

Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP
Departamento de Engenharia de Construção Civil

ISSN 0103-9830
BT/PCC/495

**Avaliação da eficiência energética de aquecedores
de água elétricos de acumulação.**

Daniel Setrak Sowmy
Racine Tadeu Araújo Prado

São Paulo – 2008

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Departamento de Engenharia de Construção Civil
Boletim Técnico – Série BT/PCC

Diretor: Prof. Dr. Ivan Gilberto Sandoval Falleiros
Vice-Diretor: Prof. Dr. José Roberto Cardoso

Chefe do Departamento: Prof. Dr. Orestes Marracini Gonçalves
Suplente do Chefe do Departamento: Prof. Dr. Alex Kenya Abiko

Conselho Editorial

Prof. Dr. Alex Abiko
Prof. Dr. Francisco Ferreira Cardoso
Prof. Dr. João da Rocha Lima Jr.
Prof. Dr. Orestes Marracini Gonçalves
Prof. Dr. Paulo Helene
Prof. Dr. Cheng Liang Yee

Coordenador Técnico

Prof. Dr. Alex Kenya Abiko

O Boletim Técnico é uma publicação da Escola Politécnica da USP/ Departamento de Engenharia de Construção Civil, fruto de pesquisas realizadas por docentes e pesquisadores desta Universidade.

Este texto faz parte da dissertação de mestrado de título “Avaliação da eficiência energética de aquecedores de água elétricos de acumulação.”, que se encontra à disposição com os autores ou na biblioteca da Engenharia Civil.

FICHA CATALOGRÁFICA

Sowmy, Daniel Setrak
Avaliação da eficiência energética de aquecedores de água
elétricos de acumulação. – São Paulo : EPUSP, 2008.
13 p. – (Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP,
Departamento de Engenharia de Construção Civil, BT/PCC/495)

1. Aquecedor de acumulação 2. Aquecedor elétrico 3. Água quente
4. Eficiência energética I. Prado, Racine Tadeu Araújo II. Universidade de
São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Construção
Civil III. Título IV. Série

ISSN 0103-9830

AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE AQUECEDORES DE ÁGUA ELÉTRICOS DE ACUMULAÇÃO

Daniel Setrak Sowmy ⁽¹⁾; Racine T. A. Prado ⁽²⁾

(1) Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, daniel.sowmy@poli.usp.br

(2) Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, racine.prado@poli.usp.br

RESUMO

Na atualidade existem diversas formas de se atender à demanda de água quente para banho em edificações residenciais. Uma delas é a utilização de aquecedores de água elétricos de acumulação (boilers). Este equipamento eleva a temperatura da água em um reservatório, utilizando o calor gerado por uma resistência elétrica. O comportamento destes equipamentos no Brasil ainda é objeto de pesquisa e não existe uma norma vigente no país que regulamente a sua eficiência. Neste contexto, foi realizado um programa experimental com o objetivo de coletar dados de consumo de energia que sirvam de subsídio para a avaliação do seu desempenho. Os aquecedores foram submetidos a um ciclo de operação simulando uma condição de uso com o objetivo de gerar parâmetros para o cálculo da eficiência. Este ciclo, de duração de um dia, foi composto pelas fases: produção de água quente, reaquecimento e manutenção da temperatura interna. O método permitiu a identificação de diversos parâmetros referentes ao funcionamento dos aquecedores, tais como: perda passiva de calor em 24 horas, produção de água quente, tempo de reaquecimento e eficiência energética.

Palavras-chave: aquecedor de acumulação, aquecedor elétrico, água quente, eficiência energética.

LISTA DE SÍMBOLOS

T_{aq}	Temperatura no interior do reservatório próxima a saída para consumo (°C);
T_{af}	Temperatura no interior do reservatório próxima a entrada de água fria (°C);
T_{taq}	Temperatura no tubo da saída de água quente para consumo (°C);
T_{taf}	Temperatura no tubo de entrada de água fria (°C);
T_{amb}	Temperatura ambiente (°C);
DT	Elevação da temperatura da água (°C);
V_{aq}	Volume de água quente (L);
E_{aq}	Energia retirada na forma de água quente (Wh);
E_P	Energia elétrica consumida no teste de perda passiva de calor (Wh);
E_{24}	Perda por 24 horas (Wh);
E_1	Energia consumida para manter a água aquecida no interior do aquecedor sem retirada de água (Wh);
E_2	Energia consumida para reaquecer a água do aquecedor após a utilização de todo o volume de água armazenado (Wh);
E_T	Energia total consumida durante um ciclo completo de aquecimento e utilização de todo volume de água armazenada no aquecedor (Wh);
t_1	Tempo em repouso (sem demanda de água) (h);
t_2	Tempo de reaquecimento (h);
t_p	Duração do teste de perda passiva de calor (h).

