

ANÁLISE COMPARATIVA DOS SISTEMAS DE AQUECIMENTO DE ÁGUA RESIDENCIAL

Paulo César da Costa PINHEIRO

Departamento de Engenharia Mecânica da UFMG
Av. Antônio Carlos 6627, 31270-901 Belo Horizonte, MG
Tel: (031) 3499-5451, 3499-5140 Fax: (031) 3443-3783
e-mail: pinheiro@netuno.lcc.ufmg.br, pinheiro@demec.ufmg.br

Resumo. O chuveiro elétrico é uma tecnologia genuinamente brasileira, desenvolvida no fim dos anos 40. Devido ao seu baixo custo, facilidade de instalação e baixa manutenção, o chuveiro elétrico tornou-se a forma predominante de aquecimento da água para banho, estando presente em cerca de 85% das residências Brasileiras. O uso intensivo do chuveiro elétrico é apontado como um dos maiores vilões do consumo de energia residencial, e como um dos responsáveis pela ponta no sistema elétrico, devido à sua grande potência e ao hábito do Brasileiro de tomar banho ao chegar à casa depois do trabalho. Dada a situação Energética do Brasil, é necessário reduzir a demanda de potência no horário de ponta da curva de carga do sistema elétrico. Este trabalho apresenta uma análise do uso do chuveiro elétrico para o aquecimento doméstico de água, comparando-o com outros dispositivos domésticos de aquecimento de água e mostrando soluções para minimizar o problema de demanda no horário de pico.

Palavras chave: Chuveiro, Aquecedor Solar, Energia Elétrica, Economia de Energia, Planejamento Energético

1. INTRODUÇÃO

Entre as coisas mais estranhas e maravilhosas que eu observei entre as mulheres brasileiras, foi que nós jamais conseguimos fazê-las vestir. O pretexto alegado para permanecer sempre nuas, é o seu costume de, em todas as fontes e riachos limpos que encontram, se banhar e mergulhar, o que ocorre mais de 12 vezes por dia. Elas diziam que não valia a pena se despir tão freqüentemente. [Léry, 1557]

O hábito de tomar banho diariamente é uma particularidade dos Brasileiros, e este hábito tem uma grande influência na demanda de eletricidade do Brasil. Apesar do consumo per capita de eletricidade no Brasil ser pequeno (comparado com os países desenvolvidos), a pequena disponibilidade de eletricidade torna a análise do uso do chuveiro elétrico importante.

O chuveiro elétrico é um aquecedor de água de passagem, de alta potência (> 4,4 kW) e baixo custo. Ele fornece água a uma temperatura entre 30-40°C, permitindo um conforto térmico no banho. Seu baixo custo o tornou um equipamento de grande difusão, estando presente em cerca de 85% das residências no Brasil.

Entretanto, devido à sua grande potência e ao hábito Brasileiro de tomar banho no horário de pico, ele se tornou um dos grandes responsáveis por esta ponta de consumo de eletricidade. O uso intensivo do chuveiro elétrico é apontado como um dos maiores vilões do consumo de energia residencial, e um dos responsáveis pela ponta no sistema elétrico, chegando a ser responsável por até 26% do consumo total de energia elétrica do Brasil, durante alguns minutos do horário de ponta (Eletrobrás).

2. SITUAÇÃO ENERGÉTICA BRASILEIRA

O Brasil possui um baixo consumo de eletricidade per capita comparado com outros países industrializados (tabela 1). Entretanto, o consumo de eletricidade vem crescendo em média cerca de 3,6 % ao ano, muito acima do crescimento do PIB (3% a.a.), e o setor de maior crescimento é o setor residencial.

No consumo total de eletricidade no Brasil (359.564 GWh, 2004), cerca de 22% é consumido no setor residencial. O aquecimento de água para banho corresponde a cerca de 26% do consumo residencial, participação inferior somente ao da refrigeração, correspondendo a cerca de 6,0% de todo o consumo nacional de energia elétrica.

A figura 1, realizada a partir de dados dos Balanço Energéticos Brasileiro de 1967 a 1995, mostra evolução do consumo de energia no Brasil. O consumo total de energia (1994) foi de 199 Mtep, com um crescimento na década 84-94 de 21% (Brasil, 1995). Pode-se verificar que o perfil de demanda nacional é muito diferente do mundial, contando com grande participação de fontes renováveis (hidráulica, lenha e cana). No balanço energético mundial, a energia

hidráulica participa com 5%. O Brasil tem um perfil energético muito particular, com grande parcela da energia hidráulica no balanço energético. A potência elétrica instalada é 87 GW (2004), dos quais 78% são gerados por hidroelétricas, e o resto por carvão, óleo diesel, gás natural nuclear.

Tabela 1. IDH, Consumo de Eletricidade, Elasticidade e Emissão de CO2

País	Eletricidade kWh/ano.hab	PIB US\$/ TEP	Emissão CO2	
			ton/hab	% mundo
Noruega	26.640	6.100	12,2	0,2
Austrália	11.299	4.800	18,3	1,5
Canadá	18.541	3.600	16,5	1,9
Suécia	16.996	4.400	5,8	0,2
Suíça	8.483	7.800	5,7	0,2
Estados Unidos	13.456	4.400	20,1	24,4
Japão	8.612	6.400	9,4	5,2
Reino Unido	6.614	6.600	9,2	2,5
França	8.123	5.800	6,2	1,6
Itália	5.840	8.500	7,5	1,9
Alemanha	6.989	6.200	9,8	3,4
Espanha	6.154	6.500	7,3	1,2
Israel	6.698	6.000	11,0	0,3
Portugal	4.647	6.900	6,0	0,3
Coreia	7.058	3.900	9,4	1,9
Mundo	2.465	4.600	3,6	100,0
Argentina	2.383	6.900	3,5	0,6
Chile	2.918	6.000	3,6	0,3
Emirados Árabes	14.215	..	25,1	0,3
Uruguai	2.456	10.000	1,2	(.)
Federação Russa	6.062	1.900	9,9	6,2
Brasil	2.183	6.800	1,8	1,3
China	1.484	4.600	2,7	12,1
Turquia	1.904	5.700	3,0	1,0
Países em Desenvolvimento	1.155	4.600	2,0	36,9
Índia	569	5.000	1,2	4,7
Uganda	61	..	0,1	(.)
Nigéria	148	1.300	0,4	0,2
Moçambique	378	2.300	0,1	(.)
Niger	40	...	0,1	(.)

