

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ

Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Energia

**COMPARANDO ALTERNATIVAS PARA USO DO GÁS
CANALIZADO: CENTRAIS TERMELÉTRICAS OU
AQUECIMENTO DE ÁGUA EM RESIDÊNCIAS**

JOSUÉ PEREIRA MELO

ITAJUBÁ

Abril/2003

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ

**COMPARANDO ALTERNATIVAS PARA USO DO GÁS
CANALIZADO: CENTRAIS TERMELÉTRICAS OU
AQUECIMENTO DE ÁGUA EM RESIDÊNCIAS**

JOSUÉ PEREIRA MELO

Orientador: Prof. Dr. JAMIL HADDAD

Co-orientador: Prof. Dr. HECTOR ARANGO

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Itajubá, para obtenção de título de Mestre em Ciências da Engenharia de Energia, área de concentração: uso racional de energia.

ITAJUBÁ

Abril/2003

DEDICATÓRIA

Dedico esta dissertação a meus pais Daisy e Ivo, fato em si de importância incomparável, e que além disso, empenharam-se em fazer o que acreditaram ser melhor para os filhos. E às pessoas de participação destacável em minha vida, minha esposa Rosângela e os meus amigos Suely, Quaresma e João Paulo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao prof. Jamil pelo apoio e amizade, ao prof. Hector pela colaboração e entusiasmo durante a pesquisa, e a Vasco e Ubiratan pela confiança e motivação. À todos que, apesar de não citados nominalmente, contribuíram de alguma forma para esta realização.

SUMÁRIO

	Página
Dedicatória	i
Agradecimentos	ii
Sumário	iii
Lista de figuras	v
Lista de tabelas	vi
Lista de siglas, abreviaturas e símbolos	viii
Curriculum vitae	x
Resumo	xi
Abstract	xi
I – CONCEITOS INTRODUTÓRIOS	1
Considerações sobre o setor de gás natural	1
Estoque de gás	2
Infra-estrutura para transporte de gás	3
Motivação para expansão do sistema de distribuição	3
II – ANÁLISE DO USO DO CHUVEIRO ELÉTRICO E A PROBABILIDADE DE IMPACTO NA DEMANDA DE ENERGIA NO HORÁRIO DE PONTA	4
Duração de banho	4
Verificação da variação da duração de banho por características populacionais	10
Determinação do fator de coincidência do chuveiro elétrico	13
III – FATORES DE ESCOLHA ENTRE ENERGÉTICOS PARA AQUECIMENTO DE ÁGUA PARA BANHO	19
Padrão de conforto	23
Custo comparativo	23
Custo de implantação.....	24
Custo de operacional	25

Determinação da potência do chuveiro ao longo do ano	26
Eficiência dos aquecedores de água para banho	30
Custos de água	36
Consumo de água em residências	39
Custo médio mensal da utilização de água para banho	41
Custos operacionais dos aquecedores instantâneos elétrico e à gás	42
Avaliação dos motivos para o uso do gás canalizado para aquecimento de água para banho	43
IV- EFEITOS ECONÔMICOS DA UTILIZAÇÃO DO GÁS CANALIZADO EM CENTRAIS TERMELÉTRICAS OU PARA AQUECIMENTO DE ÁGUA RESIDENCIAL PARA BANHO	44
Algumas características do Estado de São Paulo de interesse a esta análise	44
Efeitos do chuveiro elétrico na demanda de energia no horário de pico ..	45
Efeitos da substituição de chuveiro elétrico por aquecedores à gás	48
Efeitos sobre a demanda de energia elétrica	48
Efeitos econômicos	49
Custos relacionados a termelétricas	49
Custos relacionados a infra-estrutura de distribuição de gás e ao consumo devido ao aquecimento de água para banho	51
Comparação entre as alternativas de investimento	54
V. CONCLUSÕES	57
VI – SUGESTÕES DE PESQUISA	63
VII – APÊNDICE	64
VIII. BIBLIOGRAFIA	68

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1 – Distribuição do uso do chuveiro elétrico em função da duração do banho	7
Figura 2 – Distribuição do intervalo de duração de banho	10
Figura 3 – Tendência de duração média do banho por número de moradores na residência	13
Figura 4 – Probabilidade do uso de chuveiro elétrico em função do horário	16
Figura 5 – Temperatura média na cidade de São Paulo	28
Figura 6 – Curva de eficiência de um chuveiro elétrico com quatro posições de aquecimento, em função da potência	31
Figura 7 – Curva de eficiência típica de um aquecedor à gás em função da potência disponível	34
Figura 8 – Demanda de água para banho associada ao nível de conforto	38
Figura 9 – Efeito no consumo de água por aparelho e quantidade de Usuários	41
Figura 10 – Efeito no custo de utilização da água por aparelho e quantidade de usuários	42
Figura 11 – Custos operacionais dos aquecedores instantâneos de água em função da quantidade de usuários	42
Figura 12 – Distribuição de banheiros por domicílio no Estado de São Paulo	46
Figura 13 – Freqüência do número de habitantes por residência	52

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1- Dados da amostra da pesquisa da de hábitos de consumo residenciais de energia	6
Tabela 2 – Distribuição da duração do banho	6
Tabela 3 – Dados da amostra, pesquisa 2 – parte A	8
Tabela 4 – Dados da amostra, pesquisa 2 – parte B	9
Tabela 5 – Dados da amostra, pesquisa 2 – amostra agrupada	9
Tabela 6 – Distribuição do intervalo de duração do banho	9
Tabela 7 – Distribuição da amostra por sexo e faixa etária	11
Tabela 8 – Probabilidade da duração de banho feminino ser maior do que o masculino	11
Tabela 9 – Duração do banho por faixa etária	12
Tabela 10 – Distribuição da duração de banho em função da quantidade de moradores na residência	12
Tabela 11- Número de entrevistas da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios na Região Sudeste	15
Tabela 12 – Distribuição da freqüência relativa de banho	15
Tabela 13 – Número de eventos por intervalo de 15 min	17
Tabela 14 – Intervalos de elevação e temperatura máximas da água no reservatório	28
Tabela 15 – Tempo de utilização das potências do chuveiro elétrico de 5200 W em um ano	30
Tabela 16 – Tempo de utilização das potências do chuveiro elétrico de 4400 W em um ano	30
Tabela 17 – Dados do chuveiro elétrico com quatro níveis de potencia	31
Tabela 18 – Potência dos chuveiros elétricos – pesquisa de 1983	32
Tabela 19 – Eficiência de aquecedores à gás com vazão de 5 a 10 l/min	32
Tabela 20 – Eficiência de aquecedores à gás com vazão de 10 a 15 l/min ...	33
Tabela 21 – Eficiência de aquecedores à gás com vazão de 15 a 20 l/min ..	33
Tabela 22 – Eficiência de aquecedores à gás com vazão de 20 a 25 l/min ..	33
Tabela 23 – Comparação de consumo e custo médios do chuveiro elétrico de 5200 W e aquecedores à gás diversos, por pessoa	35
Tabela 24 – Comparação de consumo e custo médios do chuveiro elétrico de 4400 W e aquecedores à gás diversos, por pessoa	35

