\{\left(EqNumEnv \times \frac{AC}{AU}\right) + \left(\frac{APT}{AU} \times 5 + \frac{ANC}{AU} \times EqNumV\right)\right\} + 0{,}30 \times (EqNumDPI) + 0{,}40 \times \left\{\left(EqNumCA \times \frac{AC}{AU}\right) + \left(\frac{APT}{AU} \times 5 + \frac{ANC}{AU} \times EqNumV\right)\right\} + b_0^1$$

Onde,
EqNumEnv: Equivalente numérico da envoltória;
EqNumDPI: Equivalente numérico do sistema de iluminação[4];
EqNumCA: Equivalente numérico do sistema de condicionamento de ar;
EqNumV: Equivalente numérico de ambientes de permanência prolongada não condicionados e/ou condicionados naturalmente;
APT: Área útil dos ambientes de permanência transitória, desde que não condicionados;
ANC: Área útil dos ambientes não condicionados de permanência prolongada, com comprovação de percentual de horas ocupadas de conforto por ventilação natural (POC), através do método de simulação;
AC: Área útil dos ambientes condicionados;
AU: Área útil;
b: Pontuação obtida pelas bonificações (varia de zero a 1).

4. DPI = Densidade de Potência de Iluminação.

ANEXO 2 – Metodologia de dimensionamento dos sistemas de aquecimento de água a gás

Dimensionamento dos sistemas

O dimensionamento dos sistemas de aquecimento de água aqui apresentado está baseado no RTQ definido pela Portaria 18:2012 do Inmetro e na Norma ABNT NBR 16057:2012. De forma geral, parte-se da demanda por água quente para definir a potência e o volume dos equipamentos necessários.

De acordo com o RTQ, para atingir os Níveis A ou B de eficiência energética, a potência do sistema de aquecimento a gás deve estar dentro de uma variação de mais ou menos 20% do valor obtido nas metodologias apresentadas a seguir. Para os sistemas de acumulação, a potência e o volume informados pelo projetista devem estar dentro de uma variação de 20% para mais ou para menos.

Como apresentado anteriormente, existem diferentes sistemas de aquecimento de água a gás, dessa forma são apresentadas metodologias de cálculo para atender cada um em suas particularidades.

Dimensionamento de aquecedor a gás do tipo instantâneo

O método descrito pelo RTQ e pela Norma ABNT está baseado na determinação das vazões instantâneas de água quente dos pontos de consumo.

Cálculo das vazões instantâneas de água quente

Uma das formas de obter o volume diário de água quente a ser disponibilizado para consumo é por meio do levantamento dos consumos individuais de cada aparelho sanitário que tenha previsão de consumo de água quente. Nesse levantamento devem ser verificadas as vazões de funcionamento desses aparelhos, considerando a pressão de trabalho da rede.

O somatório da vazão de cada aparelho, multiplicado pelo tempo médio de sua utilização e pela frequência com a qual esses aparelhos são utilizados, determina o volume de água quente a ser disponibilizado para consumo, conforme Equação 1.

$$V_{consumo} = \sum(m_{pu} \times T_u \times f) \times N \quad (1)$$

Onde,
$V_{consumo}$: volume total de água quente consumido diariamente na edificação (l/dia);
m_{pu}: vazão do ponto de consumo ou utilização (l/min);
T_u: tempo médio de uso diário do ponto de consumo ou utilização (min);
f: número total de utilização do ponto de consumo por dia;
N: quantidade de pessoas residentes na edificação.

Para determinar a vazão, o tempo médio de uso diário e o número total de utilização das peças, podem ser utilizados valores médios, definidos pelos projetistas a partir de outros projetos. Para a certificadora avaliar o dimensionamento é necessário ter conhecimento prévio dos valores adotados em projeto.

Para definir a quantidade de pessoas residentes em cada unidade habitacional (UH) da edificação, o RTQ define que devem ser consideradas duas pessoas por dormitório social e uma pessoa por dormitório de dependências de serviço. Para residenciais multifamiliares, o número de residentes de cada UH deve ser multiplicado pelo número de UHs existentes.

Dimensionamento da potência do aquecedor a gás do tipo instantâneo

Existem vários tipos de aquecedores instantâneos de água a gás. Esses aquecedores apresentam diferentes potências e fornecem diferentes vazões de água quente. A definição do aquecedor adequado para cada projeto varia em função da vazão instantânea de água quente a ser consumida.