1. INTRODUÇÃO

O consumo residencial de energia elétrica no Brasil em 2004, MME (2005), foi de 78,581 GWh. Segundo o último censo realizado pelo IBGE em 2000, o número de domicílios permanentes com energia elétrica é de 41,596,986. Sendo assim, chegamos a uma estimativa de consumo anual médio por domicílio de 1,889 kWh. Segundo PRADO e GONÇALVES (1998) uma parcela substancial desta energia é utilizada em sistemas de aquecimento de água, qualquer que seja o tipo de equipamento elétrico empregado.

Apesar de o Brasil ter uma matriz energética formada principalmente por usinas hidrelétricas, o consumo de energia elétrica gera um impacto ambiental significativo. TABORIANSKI e PRADO (2004) apresentam uma estimativa da contribuição de diversos tipos de aquecedores de água para a variação do estoque de gases de efeito estufa na atmosfera.

Entre os fatores que influenciam a eficiência energética de um aquecedor de acumulação está a estratificação da temperatura no seu interior. Em SATEIKIS (2002), tanques verticais de 0,3 e 0,9 m de diâmetro por 1,6 e 2,0 m de altura respectivamente foram submetidos a um programa experimental com objetivo de determinar a quantidade de energia térmica armazenada. O estudo determinou também que a zona de transição térmica destes equipamentos estava situada a 0,47 metros da base.

Há ainda as perdas decorrentes do transporte da água quente até o ponto de consumo. A previsão destas perdas deve ser levada em conta no projeto do sistema predial de água quente. Em CHENG et al. (2006) foi demonstrado um modelo empírico que simplifica a sua estimativa.

É escassa a informação disponível sobre os boilers fabricados no Brasil. As normas NBR10674/1989 e a NBR10675/1989 definem para este tipo de aquecedor os requisitos e métodos de ensaios referentes à sua segurança elétrica, não estabelecendo regulamentação quanto à sua eficiência energética. Dados de consumo de energia e a eficiência dos aquecedores não estão disponíveis para os consumidores e projetistas. Neste cenário existe a necessidade de estudos que disponibilizem informações referentes ao funcionamento deste tipo de equipamento gerando dados para comparações com outras formas de aquecimento de água para uso residencial.

O objetivo deste estudo é gerar subsídios para avaliação do desempenho de aquecedores de água elétricos de acumulação de uso residencial, no que diz respeito à sua eficiência energética.

2. CONCEITUAÇÃO

2.1. Sistemas de aquecimento de água residenciais

Os sistemas prediais de água quente são classificados conforme Ilha et al. (1996) em: individuais, centrais privados e centrais coletivos. Os individuais são instalados em um único ponto de utilização dispensando a necessidade de uma rede de água quente. Os centrais privados possuem um equipamento responsável pelo aquecimento da água e uma rede de distribuição até os pontos de utilização de uma mesma unidade. Os centrais coletivos possuem um equipamento responsável pelo aquecimento da água e uma rede de distribuição até os pontos de utilização de diversas unidades.

Neste estudo, foi avaliado o comportamento do aquecedor de acumulação elétrico (boiler) considerado um sistema central privado. Ele é composto por um reservatório térmico com conexões de entrada de água fria, saída de água quente, uma resistência elétrica no seu interior e um termostato. O reservatório tem a função de acumular e manter a água aquecida. A resistência elétrica é acionada para aquecer a água. O termostato é um componente sensível à temperatura, que aciona a resistência elétrica.

O seu funcionamento é automático. Quando em operação, a resistência interna é acionada pelo termostato de acordo com o seu ajuste. Este ajuste especifica qual a temperatura mínima que deve fazer com que o termostato ligue a resistência elétrica e qual a temperatura máxima que faz com que ele a desligue. Desta forma a água é mantida aquecida no interior do reservatório até o momento em que surge uma demanda de uso.

A partir do entendimento da operação do aquecedor é possível identificar que, mesmo nos períodos em que não há demanda de água quente, existe gasto de energia. Quanto mais eficiente o reservatório for na manutenção da temperatura interna, menor o gasto de energia para reposição desta perda de calor.