Tabela 25 - Utilidade: chuveiro – Consumo mensal em litros	39
Tabela 26 - Utilidade: torneiras – Consumo mensal em litros	39
Tabela 27 - Utilidade: descarga – Consumo mensal em litros	40
Tabela 28 - Custo adicional para a utilização de gás em substituição à energia elétrica para aquecimento de água para banho	43
Tabela 29 – Capacidade instalada e acréscimo da capacidade no Estado de São Paulo, em MW	45
Tabela 30 - Quantidade de banheiros por tipo de domicílio no Estado de São Paulo	46
Tabela 31 - Produção para suprir a demanda e o consumo de energia devido ao banho	50
Tabela 32 - Produção para a qual o VPL se iguala ao custo de implantação .	50
Tabela 33 - Distribuição do número de componentes por residência	51
Tabela 34 - Estudo de viabilidade de implantação de gasoduto para atender 200 hab/km	53
Tabela 35 - Estudo de viabilidade de implantação de gasoduto para atender 300 hab/km	53
Tabela 36 - Estudo de viabilidade de implantação de gasoduto para atender 400 hab/km	53
Tabela 37 - Produção para suprir a demanda e o consumo de energia devido ao banho	55
Tabela 38 - Produção para a qual o VPL se iguala ao custo de implantação .	55
Tabela 39 - Formulário para pesquisa	64
Tabela 40 - Custo anunciado de termelétricas à gás	64
Tabela 41 - Produção de energia apenas para atender a demanda e o consumo de pico	65
Tabela 42 – Produção de energia que torna o VPL igual ao custo de Implantação	65
Tabela 43 – Produção de energia apenas para atender a demanda e o consumo de Pico	65
Tabela 44 – Produção de energia que torna o VPL igual ao custo de Implantação	65
Tabela 45 – Fluxo financeiro do Estado devido à programa de incentivo a substituição do chuveiro elétrico por aquecedores à gás, sem considerar o consumo de gás	66
Tabela 46 – Fluxo financeiro do Estado devido à programa de incentivo a Substituição do chuveiro elétrico por aquecedores à gás, considerando o consumo de gás	67

LISTA DE SIGLAS, ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

R/P : reserva por produção
% : porcentagem
°C : grau Celsius
y : média da amostra
a. a. : ao ano
ANEEL : Agência Nacional de Energia Elétrica
Btu: Unidade térmica britânica
CSPE : Comissão de Serviços Públicos de Energia
E : elevação de temperatura máxima da água no reservatório
Er : Elevação de temperatura de referência
GLP : gás liquefeito de petróleo
h : horas
hab : habitante
IBGE : Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
kcal/h : quilocaloria por hora
km : quilômetro
km² : quilômetro quadrado
kW-h : quilowatt hora
kW-h/ano : quilowatt hora por ano
kW-h/mês : quilowatt hora por mês
l : litro
l.min⁻¹ : litros por minuto
l/min : litros por minuto
m³ : metro cúbico
m³/mês : metro cúbico por mês
min: minutos
min/dia : minutos por dia
MMBtu : milhões de Btu
MW : mega watt
n : total de elementos da amostra
ONS : Operador Nacional do Sistema Elétrico
P(dbfem > dbmasc): probabilidade da duração de banho feminino ser maior do que a do masculino
PNDA : pesquisa nacional por amostra de domicílios
R\$: reais
R\$/ano : reais por ano
R\$/mês : reais por mês
SABESP : Companhia de Abastecimento e Saneamento Básico do Estado de São Paulo
SEADE : Fundação Estadual de Análise de Dados
sqr(n) : raiz quadrada de n

t/min : tempo em minutos
TIR : taxa interna de retorno
t_m : temperatura do mês que se deseja obter a elevação máxima de temperatura do reservatório
t_v : temperatura média dos meses de verão
US\$: dólar americano
V : volt
VPL : valor presente líquido
W : Watt
z : variável normal padronizada
a : nível de significância
s : desvio padrão

CURRICULUM VITAE

Josué Pereira Melo

Nascimento: 12/04/1966

Naturalidade: Ribeirão Pires - SP

Nacionalidade: Brasileira

jopermelo@bol.com.br

Pós Graduação

1. Especialização no Novo Arcabouço Regulatório e Institucional dos Setores de Energia Elétrica e Gás Natural (CENÁRIOS)

UNIFEI/UNICAMP/USP

São Paulo - 2001

2. Especialização em Administração Industrial

Fundação Carlos Alberto Vanzolini/USP

São Paulo -1994

Superior

Engenharia Química

Escola Superior de Química Oswaldo Cruz

São Paulo –1992

Atualização: Diversos cursos

Publicações

Livro: Cenários do gás canalizado no Estado de São Paulo. Editora : Artliber
1º Edição, 2002. 236 p.

Artigos: diversos

Experiência Profissional

Trabalhou por 14 anos na Companhia de Gás de São Paulo, onde após se formar ocupou o cargo de engenheiro. Atuou no processo petroquímico de produção de gás canalizado a partir da nafta; operação de distribuição de gás canalizado; comercialização de gás e orientação técnica sobre energia; e engenharia de redes de distribuição de gás canalizado.

Há 3 anos é especialista em energia na agência reguladora e fiscalizadora dos serviços de distribuição de gás canalizado e energia elétrica do Estado de São Paulo, a CSPE, na qual as principais atividades são análises e pareceres de aspectos técnicos e regulatórios relacionados aos serviços e à regulação do gás canalizado; dimensionamento e análise técnica de expansão redes ou de sistemas de distribuição de gás canalizado e fiscalização técnica e comercial dos serviços de distribuição de gás canalizado.

RESUMO

Esta dissertação analisa a melhor alternativa para utilização do gás natural a partir do enfoque do uso final de energia, particularmente para aquecimento de água para banho, considerando as hipóteses do seu emprego em geração termelétrica ou aquecimento de água em residências. A análise entre alternativas é vista das perspectivas microeconômica e macroeconômica, ou seja, dos seus efeitos para os usuários e para o Brasil.

O enfoque no usuário visa verificar a utilização sustentável dos recursos por meio da sua aplicação nos processos mais eficientes. Além disso, contempla a motivação dos usuários na escolha do energético para atendimento das suas necessidades, o que possibilita estabelecer planos factíveis para o setor energético.

Do ponto de vista do país, torna evidente o motivo do insucesso do implantação de termelétricas em mercado competitivo, e indica as diretrizes a serem implantadas para a inserção do gás natural na matriz energética brasileira de forma a atender a demanda de energia da sociedade e com a aplicação eficaz dos recursos financeiros disponíveis.

ABSTRACT

This dissertation analyzes the best utilization alternative of natural gas from the focus of the final use of energy, particularly to heat water to bath, considering the hypothesis of applying it in thermal generation or heat water in residences. The analysis of alternatives is seen from microeconomic and macroeconomic perspectives, that is, from its effects to users and to Brazil.

The focus on users aims to verify the sustainable use of resources by means of its application at the most efficient processes. Moreover, regards the users motivation to choose energetic means to satisfy their needs, what makes it possible to establish feasible plans to energy area.

From the point of view of the country, the motives of failure to establish thermal units in competitive market are evident, and indicate the directions to be taken to insert natural gas in the Brazilian energetic matrix as a way of meeting the society's energy demand and with efficient utilization of available financial resources.

I – CONCEITOS INTRODUTÓRIOS

Esta dissertação visa analisar a melhor destinação para o gás natural, comparando a possibilidade de substituição de energia elétrica por gás para aquecimento de água para banho com a utilização na termelétricidade.

A verificação da possibilidade de substituição de energéticos pelo usuário final de energia deve considerar os diversos fatores que influenciam a utilização do gás natural. Neste contexto, este estudo busca discutir tanto aspectos econômicos como aspectos de psicologia comportamental, para isto procurar-se-á verificar entre outros aspectos: (1) hábitos da população concernentes ao banho; (2) efeito do chuveiro elétrico sobre o sistema de transporte da eletricidade, mormente no horário de pico; (3) fatores de escolha dos usuários entre um e outro energético; e por fim, (4) efeitos macroeconômicos do gás natural e da utilização da energia elétrica para aquecimento de água para banho, a partir da hipótese de que a energia elétrica demandada pelos chuveiros elétricos seria gerada por termelétricas a gás.

O estágio de desenvolvimento de ambos energéticos é abordado, com o intuito de verificar as condições de acesso a um ou outro sistema. Neste tocante, o sistema elétrico brasileiro encontra-se em estágio de desenvolvimento avançado comparativamente ao sistema de gás canalizado, possuindo boa capacidade de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica. Todavia deve ser reconhecida que há restrições importantes e que um contingente expressivo da população ainda não tem acesso a este serviço. Ainda assim, o sistema atual permite nos meio urbano acesso relativamente fácil a este energético.