A potência dos aquecedores de passagem deve ser calculada de acordo com a Equação 2.

$$Q = \frac{m_{máxima} \times c \times (T_{consumo} - T_{água\ fria})}{860} \quad (2)$$

Onde,
Q: potência útil do(s) aquecedor(es) (kW);
$m_{máxima}$: vazão máxima de água demandada simultaneamente (litros/h);
c: calor específico da água (igual a 1,00cal/(g.°C));
$T_{consumo}$: temperatura de consumo de utilização (°C). Valor mínimo de 40ºC, com exceção das regiões Norte e Nordeste, onde pode ser adotado 38ºC;
$T_{água\ fria}$: temperatura da água fria do local de instalação (ºC).

Conforme dito anteriormente, recomenda-se que as vazões dos pontos de consumo sejam determinadas através de consulta aos fabricantes de peças hidráulicas a serem instaladas nas UHs. Na ausência dessa informação, a certificadora deve solicitar o valor adotado pelos projetistas.

Dimensionamento de sistema de acumulação individual

O dimensionamento do sistema de acumulação individual é realizado com base no volume de água quente solicitado durante o período de maior consumo. A metodologia utiliza variáveis diferentes das utilizadas para dimensionamento dos aquecedores instantâneos.

Cálculo do volume pico de água quente no período de maior consumo

A primeira etapa do dimensionamento desse tipo de sistema parte da determinação do volume pico de consumo de água quente, caracterizado pelo volume de água quente em litros consumido durante a 1h de maior consumo diário (conhecido pela expressão em inglês *first-hour rating*). O volume pico é calculado através da Equação 3.

$$V_{pico=V_{individual}\times FS_{individual}} \quad (3)$$

Onde,
V_{pico} : volume máximo de água quente consumida em uma hora no período de maior consumo (litros);
$V_{individual}$: volume de consumo diário de água quente por UH (litros);
$FS_{individual}$: fator que representa a simultaneidade de uso em uma UH. Na ausência deste fator, recomenda-se adotar o valor de 0,45.

Partindo do mesmo princípio adotado para os aquecedores instantâneos, recomenda-se que o volume de água quente consumido diariamente seja determinado por meio do levantamento dos consumos individuais de cada peça hidráulica e da pressão de trabalho da rede. Alternativamente, pode ser utilizada uma estimativa de consumo per capita. O RTQ recomenda que, para o cálculo do consumo per capita, sejam considerados o perfil de consumo e a quantidade de usuários de cada UH, sendo estabelecido o valor mínimo de 50 litros/pessoa/dia, que equivale a 0,05 m³/pessoa/dia.

Cálculo do volume mínimo de água quente armazenada

Determinado o volume de água necessária para suprir a hora de maior consumo, define-se o volume mínimo de água quente a ser armazenada no sistema, através da Equação 4.

$$V_{armaz} = V_{pico} \times F_{armaz} \quad (4)$$

Onde,

V_{armaz} : volume mínimo de água quente armazenada no sistema de aquecimento a gás (litros);

V_{pico} : volume máximo de água quente consumida em uma hora no período de maior consumo (litros), calculado de acordo com a Equação 3;

F_{armaz} : fator de minoração para determinar o volume mínimo de armazenamento (Tabela 1).

O fator de armazenamento deve ser obtido através da Tabela 1.

TABELA 1 – FATOR DE ARMAZENAMENTO EM FUNÇÃO DO VOLUME DE ÁGUA QUENTE CONSUMIDO NO HORÁRIO DE PICO

FATOR DE ARMAZENAMENTO	
Volume na hora de maior consumo (litros)	**Fator de armazenamento (F_{armaz})**
$0 < V_{pico} < 1.500$	$^1/_3$
$1.501 < V_{pico} < 6.000$	$^1/_4$
$6.001 < V_{pico} < 12.000$	$^1/_5$
$12.001 < V_{pico} < 20.000$	$^1/_6$
$V_{pico} > 20.001$	$^1/_7$

Deve ser considerado o valor de 100 litros como volume mínimo de água quente armazenada no sistema de aquecimento a gás. Considera-se esse valor como margem de segurança para garantir uma temperatura mínima de estagnação no reservatório.

Cálculo do volume de recuperação

Para determinar a potência dos aquecedores a gás, é necessário definir a capacidade de recuperação do reservatório na hora mais crítica. Calcula-se o volume de recuperação do sistema como a diferença entre o volume de água quente demandado e o volume armazenado, utilizando-se para isso a Equação 5.

$$V_{recup} = V_{pico} - V_{armaz} \quad (5)$$

Onde,

V_{recup} : volume necessário para recuperação do sistema na hora mais crítica (litros/h);

V_{pico} : volume máximo de água quente consumida em uma hora no período de maior consumo (litros), calculado de acordo com a Equação 3;

V_{armaz} : volume mínimo de água quente armazenada no sistema de aquecimento a gás (litros), calculado de acordo com a Equação 4.