Fonte: United Nations Development Programme, 2002, <http://hdr.undp.org/statistics/>

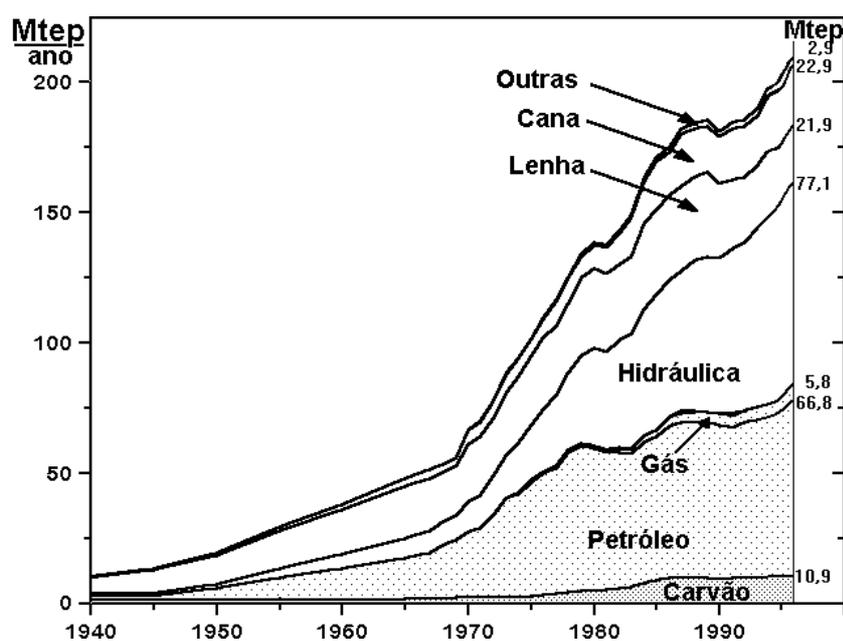


Figura 1. Consumo de Energia no Brasil

Tabela 2. Empreendimentos em Operação (2004)

	Qte	Potência kW	%
Usinas Hidrelétricas de Energia	140	66.390.154	76,36
Usinas Termelétricas de Energia	767	17.216.787	19,80
Usina Termonucleares	2	2.007.000	2,31
Pequenas Centrais Hidroelétricas	244	1.212.225	1,39
Centrais Geradoras Hidroelétricas	166	90.065	0,10
Centrais Geradoras Elioelétricas	10	26.825	0,03
Central Geradora Solar Fotovoltaica	1	20	-
Total	1.330	86.943.076	100

Fonte: Aneel/MME

A correlação entre consumo de energia e Produto Interno Bruto, é conhecida há muito tempo: para se aumentar a riqueza de um país espera-se um aumento do consumo de energia. A figura 2 (BEN, 2005, IBGE, 2006) mostra a variação do consumo de energia no Brasil com o seu desenvolvimento (Elasticidade, TEP/R\$1000). Verifica-se que entre 1975-1995, além do crescimento econômico do Brasil a variação do consumo de energia elétrica, é sempre maior do que a variação do PIB. Este aumento do consumo de eletricidade é sobretudo notado nos setores residencial e comercial. Com o aumento do poder aquisitivo, as populações pobres tornam-se consumidoras, e mudando-se o perfil de consumo. Por outro lado a elasticidade do consumo de energia total e de petróleo tem diminuído. Assim, a elasticidade do consumo de eletricidade é o principal indicador da economia brasileira. Se esperamos um crescimento da economia Brasileira, é necessário suprir o país de eletricidade.

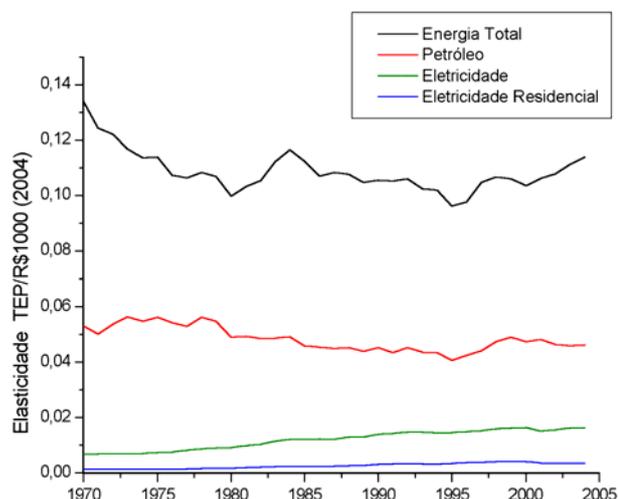


Figura 2. Elasticidade do Consumo de Energia

Os recursos hidroelétricos nas regiões Sul/Sudeste estão quase totalmente explorados. O Brasil possui um enorme potencial hidroelétrico ainda não explorado, estimado em 260GW, mas a maior parte deste potencial encontra-se na região Amazônica. O uso deste recursos enfrenta questões ecológicas, além do custos das linhas de transmissão até os centros consumidores ser proibitivo.