O gás canalizado, embora seja utilizado a mais de um século no Brasil, encontra-se em estágio ainda incipiente. Devido ao caráter recente, optou-se fazer a seguir algumas considerações sobre este setor energético, com o fim de transmitir uma idéia da possibilidade de uma maior inserção sua na matriz energética brasileira, particularmente no Estado de São Paulo, que foi adotado como referência para o presente estudo.

Considerações sobre o setor de gás natural

Vários fatores estão relacionados com a inserção de gás canalizado (gás natural) na matriz energética. Alguns estão relacionados às políticas governamentais que induzem aos agentes a proverem recursos para tal finalidade, como quantidade de estoque e infra-estrutura.

A determinação da quantidade de estoque passa por uma decisão de governo em incentivar a prospecção de recursos em seu território, entretanto, uma vez determinada a quantidade de reservas a sua importância está no conhecimento da quantidade de gás que poderá ser explorada, no custo desse recurso e na delimitação do horizonte de consumo.

Estes aspectos influenciam a opção do aproveitamento do gás natural, tanto pelos governos quanto pelos usuários, referenciando o planejamento e sua posterior

implementação para a inserção desse combustível na matriz energética em questão, ou seja, nacional ou territorial no caso de um país ou Estado deste país, ou individual, no caso do usuário de energia.

A infra-estrutura de distribuição tem importância fundamental na acessibilidade do gás, indispensável para o seu aproveitamento. Tem importância também no preço final do gás para o usuário, uma vez que os investimentos em infra-estrutura de rede são elevados.

A abordagem de todos os temas que serão discutidos terão como referência o Estado de São Paulo, devido ao a familiaridade do autor com a distribuição e regulação dos serviços públicos de gás canalizado nesse estado. Contudo, os resultados são extrapoláveis a qualquer estado da federação, assim como os efeitos da substituição do chuveiro elétrico por aquecimento à gás tem impacto de alcance nacional.

Estoque de gás

O estoque neste texto será abordado com enfoque prático, sem entrar nas discussões de mérito quanto a motivação e estratégias para determinação da quantidade de gás e sua exploração. Tampouco será discutida a formação de preço do gás, uma vez que no Brasil há mecanismos estabelecidos, seja ele de origem nacional ou importado, sendo os seus valores de conhecimento público. A principal informação prática que as reservas de gás propiciam é a estimativa do tempo de que se poderá dispor desse recurso para um certo ritmo de produção. O tempo de duração do estoque ou reserva será sempre uma estimativa, uma vez que a oferta e demanda se alteram com o tempo, sejam por fatores tecnológicos ou econômicos. De qualquer forma, a previsão da capacidade das reservas de gás em satisfazer a demanda ao longo do tempo é um fator crítico na decisão de seu aproveitamento em nível governamental ou em nível individual.

O Brasil pode contar com gás natural produzido internamente ou com o gás importado, inicialmente da Bolívia e Argentina, mas também poderá provir de outros países da América do Sul, desde que seja concebida infra-estrutura de transporte. Para estimar a duração das reservas de gás disponíveis será utilizada a razão da reserva pela produção (R/P). Este índice, para o fim de 2000, resultou em 30,1 para o Brasil, 20,1 para a Argentina, 33,2 para a Colômbia, e mais de 100 para a Bolívia, Equador e Venezuela o que indica a potencialidade de exportação de gás desses últimos países [33]. Embora haja previsões de demanda de gás crescentes e diversas para o Brasil, ainda assim, pode-se considerar o gás natural como uma possibilidade energética atrativa e segura. O contrato de compra e venda de gás do Brasil com a Bolívia por 30 anos consolida essa proposição, residindo nela a importância prática do estoque para os temas que serão discutidos nesse trabalho.

Infra-estrutura para transporte de gás

A infra-estrutura para transporte de gás está em fase de expansão no Brasil, tendo atualmente condições institucionais para se desenvolver significativamente nos próximos anos. O Brasil possui atualmente 7.093 km de rede de transporte (gasodutos que conduzem o gás do produtor à concessionária estadual) e em 1997, havia 4.372 km de rede de distribuição (gasodutos que conduzem o gás até os usuários), dos quais 2.000 km no Estado de São Paulo. Até abril de começo de 2.002 havia 2.900 km de rede de distribuição no Estado [34]. Essa extensão de gasoduto de distribuição em São Paulo, principalmente, na região de maior concentração demográfica do estado, com 496 hab/km [29] permite a disponibilização do gás natural para um número significativo de residências. Procurar-se-á verificar a partir de agora, o interesse da concessionárias em ampliar a rede e em conectar os usuários residenciais ao sistema de distribuição de gás canalizado.

Motivação para expansão do sistema de distribuição

A expansão do sistema de distribuição de gás canalizado depende da viabilidade econômica de ampliar os gasodutos de distribuição pela concessionária e da motivação dos usuários na utilização deste combustível. Sendo a distribuição de gás canalizado uma atividade empresarial, embora considerada serviço público, pressupõe-se que sempre que o fornecimento de gás for economicamente viável a concessionária terá interesse em fazê-lo. A motivação do usuário está relacionada com o nível de informação dos usuários, nível de conforto esperado e com a vantagem econômica de sua utilização.

A concessionária de distribuição fará sua análise econômica considerando as tarifas e os custos para a conexão de um novo cliente ao sistema de distribuição, que decorrem do segmento em que o usuário se classifica e conseqüentemente com o seu consumo, e também do tipo e da quantidade de obras necessárias para conexão do usuário ao sistema de distribuição.

O modelo tarifário utilizado no Estado de São Paulo é regressivo, ou seja, quanto maior o consumo menor torna-se a tarifa por metro cúbico de gás. O inverso ocorre com as obras para conexão dos usuários: evidentemente quanto maior for a área de atendimento prevista, maior será o custo das obras. Entretanto a viabilidade da efetivação da conexão de um usuário qualquer ao sistema de distribuição é feita da comparação entre os custos da conexão e o benefício que será auferido, expresso geralmente pela taxa de retorno interno (TIR) do investimento.

Finalmente, a preferência do usuário de energia deve ter relevância em qualquer planejamento energético, principalmente quando se trata da substituição entre energéticos. A compreensão e consideração da motivação do usuário em optar por um ou outro energético é imprescindível para o sucesso do planejamento, que deve conter detalhadamente, em cada etapa, as ações necessárias para consecução da meta.

II – ANÁLISE DO USO DO CHUVEIRO ELÉTRICO E A PROBABILIDADE DE IMPACTO NA DEMANDA DE ENERGIA NO HORÁRIO DE PONTA

A energia demandada pelo setor residencial no horário de ponta do sistema elétrico é verificada pelas concessionárias e pelo operador do sistema por meio da demanda (maior potência média em cada intervalo de 15 min) verificada nesse período do dia. Entretanto, a carga elétrica não é identificada por tipo de uso, ou seja, é a carga composta pelos diversos aparelhos que utilizam energia elétrica. Dentre esses aparelhos cabe ressaltar o aquecedor de água elétrico instantâneo, ou seja, o chuveiro elétrico, devido a sua grande potência relativamente a outros aparelhos de uso residencial. Apesar da importância deste aparelho na demanda no horário de pico e no consumo residencial poucos estudos foram dedicados a este aparelho. Pode-se destacar dois fatores que explicam a pouca atenção ao chuveiro elétrico:

1) O primeiro é a ausência, na época, de alternativas ao aquecimento de água para banho.

2) O segundo deve-se às características do sistema elétrico brasileiro, em que predominam hidrelétricas, em geral de grande porte. Assim os investimentos eram realizados com certa antecedência ao aumento da demanda. Havia então necessidade de que a energia produzida pela hidrelétrica entrante no sistema fosse consumida, justificando e viabilizando o investimento realizado. Como resultado historicamente no Brasil pouca ênfase foi dada para a eficiência dos aparelhos consumidores de energia elétrica.