2.2. Eficiência energética

A abordagem adotada neste estudo é a de contabilizar a quantidade de energia retirada do aquecedor na forma de água quente (E_{aq}) e comparar com a energia consumida em duas parcelas. A primeira parcela é a energia consumida pela perda passiva de calor (E_1) e a segunda é a utilizada para reaquecer a água após o uso de todo o volume reservado (E_2). A Figura 1 abaixo ilustra o conceito adotado para o cálculo da eficiência.

$$\text{Eficiência} = \frac{\text{Produção de água quente}}{\text{Consumo de energia elétrica}}$$

Perda passiva ← → Reaquecimento

Figura 1 – Cálculo da eficiência energética dos aquecedores

3. METODOLOGIA

Para cada parcela de energia identificada no item 2.2 Figura 1 foi adotado um método adaptado da IEC 379 - Methods for measuring the performance of electric storage water-heaters for household purposes (1987), conforme detalhado nos itens a seguir.

3.1. Programa experimental

O programa experimental, composto por três fases, é detalhado nos itens a seguir.

3.1.1 Perda de calor em 24 horas

Este procedimento tem como objetivo contabilizar a energia consumida pelo aquecedor apenas para manter a água aquecida (E_1). Mesmo sem atender a uma demanda de água quente e contando com o isolamento térmico, o aquecedor perde calor para o ambiente. Esta perda é compensada automaticamente pela resistência elétrica instalada. A energia gasta está diretamente associada à perda térmica do aquecedor para o ambiente. Desta forma, ao medir a energia elétrica consumida durante um período de tempo prolongado, sem retirar água quente do aquecedor, pode-se considerar que ela seja igual à energia térmica perdida para o ambiente.

Este procedimento foi executado em uma sala climatizada com temperatura de 20°C. A bancada de testes foi posicionada a uma distância de 1 m do piso e 50 cm da parede. A janela foi lacrada com material reflexivo (papel bolha com filme de alumínio) evitando a entrada de radiação solar. Os aquecedores foram instalados seguindo as recomendações dos fabricantes. Em todos eles foram instalados respiros (tubo de ventilação) para o caso de superaquecimento da água. Foram aplicados isolantes térmicos nos tubos e conexões. A alimentação de água fria foi feita utilizando um resfriador que fornece água a uma temperatura controlada. A Figura 2 apresenta o esquema da bancada e o posicionamento dos sensores.

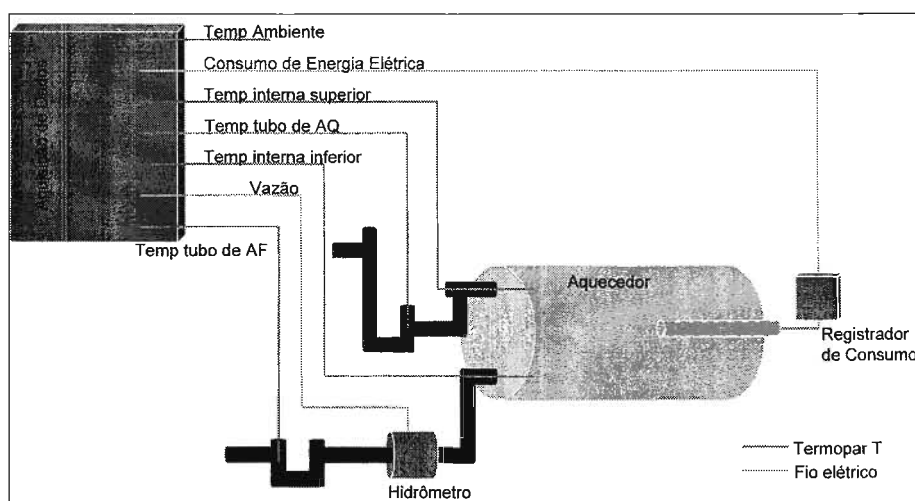


Figura 2 – Esquema da bancada de ensaios

O procedimento é o seguinte:

- Posicionamento dos cinco sensores de temperatura, quais sejam:
 - Temperatura da água fria na tubulação de alimentação (T_{taf});
 - Temperatura da água quente na tubulação de saída para consumo (T_{taq});
 - Temperatura da água no interior do aquecedor próximo à entrada de água fria (T_{af} - ponto mais próximo da camada inferior);
 - Temperatura da água no interior do aquecedor próximo à saída de água quente (T_{aq} - ponto mais próximo da camada superior);
 - Temperatura ambiente (T_{amb}).
- Instalação elétrica do aquecedor, alimentação em 220 Volts e aterramento;
- Instalação (em série) do registrador de consumo de energia elétrica;
- Configuração do termostato (se houver acesso) para o limite de 60°C de temperatura máxima;
- Monitoramento da elevação de temperatura da água ($T_{taq} - T_{taf}$) e acionamento da resistência elétrica;
- O período de medição tem início após o primeiro desligamento da resistência;
- Durante quarenta e oito horas (t_p) são monitorados as temperaturas e o consumo de energia elétrica (E_p);
- Após as quarenta e oito horas verifica-se a situação da resistência elétrica e, caso ela esteja ligada, é necessário aguardar o seu desligamento automático pelo termostato e então encerrar o procedimento.