Tabela 3. Potencial Hidroelétrico Brasileiro

Bacia Hidrográfica	Inventariado		Remanescente		Total	
	MW	%	MW	%	MW	%
Rio Amazonas	31.899	19,4	73.510	77,0	105.410	40,5
Rio Tocantins	24.831	15,1	2.709	2,8	27.540	10,6
Atlântico Norte/Nordeste	2.047	1,2	1.355	1,4	3.402	1,3
Rio São Francisco	23.847	14,5	2.472	2,6	26.319	10,1
Atlântico Leste	12.037	7,3	2.055	2,2	14.092	5,4
Rio Paraná	51.708	31,4	8.670	9,1	60.378	23,2
Rio Uruguai	10.903	6,6	2.434	2,5	13.337	5,1
Atlântico Sudeste	7.327	4,5	2.290	2,4	9.617	3,7
Total Brasil	164.599	100	95.496	100	260.095	100

Fonte: Eletrobrás

3. USO DO CHUVEIRO ELÉTRICO

O chuveiro elétrico é uma tecnologia genuinamente brasileira, desenvolvida no fim dos anos 40. Até a década de 90 o Brasil era o único fabricante mundial, mas atualmente já existem no mercado produtos chineses. O uso intensivo do chuveiro elétrico é apontado como um dos maiores vilões do consumo de energia residencial, e como um dos responsáveis pela ponta no sistema elétrico, isto devido à sua grande potência e ao hábito do Brasileiro de tomar banho ao chegar à casa depois do trabalho.

O chuveiro elétrico é um aquecedor de água de passagem, de alta potência (> 4,4 kW) e baixo custo. Seu funcionamento é baseado transformação de energia elétrica em calor em uma resistência elétrica pelo efeito Joule. A resistência aquecida por sua vez aquece a água do banho. As resistências são fabricadas com ligas de níquel-ferro ou níquel-cromo e podem ser de 2 tipos: contato direto ou blindadas. As resistências blindadas apresentam maior segurança contra choques elétricos. O chuveiro permite o aquecimento de 10-15°C, produzindo água a uma temperatura entre 30-40°C, e oferecendo grande conforto térmico para o banho. A maioria dos chuveiros em baixa pressão (1 a 2 mca) possuem vazões no máximo 3,5 l/min. Devido ao seu baixo custo, facilidade de instalação e baixa manutenção, o chuveiro elétrico tornou-se a forma predominante de aquecimento da água para banho, estando presente em cerca de 85% das residências no Brasil.

Tabela 4. Evolução da Posse de Eletrodomésticos em MG (% Consumidores)

Aparelho	1990	1996
Chuveiro Elétrico	79,6	90,1
Televisão	82,1	90,4
Geladeira de 1 Porta	65,0	73,3
Freezer	4,7	8,9
Rádio Relógio	17,3	24,5
Máquina de Lavar Roupa	12,0	45,6
Videocassete	3,8	20,5
Aparelho de Som	37,1	58,9

Fonte: Vieira, 1996

O consumo de eletricidade no Brasil em 2004 foi 359.564 GWh (BEN), dos quais o setor residencial consome cerca de 22%. O setor residencial tem grande participação no horário de ponta, sendo que por volta de 19 corresponde a 30% do consumo total, superando até mesmo o industrial. O uso de chuveiro elétrico corresponde a 30% do consumo residencial cerca de 7% de todo o consumo nacional de eletricidade. Durante o horário de ponta do sistema elétrico (18-21h), durante alguns minutos ele chega a ser responsável por até 26% do consumo total de energia elétrica do Brasil, e em média 18% (Eletrobrás). Pesquisa do PROCEL (1988) mostrou que no período de ponta em cerca de 50% das residências, pelo menos 1 chuveiro é ligado. As regiões Sul e Sudeste, que possuem a maior concentração populacional e maior poder aquisitivo, são responsáveis por cerca de 90% da eletricidade total consumida para aquecimento de água.

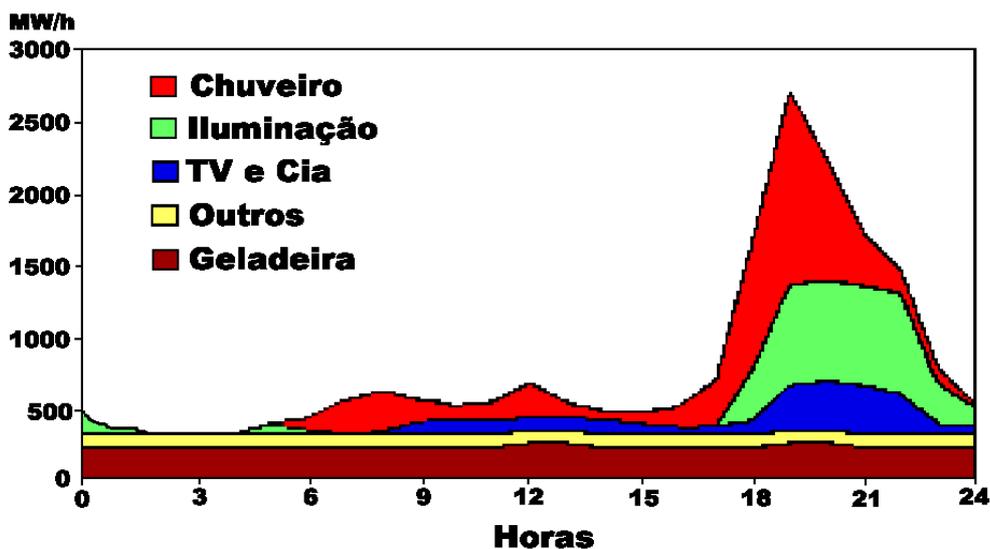


Figura 3. Curva de Carga Residencial no Sistema CEMIG

Tabela 5. Características da Eletricidade Residencial

Consumo Eletricidade Residencial		Composição de Preços Energia Elétrica	
Chuveiro	20,7%	Impostos e Contribuições	37,7%
Lâmpadas	12,3%	Geradoras	29,0%
Geladeira	34,1%	Distribuidoras	26,8%
Outros	29,9%	Custo Transmissão	6,5%

Fonte: Abradee - Associação Brasileira de Distribuidoras de Energia Elétrica. EM 15/05/2005

Em alguns países existe proibição para instalação de aquecedores de passagem com potência superior a 3.500 W, mas no Brasil não existe nenhuma restrição à instalação de chuveiros elétricos. A potência média dos chuveiros existentes atualmente no Brasil é de 5.400 W, sendo que os modelos topo de linha podem chegar a 8.000 W. Existem também no mercado alguns aquecedores de passagem para hidromassagens ou duchas com potências de 12.000 W. Verifica-se que a potência dos chuveiros tem aumentado ao longo dos anos. Em 1983 a potência nominal dos chuveiros era 3000 W e a real 3600 W (CEMIG, 1983), e nos últimos 10 anos passou de 4200 W para 5200 W, sendo que no período de 2005-2006 passou de 4.800 W para 5.400 W.