A partir do surgimento de fontes de energia competitivas para o aquecimento de água para usos residenciais, tais como o gás natural e energia solar, e da necessidade de suprir o crescimento da demanda de energia para atender ao crescimento da economia e de propiciar alguma fonte de energia para um contingente ainda grande de brasileiros, torna-se necessário investigar melhor a utilização do chuveiro elétrico e os seus efeitos no sistema. Para isso, alguns parâmetros são importantes: os hábitos de utilização, o tempo de duração de banho e potência dos chuveiros, e a distribuição de moradores por domicílio. Conhecendo estes parâmetros pode-se avaliar os efeitos do chuveiro elétrico ao sistema estimando qual a probabilidade de que vários chuveiros elétricos estejam ligados no mesmo instante e a seguir, calculando a potência demandada para uma determinada população. O primeiro parâmetro a ser investigado será a duração de banho.

Duração de banho

A duração do tempo de banho deve ser obtida por pesquisa que permita a obtenção de dados confiáveis. Uma forma de obter dados é pela realização de medições das quais possam ser obtidas informações da utilização dos aparelhos. Outra forma é por meio de questionários. Em princípio a medição fornece dados precisos, enquanto que os questionários registram dados subjetivos, pois a percepção do indivíduo quanto a duração de seu banho pode ser significativamente diversa da realidade. Entretanto, há particularidades favoráveis ou desfavoráveis de cada uma

das pesquisas que impossibilita o julgamento antecipados dos resultados e a atribuição de valores.

Independentemente da forma de obtenção das informações, o aspecto a ser enfatizado é a verificação da representatividade dos obtidos e a possibilidade da sua utilização como parâmetro. Em muitas situações práticas não se dispõe de dados precisos, mas o profissional deve ser capaz de avaliar os erros do parâmetro de modo a torná-lo aplicável.

Serão apresentadas a seguir, duas pesquisas, uma sobre posse de eletrodomésticos e outra especificamente para a duração de banho; uma feita por meio de medições e questionamentos sociais e outra por questionário específico sobre a duração do banho. O interesse na realização da segunda pesquisa, além dos motivos que serão mencionados mais adiante, partiu da necessidade de obter dados atuais sobre o perfil da população na utilização do chuveiro elétrico, uma vez que a pesquisa 1, que será apresentada a seguir, foi feita em 1983, e o comportamento da população na utilização dos eletrodomésticos pode ter mudado nestes 19 anos por vários fatores, dentre eles: a evolução tecnológica dos aquecedores de água elétricos instantâneos (chuveiros), com disponibilização de equipamentos de maior potência, tornando o banho mais agradável; o aumento da renda nacional, com melhoria de qualidade de vida para pelo menos uma parcela da população, elevando o seu padrão de conforto; a preocupação com a estética, auxiliada pela quantidade de produtos para banhos disponíveis, tais como sabonetes, xampus e cremes, que podem influenciar de alguma forma na duração do banho; a possível mudança comportamental da sociedade pelo nível atual de informação.

Há ainda uma outra pesquisa realizada recentemente, por profissionais de uma conceituada universidade paulista, cujo resultado consta de um artigo divulgado em congresso realizado em São Paulo, de 19 a 21 de novembro de 1997. Pelo artigo, deduz-se que o objetivo da pesquisa foi o de verificar o efeito do chuveiro elétrico na demanda de energia em apartamentos de baixa renda. Realizada por questionário e por medição, as informações contidas neste artigo são voltadas a demanda e não a duração do banho. Desta forma não foi divulgado no artigo dados objetivos sobre a duração do banho, e por isso, esta pesquisa não é apresentada neste tópico.

Pesquisa 1 – Por medições do uso dos equipamentos e questionários para informações sociais

Em 1983 foi realizada uma pesquisa intitulada “Consumos residenciais de energia”, para o Conselho Estadual de Energia de São Paulo [17], realizada na área de atuação da Eletropaulo. O chuveiro elétrico foi um dos aparelhos pesquisados. A pesquisa ocorreu nos meses de setembro a outubro, sendo realizada em 133 residências de funcionários da empresa, em duas etapas. A primeira etapa constituiu-se em aplicação de questionário sócio-econômico e a segunda de medições. Esta última é a de interesse deste estudo, e neste tópico, particularmente o tempo de banho.

Deve-se salientar que o relatório da pesquisa menciona que a amostra não é representativa da população atendida pela Eletropaulo, nem no que se refere a hábitos de banho devido a elevada proporção de pessoas na amostra que trabalham em regime de turno distribuídos durante o dia, à noite e nos finais de semana. Outros fatores também são mencionados como possíveis perfis diferentes da população, destacando-se o fato de que a amostra é constituída por profissionais da área elétrica, o que pode gerar perfil de consumo diferente da população.

Tabela 1 - Dados da amostra da pesquisa da de hábitos de consumo residenciais de energia

RESUMO	
n. total de entrevistas	133
n.entrevistas invalidadas	16
n. de chuveiros	113
n. de residências interpretadas	112
n. residências invalidadas	10
n. de eventos	465
n. de eventos invalidados	33
n. de pessoas	496

Fonte: Conselho Estadual de Energia

Resultado

A tabela 2 mostra a distribuição do uso do chuveiro em função da duração que consta do relatório para os eventos válidos. O tempo de média da duração de banho divulgado no relatório é de 7,6 min. Um fato a ser observado é que a distribuição da duração do banho é apresentada como valores pontuais e não como classes de intervalo e, até o tempo de 15 min, os valores são apresentados como múltiplo de 3, passando a seguir para múltiplo de 5. Possivelmente os valores apresentados na tabela 2 sejam o valor médio da classe. Ainda assim, seria melhor expressar a duração do banho como um intervalo, desta forma o intervalo obtido a partir da tabela 2, com 95% de confiança, seria entre 6,9 e 7,6 min, utilizando a distribuição normal padronizada (fórmula: $y \pm [Z_{\alpha/2} \times s/\sqrt{n}] = 7,25 \pm [1,96 \times 3,86/\sqrt{432}]$).

Tabela 2 -Distribuição da duração do banho

minutos	n. de eventos
3	117
6	129
9	126
12	29
15	19
20	12
> 20	0
Total	432

Fonte: Conselho Estadual de Energia

A figura 1 foi obtida a partir dos dados da tabela 2.



Figura 1- Distribuição do uso do chuveiro elétrico em função da duração do banho

Possivelmente a duração do banho de 8 min que tem sido utilizada como referência pelo setor e divulgada nos meios de comunicação em matérias específicas seja decorrente desta pesquisa. Devido as características particulares da amostra e o possível fator psicológico envolvido, a população tem chances razoáveis de ter perfil de consumo distinto do da população em geral, isto é, de não ser representativa do universo dos consumidores.

Pesquisa 2 – Por questionário

A pesquisa por questionário tem um componente de subjetividade devido ao entrevistado poder ter noção equivocada do tempo em que demora no banho. A forma que foi realizada esta pesquisa pode ter introduzido um componente a mais de erro, que é um único morador responder pelos demais. Isso pode aumentar a subjetividade, já que ele teria de saber não só o seu tempo de banho mas também o dos demais moradores.

Contudo, também há aspectos favoráveis que tendem a diminuir a subjetividade, podendo ser destacados: o primeiro, válido apenas para a parte A, é que as entrevistas foram realizadas com pessoas do setor energético, e portanto, que detém em maior ou menor nível algum conhecimento sobre energia e suas implicações; o segundo é que a pesquisa foi realizada logo após o racionamento, o que possivelmente tenha induzido as pessoas a prestarem atenção nos seus hábitos de uso de eletrodomésticos, particularmente quanto ao uso do chuveiro elétrico e à duração do banho e; o terceiro é que o questionário solicita a resposta por intervalos, o que facilita ao entrevistado ter melhor noção da duração do banho. Estes aspectos favoráveis podem ter diminuído a subjetividade de maneira a se obter dados razoáveis sobre a duração do banho.