O valor E_p é dividido pelo numero de horas de duração do procedimento (t_p) e multiplicado por vinte e quatro. O resultado é a perda de calor média a cada vinte e quatro horas (E_{24}).

$$E_{24} = (E_p / t_p) \times 24 \quad (1)$$

Este resultado será utilizado para o cálculo de E_1 .

3.1.2 Produção de água quente

Este procedimento é realizado logo após o ensaio de perda em vinte e quatro horas. Seu objetivo é verificar a quantidade de água quente efetivamente disponível para o consumo e a sua temperatura. A partir dela será calculada a energia retirada do aquecedor pela água quente (E_{aq}).

Após as quarenta e oito horas, aguarda-se o desligamento da resistência elétrica para garantir que a temperatura no interior do aquecedor seja a máxima. Assim que houver o desligamento deve-se iniciar a retirada da água quente.

A vazão de retirada é de 10 litros por minuto. A medição da vazão é feita através de um hidrômetro instalado no ramal de entrada de água fria e o volume confirmado pela leitura direta da relojoaria do mesmo. A duração é o tempo necessário para circular uma vez todo o volume nominal do aquecedor, por exemplo, um aquecedor de 200 litros tem duração de 20 minutos, e durante este tempo são monitoradas as temperaturas da água fria na entrada (T_{taf}) e da água quente na saída para consumo (T_{taq}).

A diferença de temperatura entre a água quente na saída de consumo (T_{taq}) e a água fria na entrada (T_{taf}) é contabilizada. O diferencial médio é considerado a elevação média de temperatura (DT). Com a conversão desta em energia obtém-se E_{aq} .

O consumo de energia elétrica é monitorado durante todo o procedimento e contabilizado como energia de reaquecimento (E_2).

3.1.3 Tempo de reaquecimento

Este procedimento tem o objetivo de medir o tempo (t_2) e a energia (E_2) necessários para que o aquecedor eleve a temperatura, logo após a produção de água quente, até o nível máximo, situação em que o termostato desliga a resistência.

3.2. Ciclo de operação

Para o cálculo da eficiência energética, foi estabelecido o ciclo de operação composto por três fases, cada uma delas derivando dos resultados obtidos nos procedimentos detalhados no item 3.1. A primeira fase, de produção de água quente, corresponde à extração de toda água quente armazenada no aquecedor e a sua reposição com água em temperatura ambiente. A segunda fase representa a recuperação da temperatura da água no interior do aquecedor. A terceira corresponde à sua manutenção na temperatura configurada pelo termostato. A duração das três fases somadas é de vinte e quatro horas.

a) Primeira fase – Produção de água quente:

A energia retirada do aquecedor na forma de água quente (E_{aq}) é calculada a partir da elevação média de temperatura (DT) medida entre a saída de água quente (T_{taq}) e a entrada de água fria (T_{taf}).

$$DT = T_{taq} - T_{taf} \quad (2)$$

Multiplicando o volume de água quente produzido (V_{aq}) pela elevação de temperatura obtida (DT) e convertendo a unidade para Wh (considerando que 1 Wh é igual a 3600 J e o calor específico da água igual a 4180 J/Kg.C°) temos a seguinte conversão:

$$E_{aq} = DT \times V_{aq} \times 4180 / 3600 \quad (3)$$

Onde E_{aq} é a energia retirada do aquecedor na forma de água quente em Wh.

b) Segunda fase – Reaquecimento:

O reaquecimento consiste na energia elétrica utilizada na recuperação da temperatura da água após a utilização de todo o volume reservado. Este consumo foi registrado pelo analisador de rede em Wh. Esta parcela é denominada E_2 .

A duração da primeira e segunda fase foi denominada tempo de reaquecimento (t_2) e contabilizado em horas.

c) Terceira fase – Perda passiva:

É a parcela de energia dissipada para o ambiente enquanto o aquecedor está apenas armazenando a água quente no seu interior. Esta parcela é denominada E_1 e contabilizada pelo analisador de rede através do consumo de energia elétrica em Wh. O valor de E_1 é calculado conforme detalhado a seguir.