Tabela 6. Quadro Sinótico do Uso do Chuveiro Elétrico

Vantagens	Desvantagens
Ponto de Vista Consumidor	
<ul style="list-style-type: none"> - Baixo Custo - Alto Rendimento Térmico 98% - Consumo sob demanda (Just in Time) - Fácil Instalação - Fácil Manutenção - Sem risco legionella 	<ul style="list-style-type: none"> - Riscos de Choque elétrico - Baixa Vazão (2,5-4,0 L/min) - Maior vazão menor Temperatura - Custo Eletricidade
Ponto de Vista Concessionária	
<ul style="list-style-type: none"> - Uso disseminado - Alto consumo (faturamento) 	<ul style="list-style-type: none"> - Uso intensivo no horário de pico - Necessidade investimentos - Baixo rendimento 2a Lei: 2,6 %

O rendimento térmico de todos os chuveiros fabricados no Brasil é superior a 95% (INMETRO), mas o uso da eletricidade para o aquecimento de água para banho configura num mal uso do recurso energético. Quando se usa a energia elétrica em motores, o rendimento exergético pode chegar próximo à 100%. Quando se utiliza energia elétrica para aquecer água para banho (40°C) o rendimento exergético é de apenas (2,6%), desperdiçando-se 97,4% da capacidade de produzir trabalho (exergia). Qualquer fonte de calor menos nobre poderia ser utilizada para produzir calor a esta temperatura.

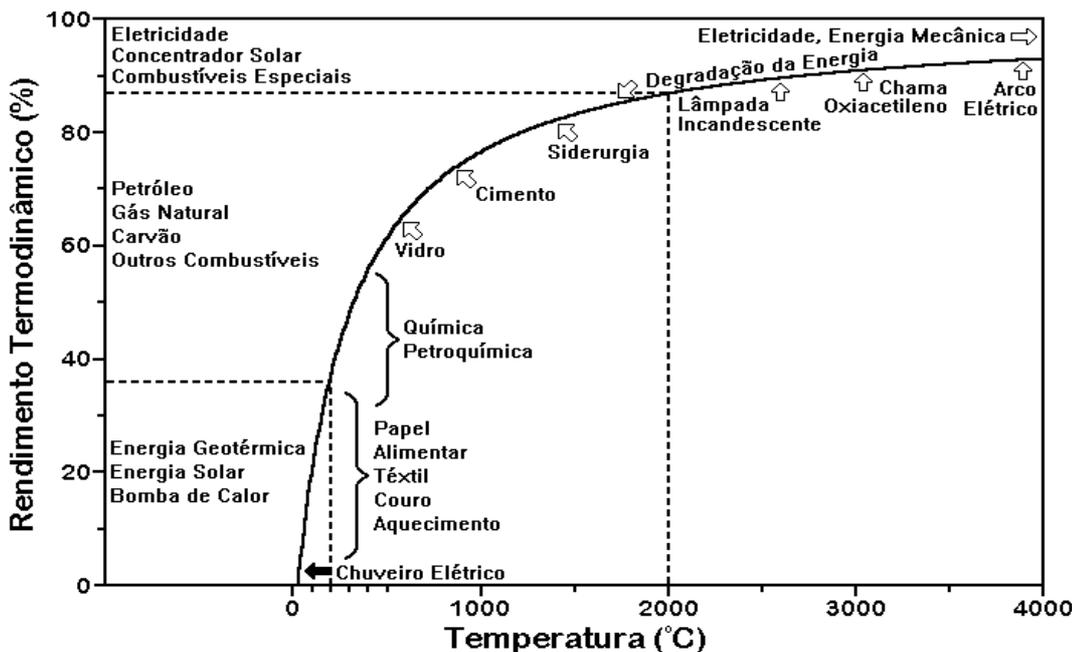


Figura 4. Qualidade da Energia

3.1 Normas Técnicas Sobre Chuveiros Elétricos

Como o chuveiro elétrico é um equipamento tipicamente brasileiro, não existem normas internacionais, existindo somente normas brasileiras.

ABNT. NBR 12086. Chuveiros Elétricos. Verificação da Resistência ao Desgaste ou Remoção da Marcação. CB-3, 2p., 1991 (MB-3423).

ABNT. NBR 12087. Chuveiros elétricos - Determinação da Potência Elétrica. CB-3, 2p., 1991 (MB3424)

ABNT. NBR 12088. Chuveiros Elétricos. Determinação da Pressão Mínima de Funcionamento. CB-3, 2p.; 1991 (MB-3425).

ABNT. NBR 12089. Chuveiros Elétricos. Determinação do Consumo de Energia Elétrica. CB-3, 3p.; 1991 (MB-3426).

ABNT. NBR 12090. Chuveiros Elétricos. Determinação da Corrente de Fuga. CB-3, 2p., 1991 (MB-3427).