Determinação da potência do aquecedor a gás

Uma vez calculadas as variáveis anteriores, pode-se determinar a potência do aquecedor a gás, de acordo com a Equação 6.

$$V_{diário} = \frac{V_{consumo} \times (T_{consumo} - T_{água\ fria})}{(T_{armaz} - T_{água\ fria})} \quad (7)$$

Onde,

Q : potência útil do(s) aquecedor(es) (kW);

V_{recup} : volume necessário para recuperação do sistema na hora mais crítica (litros/h), calculado de acordo com a Equação 5;

c : calor específico da água (igual a 1,00cal/(g.°C));

T_{armaz} : temperatura de armazenamento da água (°C). Deve ser no mínimo igual à temperatura de consumo;

$T_{água\ fria}$: temperatura da água fria do local de instalação (ºC).

Deve ser utilizado um aquecedor a gás com potência igual ou superior à determinada pela Equação 6, de acordo com os equipamentos disponíveis no mercado.

Dimensionamento do sistema central coletivo a gás

Cálculo do volume diário de água quente armazenada

O cálculo do volume diário de água quente armazenada parte do volume total de água quente consumido diariamente na edificação, corrigido pela temperatura da água quente armazenada, como mostra a Equação 7.

$$V_{diário} = \frac{V_{consumo} \times (T_{consumo} - T_{água\ fria})}{(T_{armaz} - T_{água\ fria})} \quad (7)$$

Onde,

$V_{diário}$: volume diário consumido de água quente armazenada (litros);

$V_{consumo}$: volume total de água quente consumida diariamente na edificação (litros/dia);

$T_{consumo}$: temperatura de consumo de utilização (°C). Valor mínimo de 40ºC, com exceção das regiões Norte e Nordeste, onde pode ser adotado 38ºC;

T_{armaz} : temperatura de armazenamento da água (°C). Deve ser no mínimo igual à temperatura de consumo;

$T_{água\ fria}$: temperatura da água fria do local de instalação (°C).

Cálculo do volume pico de água quente no período de maior consumo

O cálculo do volume pico de consumo de água quente é realizado considerando-se o volume de água quente em litros consumido durante a 1h de maior consumo diário. O volume pico é calculado através da Equação 8.

$$V_{pico} = V_{diário} \times FS \quad (8)$$

Onde,

V_{pico} : volume máximo de água quente consumida em uma hora no período de maior consumo (litros);

$V_{diário}$: volume diário de água quente consumida (litros/dia);

$FS_{individual}$: fator que representa a simultaneidade de uso em uma hora.

Uma alternativa ao uso da Equação 9 para cálculo do volume pico (V_{pico}) é a utilização do gráfico de simultaneidade, apresentado na Figura 1.