Ressalva-se que nenhuma amostra é representativa da população, uma vez que não houve determinação da amostra com base em critérios sociais e demográficos.

Ainda assim, possivelmente a parte A da pesquisa contenha maior diversificação cultural e econômica, e neste sentido, esteja mais próxima das características da população.

Cada parte da pesquisa, realizada com moradores da região metropolitana de São Paulo, teve como objetivo suprir a lacuna de informações sobre a duração do tempo de banho, permitindo que as informações obtidas pudessem ser utilizadas neste trabalho, com razoável confiabilidade. Algumas condições estimularam e favoreceram a realização de cada parte da pesquisa, podendo-se mencionar:

Parte A

Primeiramente, aproveitando de um treinamento que iria realizar para um grupo de atendentes de ouvidoria do setor energético e, adicionando a este grupo uma parte dos colegas de trabalho, foi elaborado um formulário bastante simples (Tabela 39), mostrado no apêndice, de forma a minimizar a quantidade de informações para o preenchimento do formulário, de modo que sendo distribuído, o entrevistado o preenchesse sem dificuldades, e com a intenção de facilitar a obtenção de dados com precisão suficiente para o interesse da pesquisa.

Os entrevistados deveriam, caso voluntariamente quisessem participar, simplesmente marcar com X a coluna referente ao intervalo do tempo de banho de cada morador da residência. Algumas orientações foram dadas: o intervalo assinalado deveria ser o da duração habitual do banho; caso desconhecesse a duração do banho de algum morador não deveria responder a pesquisa; o formulário poderia ser entregue posteriormente, permitindo a obtenção de informações com os demais moradores; havendo mais de sete moradores poderia ser solicitado outro formulário ou marcar as informações no verso, o formulário deveria ser dobrado e depositado pelo entrevistado em uma urna, havendo portanto sigilo dos dados.

O resumo da Parte A, da pesquisa 2, é apresentado na tabela 3:

Tabela 3 -Dados da amostra, pesquisa 2 – parte A

RESUMO	
n. total de formulários respondidos	76
n.formulários invalidados	5
n. de formulários analisados	71
n. de pessoas	264

Parte B

Da mesma forma que a parte A, aproveitando algumas condições favoráveis, com custo ínfimo, por meio de questionário, a parte B teve por objetivo de verificar haveria diferença na duração de banho de homens e de mulheres, e eventualmente por faixa etária. Estas informações seriam úteis para verificar se poderia ser mais favorável a substituição de chuveiro elétrico por aquecedor à gás a um determinado agrupamento familiar. Aproveitando a cooperação de um amigo, professor

universitário, foram acrescentadas duas colunas no formulário anterior: uma com a opção pelo sexo do moradores, e outra para ser escrita a idade.

Foram transmitidas as mesmas orientações anteriores.

Tabela 4 - Dados da amostra, pesquisa2 - parte B

RESUMO	
n. total de formulários respondidos	100
n.formulários invalidados	9
n. de formulários analisados	91
n. de pessoas	347

Resultados

Analisando-se os dados da amostra da parte A, verifica-se que o intervalo da média da duração de banho da população deve estar entre 13,86 a 15,46 min, com 95% de significância. Para a amostra da parte B a média da duração de banho da população deve estar entre 12,89 e 14,44 min, também com 95% de significância.

Partes A e B agrupadas

Como os intervalos da média têm os limites muito próximos, de acordo com a estatística, estes podem ser agrupados em uma única amostra. Assim a amostra resultante deste agrupamento têm as seguintes características:

Tabela 5 - Dados da amostra, pesquisa 2 – amostra agrupada

RESUMO	
n. total de formulários respondidos	176
n.formulários invalidados	14
n. de formulários analisados	162
n. de pessoas	611

A pesquisa agrupada resultou na seguinte distribuição:

Tabela 6 - Distribuição do intervalo de duração do banho

Intervalo de tempo em min	Quantidade
< 5	23
5 a 10	182
10 a 15	170
15 a 20	128
20 a 25	51
25 a 30	35
> = 30	22
Total	611

A figura 2 mostra a frequência relativa por intervalo de duração do banho.

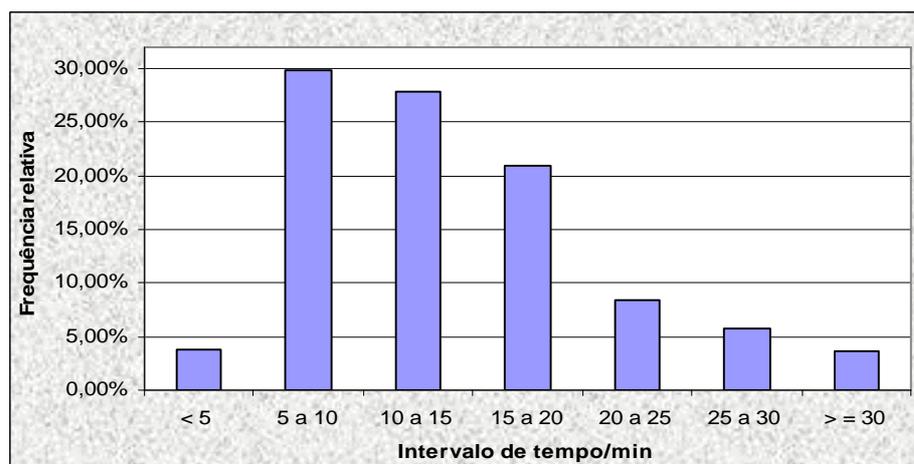


Figura 2 – Distribuição do intervalo de duração de banho

Para a pesquisa agrupada o intervalo da média da duração de banho da população deve estar entre 13,5 a 14,7min, com 95% de significância, utilizando a distribuição normal padronizada (fórmula: $y \pm [Z_{\alpha/2} \times s/\sqrt{n}] = 14,1 \pm [1,96 \times 7,4/\sqrt{611}]$).

A diferença importante entre as duas pesquisas está nas menores duração de banho. O banho de menos de 5 min, que na pesquisa 1 é representada pelo tempo de 3 min, que provavelmente corresponda ao ponto médio do intervalo de 1,5 a 4,5 min, e o banho de duração de 5 a 10 min, representado aproximadamente na pesquisa 1 pelo tempo de 6 e 9 min, que provavelmente sejam valores médios da classe, respectivamente de 4,5 a 7,5 min, e de 7,5 a 10,5 min. A pesquisa 2 indica que pode ter mudado o comportamento da população com o aumento do tempo médio do banho, isto é percebido pelo deslocamento do número de pessoas que tomariam banho em menos de 5 min e de 5 a 10 min, e o aumento nos demais intervalos de tempo. Os possíveis motivos para a mudança de comportamento foram citados anteriormente.

Para os cálculos que serão feitas mais adiante será utilizado o valor da duração média de banho da pesquisa 2, cujo valor é 14,1 min, aproximando-o para 14 min, tendo em vista que este valor possa representar melhor a situação atual.

Verificação da variação da duração de banho por características populacionais

Por sexo

A pesquisa 2, parte B, como foi mencionado anteriormente, teve o objetivo principal de verificar se haveria diferença entre o tempo de banho devido a algumas características populacionais. Especificamente, o sexo e a idade. Para isso, no formulário apresentado anteriormente foram acrescentadas duas colunas: uma para que o entrevistado escrevesse a idade do morador da residência, e outra que

permitia que fosse assinalado o sexo do mesmo. A tabela 7 mostra a distribuição da amostra segundo as características mencionadas:

Tabela 7 - Distribuição da amostra por sexo e faixa etária

Idade em anos	Feminino	Masculino	Total
1 a 10	7	10	17
11 a 20	25	42	67
21 a 30	49	69	118
31 a 40	19	21	40
41 a 50	32	22	54
51 a 60	18	18	36
61 a 70	2	5	7
71 a 80	3	3	6
81 a 90	2	0	2
TOTAL	157	190	347

Para os intervalos de idade de 61 a 70, 71 a 80 e 81 a 90 anos, não foi possível estabelecer um intervalo que pudesse ser analisado, devido ou ausência de dados, no caso masculino de 81 a 90 anos, ou por resultar em valor negativo para o menor valor do intervalo para os demais intervalos de idade.