ABNT. NBR 5411. Instalação de Chuveiros Elétricos ou Similares. CB-3, 1985, 3p., (NB-22) (Cancelada)

ABNT. NBR 12483. Chuveiros Elétricos - Padronização. CB-3, 1992 (Cancelada)

INMETRO. Aparelhos Elétricos Fixos de Aquecimento Instantâneo de Água - Chuveiros, Torneiras e Aquecedores Elétricos. INMETRO, PROCEL, Programa Brasileiro de Etiquetagem, Regulamento Específico Para Uso do ENCE (Etiqueta Nacional de Conservação de Energia), 06/10/2005, 100p.

<http://www.inmetro.gov.br/consumidor/produtosPBE/regulamentos/chuveiroTornAquec.pdf>

4. ALTERNATIVAS PARA AQUECIMENTO DE ÁGUA DOMÉSTICO

4.1. Aquecedor Elétrico de Água de Acumulação (Boiler)

Os Boilers são aquecedores de água dotados de um reservatório (60-150 litros), construídos de aço carbono, inox 304 ou cobre. O aquecimento é realizado por resistências tubulares de imersão (2 a 3 kW), dotadas de elementos de proteção em cobre ou inox. Alguns modelos industriais podem ter a capacidade de até 5.000 litros e potência 1,5 MW. O isolamento térmico do acumulador é normalmente de espuma de poliuretano ou lã mineral. Existem diversos modelos horizontais e verticais que se adaptam a cada necessidade do usuário e espaço disponível.

Ele proporciona excelente conforto para o banho, e também pode produzir água quente para outras aplicações domésticas. Normalmente o termostato é regulado entre 55 e 65°C, apesar do banho ser a aproximadamente 40°C, de modo a acumular maior calor para o banho, e evitar o desenvolvimento da *legionella*. Diferentemente do chuveiro, a vazão pode ser controlada independentemente da temperatura, permitindo um banho a maiores vazões e maior conforto. Por outro lado, este maior conforto é obtido com um maior consumo de eletricidade.

Apesar de menor potência que o chuveiro elétrico, e da possibilidade de operação com temporizadores fora do horário de ponta, na prática o seu consumo de eletricidade normalmente ocorre durante o período do próprio banho, devido à entrada de água fria no boiler. O rendimento térmico destes aquecedores é estimada em 80%, uma vez que existe uma perda térmica do reservatório e tubulações, que aumentam o consumo de eletricidade.

Tabela 7. Quadro Sinótico do Uso dos Boilers.

Vantagens	Desvantagens
Ponto de Vista Consumidor	
<ul style="list-style-type: none"> - Alta Vazão (conforto) - Ajuste de temperatura e vazão independentes - Funcionamento automático - Uso simultâneo em vários pontos 	<ul style="list-style-type: none"> - Perdas Térmicas (20% /dia) - Maior consumo eletricidade - Custo Eletricidade - Alto Custo Equipamento - Alto Custo Instalação - Risco de Choque elétrico - Risco Desenvolvimento <i>Legionella</i>
Ponto de Vista Concessionária	
<ul style="list-style-type: none"> - Alto consumo (faturamento) - Consumo distribuído ao longo dia 	<ul style="list-style-type: none"> - Baixo rendimento 2a Lei: 3 %

Existem também o risco de proliferação da *Legionella* na água quente do Boiler. A *legionella* é um gênero de bactérias (cerca de 40 espécies), sendo a mais importante a *Legionella pneumophila*, causadora de aproximadamente 85% das infecções. Ela existe em pequenas concentrações em quase todos ambientes aquáticos, podendo sobreviver a condições ambientais diversas. Ela se desenvolve em água parada ou armazenada de temperatura entre 25-45°C. A contaminação se dá sobretudo pelas vias respiratórias quando a água é pulverizada, e as bactérias são transportadas pelo ar e inaladas pelas pessoas, o que ocorre durante o banho. A doença do legionário constitui uma causa freqüente de

pneumonia infecciosa nos países em desenvolvimento. Em 1997 um surto de pneumonia por *legionella* nos doentes transplantados no Hospital da Clínicas, São Paulo, provocados pela bactéria presente no sistema geral de água quente, foi resolvido com uso do chuveiro elétrico.

4.2. Aquecedores Elétricos de Passagem

Os aquecedores elétricos de passagem, também conhecidos como instantâneos (aquecedores centrais, aquecedores de banheiras e torneiras elétricas), possuem basicamente as mesmas vantagens e desvantagens dos chuveiros elétricos. Ocupam menos espaço que os boilers pois não possuem reservatório.

A diferença básica entre os aquecedores de passagem e os chuveiros é que normalmente o aquecedor é instalado afastado do ponto de consumo de água, sendo necessário purgar a tubulação durante 2 a 3 minutos até que água quente chegue na saída. São necessárias também tubulações de cobre isoladas termicamente entre o aquecedor e o chuveiro. No caso dos chuveiros elétricos o aquecimento é realizado no ponto de saída não sendo necessário tubulações especiais. Normalmente possuem uma potência maior que os chuveiros elétricos, e possuem a vantagem de poderem ser utilizados por diferentes pontos de consumo.

4.3. Aquecedores a Gás

Os aquecedores a gás utilizam o gás natural ou GLP para aquecer a água de banho. Podem ser de passagem ou acumulação, sendo o mais difundido o de passagem. São muito utilizados nas cidades que possuem gás canalizado: Rio de Janeiro, São Paulo.

Possuem uma pressão de água melhor que os aquecedores de passagem elétricos, mas são mais caros e de instalação mais difícil e mais cara. Por volta de 2000, CONGÁS em parceria com a eletropaulo e um fabricante estabeleceu um programa de substituição de chuveiros elétricos por aquecedores a gás canalizado em São Paulo, com muito sucesso.