Calcula-se o tempo complementar ao de recuperação. É o intervalo de tempo em que o aquecedor não tem retirada de água.

$$t_1 = 24 - t_2 \quad (4)$$

Faz-se a estimativa do consumo de energia elétrica para este intervalo de tempo.

$$E_1 = (t_1 / 24) \times E_{24} \quad (5)$$

3.3. Cálculo do índice de eficiência

A eficiência é a razão entre a energia retirada pela água quente produzida pelo aquecedor (E_{aq}) e toda energia elétrica consumida pelo mesmo ao longo de um ciclo de operação (E_T).

A somatória das duas parcelas E_1 e E_2 representa o total de energia consumida durante um ciclo completo de aquecimento e utilização de toda água quente produzida pelo aquecedor (esta somatória é denominada E_T).

A razão entre a energia retirada na forma de água quente e a energia total consumida durante o ciclo é a eficiência do aquecedor.

$$EF = E_{aq} / E_T \quad (6)$$

Onde EF é a eficiência energética percentual.

4. RESULTADOS

Dez aquecedores foram submetidos ao programa experimental. Suas especificações informadas pelos fabricantes estão listadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Especificações dos aquecedores testados

Aquecedor	Volume (Litros)	Potência (Watts)
1	200	2000
2	150	2500
3	200	2500
4	200	3000
5	200	2000
6	150	2000
7	200	2000
8	150	2000
9	200	2000
10	200	2500

Os resultados obtidos pelos aquecedores se encontram nos itens a seguir.

4.1. Perda por 24 horas

A Figura 3 apresenta um exemplo do registro obtido durante a medição de perda de calor em 24 horas. Nele é possível observar a oscilação da temperatura no interior do aquecedor 7 e o acionamento da resistência elétrica. A amplitude desta variação foi de $0,7\text{ }^{\circ}\text{C}$, para o aquecedor 8, e de $5,0\text{ }^{\circ}\text{C}$, para o aquecedor 4. Quanto menor for esta variação, melhor a condição de conforto para o usuário que não precisa ajustar a relação de mistura entre água quente e fria. Foi registrado também o consumo de energia elétrica decorrente da perda de calor do aquecedor para o ambiente (E_p) utilizado para o cálculo da eficiência energética.

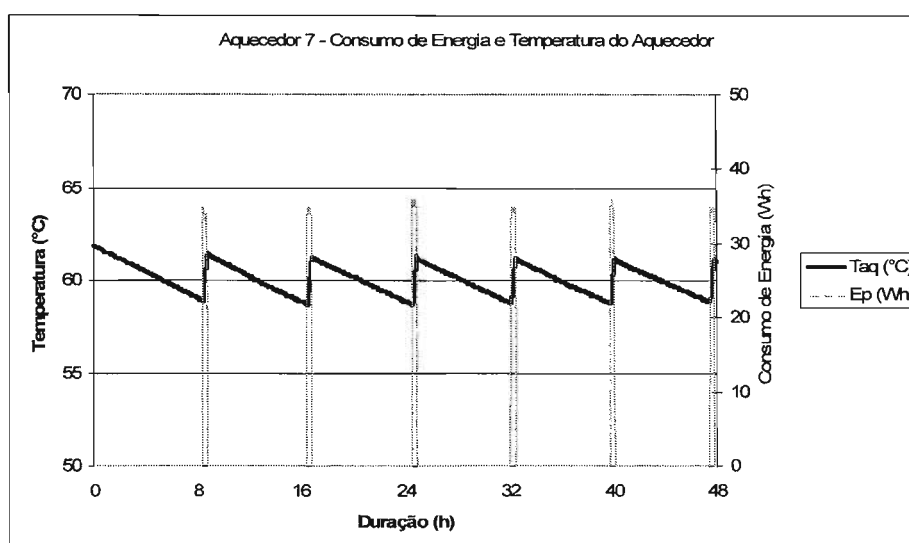


Figura 3 – Perda de calor em 24 horas do aquecedor 7

4.2. Produção de água quente

Ao retirar-se toda água quente do aquecedor, a elevação média da temperatura variou de 30,5 °C, para o aquecedor 1, a 43,9 °C, para o aquecedor 6. Este critério representa a real disponibilidade de água quente para o consumo e tem relação direta com o conforto do usuário. Aquecedores com o mesmo volume armazenado, mas com maior elevação média de temperatura proporcionam maior volume de água quente. A elevação média de temperatura ($T_{\text{taq}} - T_{\text{taf}}$) é diretamente proporcional à eficiência energética. Quanto maior a elevação, mais eficiente será o aquecedor. Esta parcela de energia retirada do aquecedor na forma de água quente (E_{aq}) é utilizada no cálculo da eficiência energética.