Foram então calculados intervalos para a média da duração de banho para as demais faixas etárias. Em seguida foi calculada a probabilidade da média da duração do banho feminino ser maior do que o do masculino (notação: $P(db_{fem} > db_{masc})$), o que ocorreria fora do intervalo da média da duração de banho comum para ambos os sexos. A tabela 8 mostra os resultados.

Tabela 8 - Probabilidade da duração de banho feminino ser maior do que o masculino

Idade em anos	Intervalo da média de duração de banho em min		$P(db_{fem} > db_{masc})$
	masculino	feminino	
1 a 10	3,8 a 10,7	7,9 a 15,6	27,71%
11 a 20	13,4 a 18,1	12,3 a 17,9	13,21%
21 a 30	13,1 a 16,8	13,3 a 18,1	22,44%
31 a 40	10,0 a 14,5	13,1 a 19,3	17,13%
41 a 50	6,8 a 10,7	9,8 a 14,7	12,47%
51 a 60	7,9 a 13,4	9,1 a 15,9	30,64%

Pela análise dos resultados, a maior probabilidade é de que a duração média do banho masculino e feminino esteja compreendida dentro de um mesmo intervalo de tempo, e portanto, não há indicação de que as mulheres demorem mais no banho do que os homens nas faixas etárias em estudo.

Por faixa etária

Na verificação da duração do banho por faixa etária, a análise independe do sexo. Sendo assim os dados da pesquisa 2, parte B, foram agrupados, resultando no que segue:

Tabela 9 - Duração do banho por faixa etária

Idade em anos	Duração média em min	Intervalo da média	
		mínimo	máximo
1 a 10	9,1	6,6	11,6
11 a 20	15,5	13,7	17,3
21 a 30	15,3	13,8	16,7
31 a 40	14,1	12,2	16,1
41 a 50	10,8	9,2	12,5
51 a 60	11,6	9,5	13,7

Novamente para faixas etárias superiores a 61 anos, houve impossibilidade de estabelecer intervalos da duração de banho com significado. Para as faixas etárias listadas na tabela, calculando-se a probabilidade da duração média do banho estar contida no mesmo intervalo de tempo, verifica-se a população entre 11 e 30 têm duração de banho maior do que a de 1 a 10 anos e do que a de 41 a 60 anos. A população de 31 a 40 anos tem por volta de 50% de probabilidade ter a mesma média de duração do banho das idades de 11 a 30 anos, 30% da faixa de 51 a 60 anos, e tem duração do banho maior do que a população com idade entre 41 a 50 anos, ao nível de 95% de confiança.

Por número de moradores

Neste caso características como sexo e idade não são relevantes e a verificação do comportamento dos moradores foi feita agrupando-se as partes A e B da pesquisa 2. Os resultados são mostrados na tabela 10.

Tabela 10 - Distribuição da duração de banho em função da quantidade de moradores na residência

N. de moradores	Duração do banho		
	Média	Intervalo da média	
1	22,5	17,0	28,0
2	14,3	11,6	17,0
3	15,9	13,8	17,9
4	14,6	13,4	15,9
5	13,1	11,1	15,1
6	12,2	10,5	14,0
7	13,5	11,1	15,9

Fazendo-se fazer um gráfico da duração média de banho por número de moradores para visualizar como o agrupamento familiar influencia o comportamento individual, obtém-se:

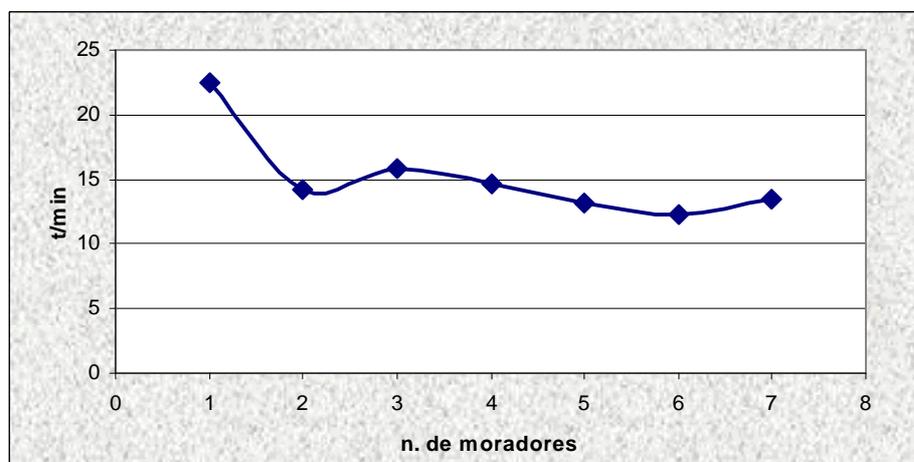


Figura 3 – Tendência de duração média do banho por número de moradores na residência

Da figura 3, verifica-se a tendência de redução do tempo de banho quando aumenta o número de moradores de uma residência. Observa-se que a curva apresenta dois pontos de inflexão. O primeiro para dois moradores e o segundo para seis moradores. Embora não seja o enfoque desta dissertação analisar o comportamento dos moradores, alguns fatores podem contribuir para o perfil verificado. A diminuição com o aumento de moradores possivelmente ocorra pela competição pelo banho no mesmo período do dia e, também, por fatores de ordem econômica. A mudança desta tendência, percebida pelos pontos de inflexão, pode ocorrer pelo aumento da quantidade de chuveiro elétrico para mais de dois moradores, ou para o aumento da quantidade do chuveiro e/ou do remanejamento do horário do banho para mais de seis moradores.

Determinação do fator de coincidência do chuveiro elétrico

O fator de coincidência de qualquer equipamento representa a probabilidade de que vários aparelhos estejam ligados no mesmo instante. O fator de coincidência do chuveiro elétrico, especialmente no horário de pico de demanda por energia, deve merecer atenção no planejamento do sistema elétrico. Principalmente a partir das mudanças estruturais em curso no setor energético brasileiro, com a diversificação das fontes energéticas e com a escassez de recurso para expansão da oferta de energia elétrica, o fator de coincidência pode ajudar no estudo de alternativas para atuação no lado da demanda.

Muitos estudos tem sido realizados sobre a atuação no lado da demanda, principalmente nos meios acadêmicos. Entretanto, a grande maioria aborda a mudança na atitude do usuário, por complexos mecanismos de estímulo econômicos. Todos estes mecanismos são válidos, mas basicamente tratam a energia elétrica como única fonte possível, estimulando o gerenciamento de sua utilização de forma mais conveniente para o sistema elétrico.

Entretanto, dadas as condições tecnológicas e disponibilidade de fontes alternativas atuais, principalmente o gás natural, o enfoque do fator de coincidência do chuveiro elétrico pode ser a diminuição da necessidade de utilização de energia elétrica para aquecimento de água pela população ao invés do remanejamento do seu uso.

A determinação do fator de coincidência do chuveiro elétrico neste tópico, como em geral é a linha deste trabalho, será feita a partir dos dados disponíveis, utilizando-se dos métodos estatísticos apropriados para a obtenção de parâmetro com confiabilidade suficiente para utilização prática. As pesquisas até então realizadas pelo setor elétrico tem tido o objetivo de verificar o consumo por energia em determinado período, normalmente distribuído em intervalos de uma hora. Não tem sido enfoque das pesquisas a obtenção do fator de coincidência, que traria informações não somente do consumo de energia, mas também da potência requerida pelo sistema, quando uma certa quantidade de aparelhos são ligadas simultaneamente.

Sendo o fator de coincidência um valor probabilístico, para a sua determinação serão utilizadas pesquisas que determinaram a probabilidade da utilização do chuveiro em um determinado horário, para depois calcular-se a probabilidade de que vários chuveiros estejam ligados no mesmo instante. Serão apresentados os resultados de várias pesquisas para depois serem analisados os dados de cada uma e a possibilidade da utilização dos seus resultados.