Tabela 8. Quadro Sinótico do Uso dos Aquecedores a Gás

Vantagens	Desvantagens
Ponto de Vista Consumidor	
- Alta Vazão (conforto) - Funcionamento automático - Custo do gás menor que eletricidade	- Alto Custo Equipamento - Alto Custo Instalação - Risco de vazamento de gás
Ponto de Vista Concessionária	
- Diminuição do consumo na Ponta	- Perda de Faturamento

Tabela 9. Custo do Gás de Rua: Tarifas CEG - Vigência: 01/01/2006

Consumidor Residencial	Faixa de Consumo - m ³ /mês	Tarifa limite - R\$/m ³
Gás Manufaturado Conta mínima: 18 m ³ R\$17,68 PCS: 4.300 kcal/m ³	0 - 18	0,9821
	19 - 55	1,3006
	56 - 199	1,5916
	acima de 199	1,6882
Gás Natural Conta mínima: 7m ³ R\$ 15,40 PCS: 9.400 kcal/m ³	0 - 7	2,1994
	8 - 23	2,9102
	24 - 83	3,5612
	acima de 83	3,7677
GLP PCS: 11.900 kcal/kg	faixa única	3,0240 R\$/kg

Além do custo de um banho a gás ser menor (tabela 10), o aquecedor a gás por ter uma potência muito maior, oferece muito mais conforto no banho.

Tabela 10. Comparativo do Custo de um Banho (10 minutos) Gás vs Eletricidade

Banho 10 minutos	Consumo Energético	Preço Energético	Consumo água	Preço Água	Total
Gás 10 kW	0,098 kg	R\$ 3,024/kg	90L	R\$3,016/m ³	R\$ 0,568
Elétrico 5,4kW	0,90 kWh	R\$ 0,676/kWh	40L	R\$3,016/m ³	R\$ 0,729

4.4. Aquecimento Solar

O coletor solar é um equipamento que capta a radiação solar incidente sobre ele, aquecendo uma placa absorvedora e transmitindo o calor para a água que circula em tubos soldados a esta placa. A água aquecida vai sendo armazenada ao longo do dia em um reservatório isolado termicamente. Nos sistemas convencionais a circulação da água entre a placa coletora e o reservatório é devido ao mecanismo de circulação natural, chamado termossifão. Nos sistemas de grande porte (industriais e piscinas) a circulação é realizada por meio de bombas. Normalmente o sistema fornece água a 60°C de modo a prevenir o desenvolvimento da *legionella*.

O Brasil é um país tropical sujeito a uma grande incidência de radiação solar (média anual 14 a 22 MJ/m².dia). Assim, os coletores solares permitem uma grande produção térmica, capaz de suprir as necessidade de água quente de uma residência. Em construções novas, a sua instalação é relativamente simples, mas nas construções já existentes, o custo de instalação é elevado devido à necessidade de instalação da tubulação de água quente. O coletor solar ainda é um equipamento relativamente caro, sendo seu uso restrito à população de maior poder aquisitivo, mas já existem no mercado produtos populares com preços a partir de R\$ 600,00.

Tabela 11. Quadro Sinótico do Uso dos Aquecedores Solares

Vantagens	Desvantagens
Ponto de Vista Consumidor	
- Custo zero de energia - Alta Vazão (conforto)	- Alto Custo Equipamento - Alto Custo Instalação - Impossibilidade de Instalação em certos locais
Ponto de Vista Concessionária	
- Diminuição do consumo na Ponta	- Perda de Faturamento

4.5. Bomba de Calor

A bomba de calor é uma máquina térmica que move o calor de um ponto para outro. Existem vários efeitos físicos utilizados em bombas de calor, mas o mais comum são os ciclos reversos de refrigeração. Quando se utiliza um aquecedor elétrico a quantidade de calor produzido é no máximo a potência elétrica consumida (rendimento 100%). Como a bomba de calor move fluxos de calor pode-se obter uma quantidade de calor maior que a potência elétrica consumida. Nas bombas de calor não se usa o conceito rendimento térmico, a relação entre calor produzido e consumo de energia elétrica é chamado "Coeficiente de Desempenho" COP. Uma bomba de calor típica tem um COP de aproximadamente 3 (300%), enquanto que um aquecedor elétrico tem um COP máximo de 1.

Outra vantagem das bombas de calor é que podem também operar de forma inversa e produzir frio em sistemas de ar condicionado. O seu alto custo dificulta a sua difusão.

Tabela 12. Quadro Sinótico do Uso de Bombas de Calor

Vantagens	Desvantagens
Ponto de Vista Consumidor	
- Menor consumo de eletricidade - Alta Vazão (conforto)	- Alto Custo Equipamento - Alto Custo Instalação
Ponto de Vista Concessionária	
- Diminuição do consumo na Ponta	- Perda de Faturamento

4.6. Mudança de Hábito

O consumo de energia é uma questão de hábito. O desenvolvimento econômico cria no indivíduo uma nova necessidade de conforto, que cria novos hábitos, que requerem maior uso de energia. Ao longo do tempo a sociedade brasileira incorporou o hábito do banho diário, e nos últimos 50 anos o hábito do banho quente. O chuveiro elétrico, devido ao seu baixo custo, foi um dos responsáveis pela universalização deste hábito. É conhecimento comum, que a 50 anos atrás a população não tinha o hábito do banho diário.

Uma vez que um hábito está incorporado na sociedade, não é politicamente correto questionar este hábito, mas é sabido que os habitantes dos países "desenvolvidos" não possuem o hábito do banho diário. Mas se é politicamente incorreto questionar o banho diário, ainda é possível questionar o banho no horário de ponta. Algumas tentativas estão sendo realizadas no sentido de deslocar o banho do horário de ponta. O horário de verão é um mecanismo que modifica

o perfil de consumo no horário de ponta. Ele tem resultado em uma economia de 2 a 3%, mas de considerável custo econômico e social. Um outro mecanismo é o controlador de demanda, dispositivo que durante o horário de ponta limita o consumo de energia em uma residência, impedindo o uso do chuveiro neste período.