A Figura 4 apresenta a elevação da temperatura da água sendo retirada do aquecedor 5 a uma vazão constante. Nele é possível observar um comportamento que foi comum a todos aquecedores testados. Há um intervalo de tempo entre o início da retirada de água e a efetiva elevação da sua temperatura. Na bancada de testes, a distância entre a saída do aquecedor e o ponto de medição da temperatura foi da ordem de 50 cm. Mesmo assim (levando-se ainda em conta a inércia dos medidores de temperatura), o tempo necessário para que a água na tubulação atingisse a temperatura disponível no interior no reservatório foi da ordem de trinta segundos a um minuto. Esta demora representa não somente um possível desconforto, mas também potencial desperdício de água.

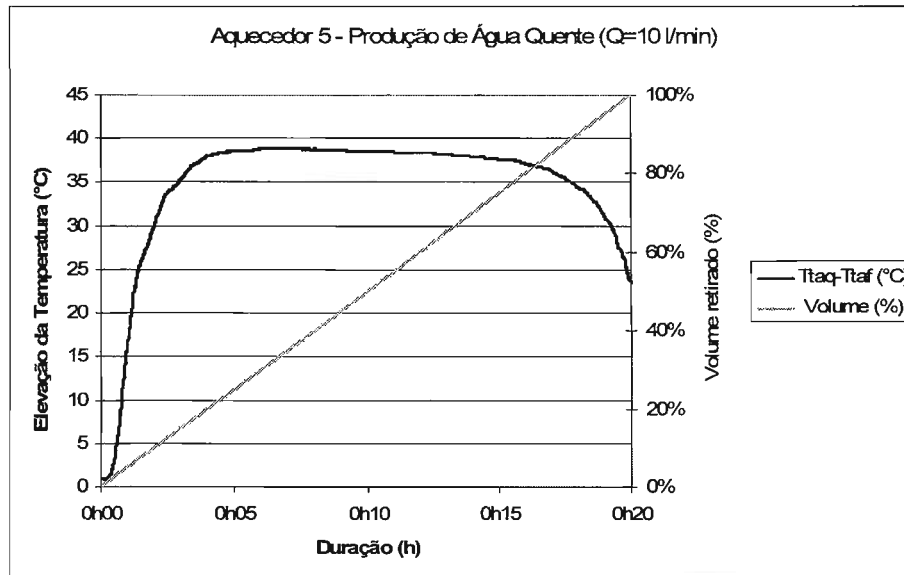


Figura 4 – Produção de água quente do aquecedor 5.

4.3. Tempo de reaquecimento

O tempo necessário para recuperação da temperatura da água no interior do aquecedor após a retirada de toda água quente variou de 3 horas, para o aquecedor 2, a 4 horas e 46 minutos para o aquecedor 7. Esta variação demonstrou relação direta com a potência da resistência elétrica instalada. O aquecedor 2 possui 2500 watts e 150 litros, enquanto o aquecedor 7 possui 2000 watts e 200 litros.

A Figura 5 apresenta a medição obtida para o aquecedor 3. Nela é possível observar o acionamento da resistência elétrica e o consumo de energia em Wh ao longo do reaquecimento até que a temperatura inicial seja recuperada. Este consumo de energia (E_2) foi registrado para uso no cálculo da eficiência. Quanto maior for E_2 , menor será a eficiência do aquecedor.