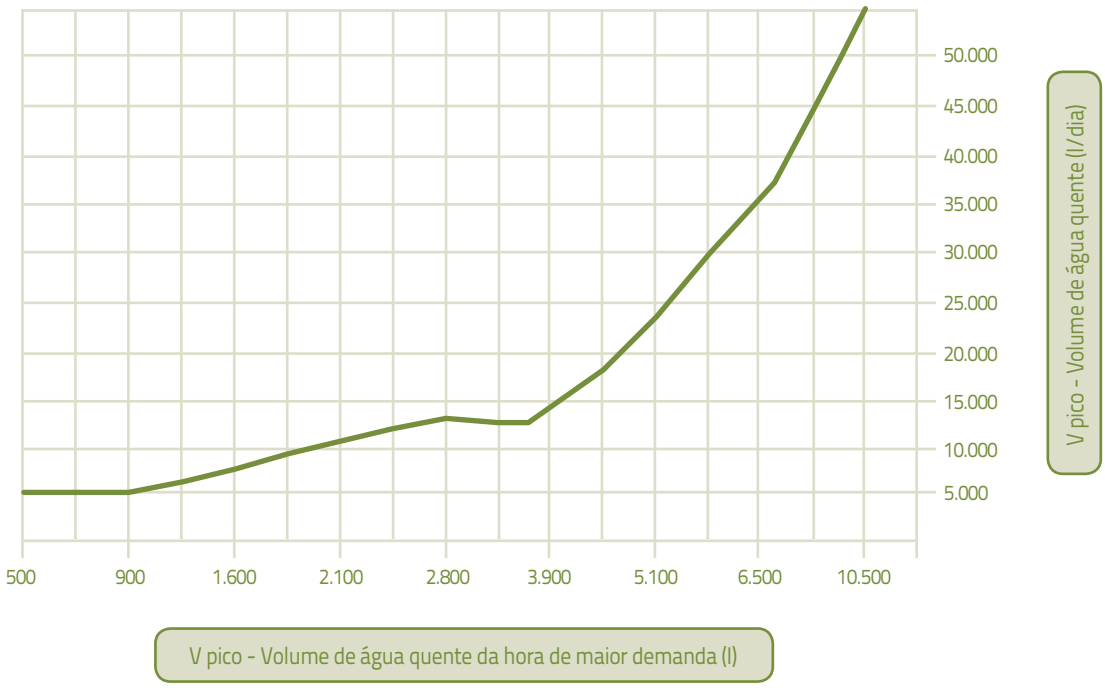


FIGURA 1 – GRÁFICO DO FATOR DE SIMULTANEIDADE DO CONSUMO DE ÁGUA QUENTE EM FUNÇÃO DO VOLUME DE ÁGUA QUENTE NA HORA MAIS CRÍTICA.

Cálculo do volume mínimo de água quente armazenada

Determinado o volume de água necessária para suprir a hora de maior consumo, define-se o volume mínimo de água quente a ser armazenada no sistema, utilizando para isso a Equação 9.

$$V_{armaz} = V_{pico} \times F_{armaz} \quad (9)$$

Onde,

V_{armaz} : volume mínimo de água quente armazenada no sistema de aquecimento a gás (litros);

V_{pico} : volume máximo de água quente consumida em uma hora no período de maior consumo (litros), calculado de acordo com a Equação 8 ou o gráfico de simultaneidade;

F_{armaz} : fator de minoração para determinar o volume mínimo de armazenamento (Tabela 1).

O fator de armazenamento deve ser obtido através da Tabela 1, apresentada anteriormente no Anexo 1.

Cálculo do volume de recuperação

Para determinar a potência dos aquecedores a gás é necessário definir a capacidade de recuperação do reservatório na hora mais crítica. Calcula-se o volume de recuperação do sistema como a diferença entre o volume de água quente demandado e o volume armazenado, utilizando-se para isso a Equação 10.

$$V_{recup} = V_{pico} - V_{armaz} \quad (10)$$

Onde,

V_{recup} : volume necessário para recuperação do sistema na hora mais crítica (litros/h);

V_{pico} : volume máximo de água quente consumida em uma hora no período de maior consumo (litros), calculado de acordo com a Equação 8 ou o gráfico de simultaneidade;

V_{armaz} : volume mínimo de água quente armazenada no sistema de aquecimento a gás (litros), calculado de acordo com a Equação 9.

Determinação da potência do(s) aquecedor(es) a gás

Uma vez calculadas as variáreis anteriores, pode-se determinar a potência do aquecedor a gás, de acordo com a Equação 11.

$$Q = \frac{V_{recup} \times c \times (T_{armaz} - T_{água\ fria})}{860} \quad (11)$$

Onde,

Q : potência útil do(s) aquecedor(es) (kW);

V_{recup} : volume necessário para recuperação do sistema na hora mais crítica (litros/h), calculado de acordo com a Equação 10;

c : calor específico da água (igual a 1,00cal/(g.°C));

T_{armaz} : temperatura de armazenamento da água (°C). Deve ser no mínimo igual à temperatura de consumo;

$T_{água\ fria}$: temperatura da água fria do local de instalação (ºC).

Devem ser utilizados um ou mais aquecedores a gás com potência igual ou superior à determinada pela Equação 11, de acordo com os equipamentos disponíveis no mercado.

sindigás
Gás LP
energia brasileira

ABRINSTAL
Associação Brasileira pela Conformidade e Eficiência de Instalações

EMPRESAS ASSOCIADAS AO SINDIGÁS

AmazonGas
Servindo Melhor!

FOGÁS
CONFORTO, SEGURANÇA E QUALIDADE

LIQUIGÁS
BR PETROBRAS

NACIONALGÁS
PARAGÁS

SUPERGASBRAS
SHV Energy LÍDER MUNDIAL EM GÁS LP

ULTRAGAZ
especialista no que faz

APOIO

AIGLP
Asociación Iberoamericana
de Gas Licuado de Petróleo
Associação Ibero-Americana
de Gás Liquefeito de Petróleo

Gás LP
ENERGIA EXCEPCIONAL

ibp
INSTITUTO BRASILEIRO DE PETRÓLEO, GÁS E BIOCOMBUSTÍVEIS

GLP
QUALIDADE

WORLD LP GAS ASSOCIATION
WWW.WORLDLPGAS.COM