5. CONCLUSÕES

O chuveiro elétrico é uma tecnologia brasileira, desenvolvida no fim dos anos 40, que, devido a sua difusão, modificou os hábitos de banho do povo brasileiro. Se num primeiro instante, a sua difusão permitiu uma melhoria na qualidade de vida, hoje se tornou um problema do ponto de vista energético. A quantidade de energia elétrica consumida nos chuveiros elétricos é aproximadamente a quantidade de energia importada pelo Brasil.

O chuveiro elétrico é um equipamento de uso individual, de grande demanda energética. É um dos símbolos de conforto de toda sociedade Brasileira. A política atual de tarifas subsidiadas incentiva os consumidores de menor poder aquisitivo (classes C e D) ao uso do chuveiro elétrico. Recomenda-se num primeiro momento a instalação de controladores de demanda em todas as residências que possuem tarifas subsidiadas.

O custo baixo (irrisório) do chuveiro elétrico, inviabiliza economicamente (do ponto de vista do consumidor) os demais equipamentos de aquecimento de água, sobretudo o aquecedor solar. A Secretaria da Receita Federal (DOU22/09/2006) diminuiu o IPI dos chuveiros elétricos para 5% para beneficiar a população mais pobre (sic). A proibição da comercialização dos chuveiros de resistência aberta (permitindo somente os chuveiros de resistência blindada, mais seguros), torna os demais sistemas de aquecimento de água economicamente competitivos. Uma política de incentivos e de juros baixos, pode democratizar o uso dos aquecedores solares.

A substituição dos chuveiros elétricos por sistemas solares, diminui o consumo de energia elétrica, e desloca em parte o pico de demanda de consumo. O custo da produção, transmissão e distribuição da eletricidade encontra-se em torno de US\$2500/kW. O custo de um sistema solar é cerca de US\$1000,00, muito inferior ao investimento necessário para produzir a energia elétrica consumida por um chuveiro elétrico. É economicamente vantajoso para as concessionárias de eletricidade a instalação de aquecedores solares (até mesmo gratuita) nos consumidores residenciais. A energia elétrica é a forma mais nobre de energia, e não deveria ser utilizada para aquecimento de água a baixa temperatura (forma mais degradada de energia). O Brasil necessita de eletricidade para o seu desenvolvimento, e não pode prescindir desta parcela de energia.

A avaliação dos equipamentos térmicos é normalmente realizada somente a partir de uma análise tecno-econômica. Os custos sociais e humanos não são computados no custo-benefício imediatamente relacionados com o resultado financeiro. A análise do custo do chuveiro elétrico não deve ser realizada somente pelo custo do equipamento. Os custos de geração e transmissão também devem ser considerados. Como é a sociedade que arca com o custo da instalação do sistema energético, é necessário uma análise social do seu uso. Como estes custos são socializados, a sociedade deve interferir no seu uso.

6. REFERÊNCIAS

BRASIL, MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, 2005. Balço Energético Nacional BEN 2005: Ano Base 2004. Brasília, Ministério das Minas e Energia, 188p, ISS 0101-6636.

CEMIG - Companhia Energética de Minas Gerais, 1983. Consumo Médio de Aparelhos Eletrodomésticos. ED-5.36, 25p., Novembro 1983.

COMPANHIA PAULISTA DE FORÇA E LUZ, 1987. Análise Comparativa do Desempenho de Aquecedores Elétricos de Acumulação em Função de Suas Características Técnicas e Condições de Serviço; Relatório. Campinas.

IBGE. 2006. <http://www.ibge.gov.br>

INMETRO, 2006. Tabela de Consumo de Energia Elétrica - Chuveiros Elétricos - Edição 02/2006. Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial, Programa Brasileiro de Etiquetagem. http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/PBE5_Ed02_06.pdf

INMETRO, 2006. Tabela de Consumo de Energia Elétrica - Torneiras e Aquecedores Elétricos - Edição 02/2006. Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial, Programa Brasileiro de Etiquetagem. <http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/PBE8.pdf>

LÉRY Jean de, 1557. Histoire d'un Voyage Fait en la Terre du Brésil. Paris, EPI Editeurs, 1972, 254p.

PRADO Racine T.A., GONÇALVES Orestes M., 1997. O Efeito do Chuveiro Elétrico na Demanda de Energia em Apartamentos de Baixa Renda. Eletricidade Moderna, v.25, n.283, p.161-4, 6-9, Outubro 1997.

VIEIRA, Marta, 1996. Consumo de Energia Explode no Estado. Estado de Minas, 11/08/1996, Caderno Economia, p.1-2.