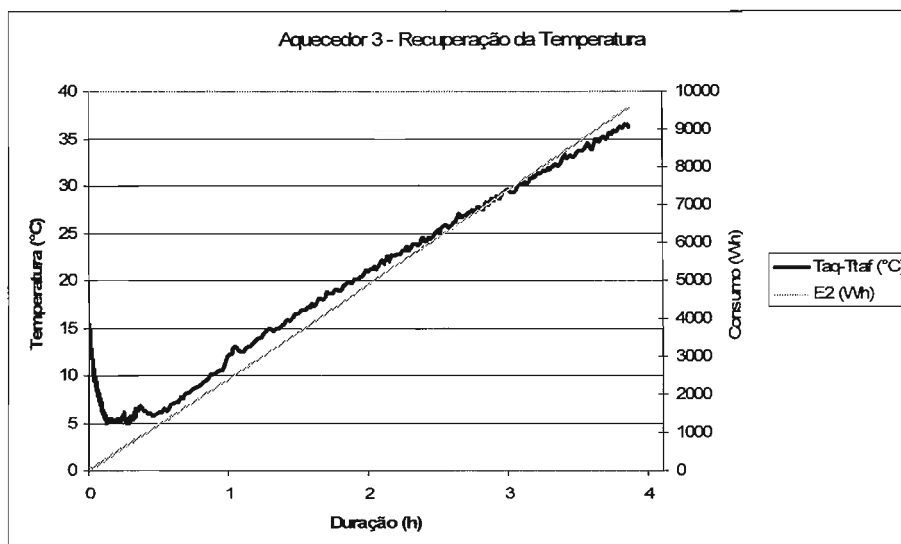


Figura 5 – Recuperação da temperatura do aquecedor 3.

Observa-se na Figura 5 um comportamento que foi comum a todos aquecedores. Após a retirada de toda água quente, o aquecedor demora por volta de trinta minutos para estratificar novamente a temperatura no seu interior. Decorrido este intervalo de tempo, a distribuição das temperaturas se estabiliza e, conforme o acionamento da resistência elétrica, a sua elevação ocorre suavemente.

4.4. Cálculo da eficiência

A Figura 6 apresenta uma comparação entre as três parcelas que compõem o cálculo da eficiência energética dos aquecedores. Duas delas, a de reaquecimento da água (E_2) e perda passiva de calor (E_1), representam o consumo de energia elétrica, e a terceira, representa a energia retirada durante o teste de produção de água quente (E_{aq}).

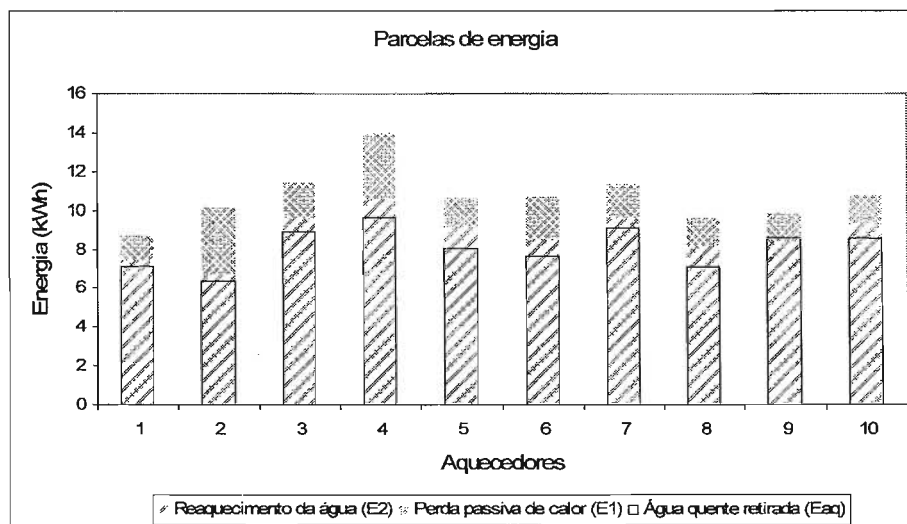


Figura 6 – Parcelas de energia

O cálculo, conforme detalhado no item 3.2 e 3.3, obteve uma eficiência energética média de 76 % para os aquecedores testados. A eficiência mais baixa foi de 63 % para o aquecedor 2 e máxima de 87 % para o aquecedor 9.

Os equipamentos operam em níveis de conforto diferentes. Considera-se aqui como nível de conforto o volume de água quente disponível para o consumo. Com o propósito de comparar a eficiência dos equipamentos que operaram no mesmo nível de conforto, o gráfico apresentado na Figura 8 compara a eficiência dos aquecedores com a mesma temperatura da água quente.