Pesquisa de posse de eletrodomésticos e de hábitos de consumo do PROCEL

O PROCEL – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica, elaborou um projeto para obtenção de dados [22], até então inexistentes, que permitissem investigar a influência dos equipamentos domésticos no consumo total de energia em nível nacional. A pesquisa realizada em 1988, é bastante ampla, e não é o objetivo deste texto apresentar e discutir os detalhes da pesquisa e sim concentrar-se nos resultados de interesse deste tópico, relacionados ao chuveiro elétrico. Com o fim de que os resultados apresentados possam ser avaliados serão apresentadas as principais características da pesquisa.

A pesquisa do PROCEL foi realizada por meio de questionários, totalizando 10.818 entrevistas, nas áreas de atuação de 27 distribuidoras de energia. O número de entrevista na área de cada distribuidora foi determinado pelo número de usuários atendidos. A pesquisa teve pelo menos duas variáveis de controle: o número de moradores e a posse de eletrodomésticos, cujas quantidades eram conhecidas por relatórios da PNDA – Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios.

Na região Sudeste foram realizadas 3.651 entrevistas distribuídas pelas suas sete concessionárias, da seguinte forma:

Tabela 11 - Número de entrevistas da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios na Região Sudeste

Concessionária	N. de entrevistas
ESCELSA	278
CEMIG	669
LIGHT	642
CERJ	400
ELETROPAULO	625
CESP	409
CPFL	628
TOTAL	3.651

Fonte: PROCEL

Os resultados são apresentados no relatório PROCEL para cada Concessionária com o título de horário mais provável de uso do chuveiro elétrico, e mostram a provável taxa de banho em cada horário. Considerando que um indivíduo pode tomar mais de um banho por dia, em horários diferentes, quando o número de banho em determinado horário é relacionado com o total de indivíduos, a soma das taxas resulta em valor superior a cem por cento, indicando uma média superior a um banho por pessoa. Como o objetivo deste tópico é a determinação do fator de coincidência do chuveiro elétrico, há necessidade de trabalhar novamente os dados para obter a frequência de banho em cada horário, com o fim de obter o dado importante para a determinação do fator de coincidência, ou seja a frequência relativa de banho expressa em porcentagem. A tabela 12 mostra a distribuição obtida dos dados da pesquisa do PROCEL.

Tabela 12 - Distribuição da frequência relativa de banho

Período mais provável de uso	Valores da região sudeste em %	
	seg. a sexta	sab. e dom
00:01 - 05:00	0,05%	0,00%
05:01 - 06:00	0,92%	0,57%
06:01 - 07:00	5,34%	2,66%
07:00 - 08:00	4,63%	3,51%
08:01 - 09:00	2,08%	3,11%
09:01 - 10:00	1,32%	2,55%
10:01 - 11:00	2,03%	1,92%
11:01 - 12:00	3,05%	1,75%
12:01 - 13:00	2,54%	2,72%
13:01 - 14:00	0,97%	1,75%
14:01 - 15:00	1,32%	2,09%
15:01 - 16:00	2,34%	3,62%
16:01 - 17:00	6,35%	8,66%
17:01 - 18:00	16,32%	19,07%
18:01 - 19:00	24,86%	25,01%
19:01 - 20:00	14,29%	12,79%
20:01 - 21:00	6,30%	4,92%
21:01 - 22:00	3,10%	2,09%
22:01 - 24:00	2,19%	1,19%
TOTAL	100%	100%

Verifica-se por esta tabela que o período de maior freqüência de utilização de chuveiros elétricos para a amostra ocorre entre 18 e 19 h, quer seja nos dias de semana ou nos finais de semana, sendo esta freqüência em torno de 25% do uso total de chuveiros do dia. Na figura 4, a seguir, pode ser visualizada a distribuição de freqüência da tabela 12.

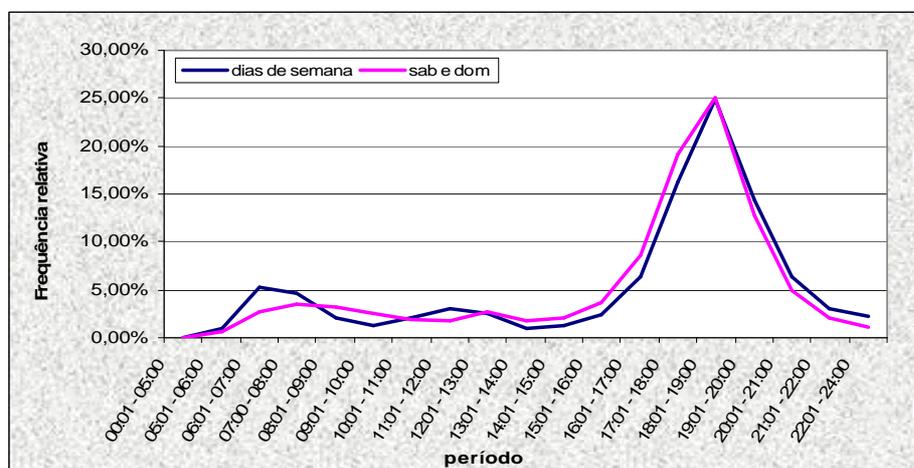


Figura 4 – Probabilidade do uso de chuveiro elétrico em função do horário

Pesquisa do Conselho Estadual de Energia de São Paulo

Uma pesquisa já mencionada anteriormente quando se tratou da duração do banho, é a realizada a pedido do Conselho Estadual de Energia de São Paulo, em 1983. Esta pesquisa cujas características foram descritas, teve preocupação, referindo-se ao chuveiro elétrico, em verificar a duração de banho e a distribuição do seu uso em função do horário. A tabela 13 mostra esta distribuição.

Tabela 13 - Número de eventos por intervalo de 15 min

Hora	0 min	15 min	30 min	45 min	Total
0	0	3	1	1	5
1	3	0	0	0	3
2	1	0	1	0	2
3	0	0	0	0	0
4	0	0	0	2	2
5	0	1	3	2	6
6	2	3	2	6	13
7	4	6	4	7	21
8	5	3	2	5	15
9	3	2	1	4	10
10	3	8	8	11	30
11	4	6	5	6	21
12	4	11	2	3	20
13	3	5	1	0	9
14	5	8	4	3	20
15	3	6	2	6	17
16	9	9	5	7	30
17	3	11	7	10	31
18	9	9	9	17	44
19	12	14	4	12	42
20	6	8	3	6	23
21	6	3	5	6	20
22	7	11	3	8	29
23	3	6	8	2	19
TOTAL	95	133	80	124	432

Fonte: Conselho Estadual de Energia

Antes de se avaliar os dados apresentados, deve ser lembrado que a pesquisa menciona que a amostra tem características particulares, destacando-se para a análise deste tópico, a grande proporção de pesquisado que trabalham em regime de turnos distribuídos durante o dia, à noite e nos finais de semana. Portanto, a distribuição da utilização do chuveiro em função do horário não é um dado que sirva de referência para a aplicação pretendida. Isto pode ser verificado pelo horário de pico, entre 18 e 19 h, quando cerca de 10% da amostra utiliza o chuveiro elétrico. Este valor é pequeno quando comparado a pesquisa do PROCEL e às outras pesquisas citadas. Ainda assim, verifica-se que o horário de pico ocorre entre 18 e 19h.

Se a distribuição do uso do chuveiro em períodos horários não é representativa, o mérito desta distribuição esta em mostrar que dentro de uma mesma hora, subdividida em intervalos de 15 min, a utilização do chuveiro não é uniforme. Esta indicação independe da representatividade da distribuição horária, uma vez que é dado que as pessoas tomam banho nas horas indicadas, dentro desta hora a cada quinze minutos um número diferente chuveiros está ligado, salvo casualidade.