Anexo 1. Tabela 1 - Chuveiros Elétricos

MARCA	MODELO	1994		Março 1997		Abril 2006	
		Watts	US\$	Watts	R\$	Watts	R\$
Botega	Ducha Elet Thermo System	----	----	----	----	5200	92,90
Cardal	Ducha Standart	5100	104,00	----	152,74	5100	224,60
	Ducha Clássica c/ Desviador	----	----	----	----	5500	272,73
	Ducha Cromada (5 luxo)	5100	177,00	----	245,37	5500	575,00
	Potenza Pressurizada	----	----	----	----	7600*	249,00
Corona	Ballerina	----	----	----	----	5400	18,90
	Banho Total	6500*	210,00	----	212,89	5500	359,00
	Belo Banho	----	----	----	----	5400	36,90
	Bol	----	----	----	----	5500	32,90
	Ducha standart SS	4250	8,20	4250	10,61	5400	23,90
	Ducha Corona II	4250	18,00	4250	23,81	5400	42,90
	Ducha Status Cromada	4250	20,00	4250	54,57	----	----
	Ducha 4 Estações Blindada	6500*	77,50	7500*	125,93	5500	249,00
	Gorducha	----	----	----	----	5400	26,25
	Gorducha Light	----	----	----	----	4000	34,50
	Jato Obediente	----	----	4250	28,50	5400	74,82
Mega Banho	----	----	----	----	5500	195,90	
Fame	Banho Econômico	----	----	----	----	5400	30,00
	Banho Máximo Eletrônico	----	----	----	----	7000*	358,00
	Banho Nosso	----	----	----	----	5400	119,90
	Chuveiro Tradicional	4200	34,00	4200	49,90	4800	98,00
	Ducha JD Jato Dirigível	4200	28,00	4200	39,90	----	----
	Jato Forte	4200	180,00	----	----	----	----
	Ki Banho	----	----	----	----	5200	34,90
	Super Ducha	4200	7,50	4200	11,90	5200	33,90
Jauense	Chuveiro Robot [Canhos]	5100	38,00	----	----	5100	93,60
KDT	Ducha Iguaçu	8800*	112,00	8800*	233,91	----	----
	6T	8800*	----	----	----	8800*	559,90
Lorenzetti	Belo Banho	----	----	----	----	5400	30,30
	Blinducha	----	----	----	----	5000	236,60
	Chuveiro Tradição	4400	42,00	4400	61,08	5400	103,93
	Ducha LorenDuxa	5400	22,00	4400	34,90	5400	64,05
	Ducha Jet Set	4400	32,50	4400	40,50	6800	90,26
	Ducha Jet Master	5400	115,00	5400	134,74	5400	139,20
	Ducha Jet Turbo	5400	133,00	5400	179,90	5400	158,90
	Futura Master	----	----	----	----	7500*	146,08
	Futura Turbo	----	----	----	----	7500*	290,00
	Maxi Banho	----	----	----	----	5400	19,97
	Maxi Ducha Plus	4400	7,50	4400	10,90	5400	23,58
	Relax 3T	----	----	----	----	4400	41,97
Super Banho	----	----	----	----	4400	150,20	
Louzano	Ducha Forte	----	----	----	----	5400	17,59
	Ducha Stillo	----	----	----	----	5400	17,59
Sintex	Ducha Econômica	----	----	----	----	4400	21,07
	Ducha Eletrônica	----	----	----	----	5400	99,00
Zagonel	Ducha Master	----	----	----	----	5000	96,95
	Ducha Eletrônica	----	----	----	----	5000	114,55

220V Março 1997: US\$1,00 = R\$ R\$ 1,05. Abril 2006: US\$1,00 = R\$2,15

Tabela 2 - Aquecedores de Passagem

MARCA	MODELO	1994		Março 1997		Abril 2006	
		Watts	US\$	Watts	R\$	Watts	R\$
Cardal	Central 6000 B	8200*	210,00	----	----	----	----
	Central 4000 BX	7800*	190,00	----	----	----	----
	Individual	5100	137,00	----	203,63	----	----
	Hidromassagem	5200	192,00	----	----	----	----
Corona	Aquecedor Multiuso	----	----	----	----	----	----
	Aquecedor	6500*	----	4250	38,63	----	----
	Torneira Elétrica PVC	4250	26,00	4250	36,92	----	----
	Torneira Quente Articuláv 4T	----	----	----	----	4400	118,11
Fame	Torneira Elétrica Cromada	4200	37,00	4200	39,90	----	----
	Torneira Eletrônica	----	----	----	----	4800	124,00
	Aquecedor Metálico	4200	95,00	----	----	4800	74,80
KDT	Aquecedor Central Eletr.	8800*	274,00	----	----	----	----
	Aquecedor Eletr. Hidrom.	8800*	289,00	----	----	----	39,30
Lorenzetti	Torneira Elétrica PVC	4000	24,00	---	---	4400	60,00
	Torneira Elétrica Cromada	4000	57,00	---	---	---	---
	Maxi Aquecedor	4000	31,00	---	---	5400	71,00
	Maxi Torneira	----	----	----	----	4400	69,90
	Aquecedor Plus	----	----	----	----	5400	76,45
	Aquecedor Hidromassagem	4000	35,00	----	----	----	242,00
	Torneira Intima	----	----	----	----	2500	115,60
	Torneira Clean	----	----	----	----	----	119,90

* 220V

Tabela 3 - Aquecedores a Gás

MARCA	MODELO	Abril 2006	
		Watts	R\$
Bosh	WB150 7.5L	10.460	635,60
Junkers	WB350-4 17.6L		1.450,00
Komeco	L8	11.200	549,00
	L15 KO660S		730,00
	L18 KO1200		900,00
Lorenzetti	LZ700	10.030	499,00
	L8	13.700	499,90
	LO 1800 GN BR 15L		825,00
	LO-2200		1.250,00
Rinnai	REU83BR10L	14.600	459,90
	REU103BR 16L	18.400	599,90
	REU154BR 18L		699,90
	REU152BRF 18L		1.590,00
	REU16FEA 25L		2.690,00
Sakura	SH-608 8L		556,55
	SH-868 14L	21.980	668,06
	SH-890 18L	24.420	809,98

COMPARISON ANALYSIS OF HOME WATER HEATING SYSTEMS

Paulo Cesar da Costa PINHEIRO

Departamento de Engenharia Mecânica da UFMG

Av. Antônio Carlos 6627, 31270-901 Belo Horizonte, MG

Tel: (031) 3499-5451, 3499-5140 Fax: (031) 3443-3783

e-mail: pinheiro@netuno.lcc.ufmg.br, pinheiro@demec.ufmg.br

Abstract

The electric shower is a Brazilian technology, developed in the end of the 40th. Due its low cost, easy installation and low maintenance, the electric shower became the predominant form of shower water heating, being present in about 85% of the Brazilian homes. The intensive use of the electric shower is pointed as the great responsible for residential energy consumption. It is also one of the main cause for the electrical system peak, due to both its great power consumption and the Brazilian's habit to take shower after arriving from work. Due to the Brazilian energy situation, it is necessary to reduce the demand of power consumption in the hours of electrical system load curve peak. This work presents an analysis of the use of the electric shower for the domestic water heating, comparing it with other water heating systems and shower domestic devices. It shows solutions to minimize the problem of energy peak demand.

Keywords: Electric Shower, Solar Heater, Electricity, Energy Economy, Energy Planning