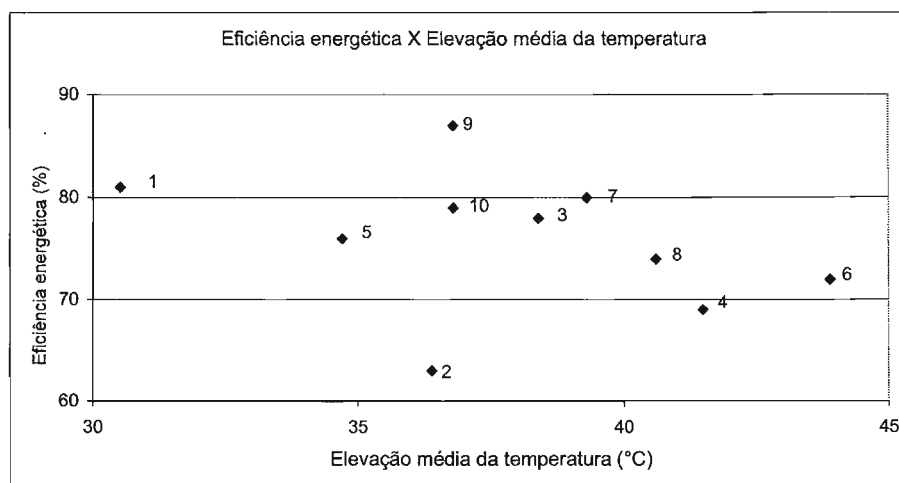


Figura 8 – Eficiência energética X Elevação média da temperatura.

No gráfico da Figura 8 observa-se que, mesmo considerando a temperatura de operação semelhante dos aquecedores 2 e 9, o segundo apresentou um eficiência muito superior. Da mesma forma pode-se comparar os aquecedores 1 e 7 que obtiveram a eficiência energética semelhante, porém o aquecedor 7 oferece água a uma temperatura 8 °C mais elevada. Estas diferenças podem ser causadas pelo isolamento térmico, posicionamento da resistência elétrica, configuração do termostato ou fator de mistura da água no interior do aquecedor.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os aquecedores de água elétricos de acumulação representam uma parcela substancial do consumo de energia em uma residência que utiliza deste tipo de sistema. Esta avaliação decorre dos valores contabilizados de energia consumida por este tipo de aquecedor (item 4.1), quando comparados ao consumo anual médio residencial de energia no Brasil.

Considerando-se que os equipamentos analisados são similares e destinados ao mesmo perfil de consumidor, estes apresentam um intervalo de variação amplo no que se refere ao consumo de energia. A variação foi de 8 kWh, para o aquecedor 1, a 14 kWh, para o aquecedor 4 durante um ciclo de operação.

No caso de aquecedores de acumulação horizontais, maioria no mercado brasileiro, o fator de mistura da água e a sua estratificação no interior do reservatório se tornam mais desfavoráveis, pois podem fazer com que a água quente reservada no aquecedor se misture com a água fria antes de sair, prejudicando o seu desempenho.

A necessidade de melhorias tecnológicas neste tipo de sistema de aquecimento é importante quando se considera a repercussão deste consumo de energia durante toda a sua vida útil, estimada em vinte anos. Todo esforço no sentido de tornar estes equipamentos mais eficientes quanto ao consumo de energia se refletirá na diminuição do impacto ambiental gerado por eles.

Os órgãos reguladores poderiam utilizar estes índices de eficiência como parâmetro de classificação para incentivar o uso de equipamentos mais eficientes pelos consumidores.

A disponibilidade de informações referentes à real capacidade de produção de água quente, e não somente à potência elétrica da resistência instalada ou ao volume armazenado, seriam de grande auxílio para projetistas no dimensionamento de sistemas prediais de água quente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) **NBR 10674 – Aparelhos elétricos de aquecimento de água não instantâneo de uso doméstico e similar - Requisitos de segurança.** 1989

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) **NBR 10675 – Aparelhos elétricos de aquecimento de água não instantâneo de uso doméstico e similar - Ensaios de segurança.** 1989

CHENG C., LEE M., LIN Y. **Empirical prediction method of transmission heat loss in hot water plumbing.** Energy and Buildings 38 (2006) 1220-1229.

ILHA, M. S. O.; GONÇALVES, O. M.; KAVASSAKI, Y. **Sistemas prediais de água quente.** São Paulo, 1996. (Texto técnico). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia de Construção Civil, TT/PCC/09.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION (IEC). **IEC 379 - Methods for measuring the performance of electric storage water-heaters for household purposes.** 1987

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Pesquisa de orçamentos familiares.** <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/pesquisas/pof/default.asp>. Acesso em 06/04/2004.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME). **Balço energético 2005: Ano base 2004.** Rio de Janeiro. EPE 2005. 188p.

PRADO, R. T. A.; GONÇALVES, O. M. **Water heating through electric shower and energy demand.** Energy and Buildings 29 (1998) 77-82.

SATEIKIS, I. **Determination of the amount of thermal energy in the tanks of buildings heating systems.** Energy and Buildings 34 (2002) 357-361.

TABORIANSKI, V. A.; PRADO, R. T. A. **Comparative evaluation of the contribution of residential water heating systems to the variation of greenhouse gases stock in the atmosphere.** Building and environment 39 (2004) 645-652.