Quando se observa cada intervalo de 15 min, durante o dia, percebe-se que a maior utilização do chuveiro está no intervalo de 15 a 30 min, com 133 eventos do total de 432, ou 30,79% das ocorrências. Por outro lado, quando é observado o horário de

pico, ou seja, das 18 as 19 h, 17 eventos do total de 44 deste período, ou 38,64%, ocorrem no intervalo de 45 a 60 min.

Outras pesquisas

Duas outras pesquisas que demonstram a probabilidade do uso do chuveiro elétrico em determinado período, ou ainda, diretamente o fator de coincidência foram realizadas [20] [21] e tiveram os seus resultados apresentados no XIII Seminário Nacional de Distribuição de Energia Elétrica, em São Paulo, de 18 a 23 de maio de 1997. Tanto uma quanto a outra têm características particulares que dificultam a sua generalização e o seu uso para os fins deste estudo. Entretanto, uma delas que foi realizada pela Companhia Energética de Brasília – CEB, com uma amostra de 186 indivíduos, verificou também a distribuição da utilização do chuveiro por período do dia. O horário do pico também ocorre nesta região de 18h às 19h, e fazendo a estatística para os resultados dessa pesquisa se obtém o intervalo de 21,5% a 34,4% para a probabilidade de uso do chuveiro no período de pico, com 95% de confiança.

Estimativa do fator de coincidência dos chuveiros elétricos

Dois métodos podem ser utilizados para estimar o fator de coincidência: um combinando a probabilidade de utilização do chuveiro no horário de pico e a duração do banho; outro acrescentando às informações anteriores o intervalo de maior frequência dentro do horário de pico. Ou seja, a utilização do chuveiro não é uniforme.

O primeiro método considera uma probabilidade uniforme de utilização do chuveiro e o segundo considera uma probabilidade aleatória. Embora a pesquisa do Conselho Estadual de Energia de São Paulo tenha evidenciado que a probabilidade aleatória é a que de fato ocorre, a consideração da probabilidade uniforme é útil para a determinação do fator de coincidência mínimo esperado. Por isso o fator de coincidência será determinado pelos dois métodos.

Cálculo pelo método 1 – Fator de coincidência uniforme

O horário de interesse para determinação do fator de coincidência é o horário de pico, por ser este o momento mais crítico para o sistema elétrico e para que seja determinada a potência que deve ser disponibilizada para atender a demanda, ou a ser retirada do sistema por outras alternativas energéticas.

A pesquisa do PROCEL, cujos resultados foram apresentados na Tabela 12, mostrou que a maior probabilidade de utilização do chuveiro ocorre em dias de semana, com aproximadamente 25% entre 18 e 19h. O intervalo de confiança para a população, estabelecido a partir desta amostra, resulta na probabilidade de 23,6% a 26,40% de chuveiros utilizados neste horário, com 95% de confiança.

Considerando a duração de banho de 14 min, o fator de coincidência correspondente, com probabilidade uniforme, pode ser aproximado para 6%.

Cálculo pelo método 2 – Fator de coincidência aleatório

Mantém-se as mesmas considerações anteriores e utiliza-se o resultado da pesquisa do PROCEL, ou seja, intervalo de 23,6% a 26,40% para a proporção de chuveiros utilizados no horário de pico.

Desta vez entretanto, a pesquisa do PROCEL é combinada com o resultado da pesquisa do Conselho Estadual de Energia, para o horário de 18 a 19h, em que o pico de utilização do chuveiro ocorre entre 18 h e 45 min e 19 h, sendo o seu valor de 38,6%, para uma amostra de 44 medições. Como este resultado é de uma amostra, foi calculada com 95% de confiança a proporção da população, resultando em um intervalo de 24,3% a 53,0 %. Este amplo intervalo decorre do reduzido tamanho da amostra.

Calculando-se o fator de coincidência para os limites desta faixa de possibilidades obtém-se os fatores de coincidência com probabilidade aleatória, cujos valores possíveis são de 13% a 14%.

Serão utilizados os valores de 6% e 14% para estimar a potência que pode ser retirada do sistema pela substituição do chuveiro elétrico por aquecedor à gás ou potência instalada para suprir o uso do chuveiro no horário de pico.

A potência equivalente ao uso dos chuveiros será obtida pela quantidade de chuveiros elétricos que se estima serem substituídos anualmente por aquecedor a gás, multiplicada pela potência média estimada dos chuveiros. Para verificar a quantidade de energia poupada, considerar-se-á a variação de potência com a estação do ano.

Para estimar a influência do chuveiro elétrico no sistema serão adotadas duas distribuições de potência dos chuveiros: uma com 95% dos chuveiros elétricos com 4400 W e 5% com 5200 W; e outra com 90% dos chuveiros elétricos com 4400 W e 10% com 5200 W.

III – FATORES DE ESCOLHA ENTRE ENERGÉTICOS PARA AQUECIMENTO DE ÁGUA PARA BANHO

Referindo ao aquecimento de água para banho a eletricidade possui substitutos, dentre os quais os principais são gás natural, o gás liquefeito de petróleo (GLP) e a energia solar. A opção do usuário por um ou outro energético está relacionada com diversos fatores, tais como:

- 1) **Acessibilidade:** caracteriza a facilidade de obtenção do energético. A energia solar é acessível a todos. O GLP tem um sistema de transporte e distribuição que

facilita a sua colocação nas localidades onde possa haver consumo. A energia elétrica e o gás natural são caracterizado por indústria de rede e necessitam a realização de investimentos em infra-estrutura para serem disponibilizados ao usuário. Devido a isso, estes produtos não estão acessíveis a todo o mercado.

Quando é comparada a acessibilidade da energia elétrica com a do gás natural, a primeira tem ampla vantagem por ter o seu sistema de produção, transporte e distribuição bastante desenvolvido, resultado de ações dos governos ao longo dos anos. Por sua vez, o gás natural ainda está em estado incipiente, sendo sua distribuição relativamente desenvolvida apenas nos Estados do Rio de Janeiro e São Paulo. Ainda assim, abrangem apenas uma parcela do mercado.

Restringindo a comparação aos dois energéticos de interesse, no aspecto acessibilidade, a energia elétrica tem vantagem significativa sobre o gás natural, o que explica parcialmente a sua ampla utilização no aquecimento de água para usos domésticos. Apesar desta vantagem as redes de distribuição de gás natural estão em expansão no país, o que pode tornar o gás acessível para um certo público.

- 2) Funcionalidade: caracteriza a capacidade de cumprir o seu fim utilitário. Este aspecto está relacionado com a tecnologia disponível, que permite a utilização do energético para o fim proposto. Atualmente a tecnologia torna possível a utilização dos quatro energéticos mencionados para o aquecimento de água para usos residenciais, em particular, para o banho.
- 3) Economicidade: aspecto relacionado com o custo dos equipamentos e instalações e com os gastos com o energético. O custo inicial de implantação de um ou de outro energético está relacionado diretamente com a tecnologia empregada. O chuveiro elétrico tem tecnologia simples, com menores custos das instalações e do aparelho. As instalações e equipamentos para utilização dos demais energéticos são relativamente mais complexas e os seus custos mais elevados.

Os custos relativos entre os energéticos variam segundo os seus princípios de formação de preços ou tarifas, com exceção da energia solar que têm custo zero, embora na prática possa necessitar de energético para complementar o aquecimento da água. O custo relativo entre a eletricidade e o gás natural é abordado em tópico específico. Outro custo que deve ser considerado é o custo de manutenção dos equipamentos, sendo estes custos relativamente baixos.

- 4) Confortabilidade: aspecto relacionado com o nível de conforto exigido pelo usuário. O usuário pode optar por um ou outro energético segundo o conforto que deseja. Neste aspecto o gás natural e o GPL são equivalentes pois os aquecedores à gás permitem o uso de um ou de outro combustível. O aquecedor solar e os chuveiros elétricos de potencia habituais são praticamente equivalentes.

Quando comparado o aquecedor à gás com o chuveiro elétrico, o primeiro apresenta vantagem de possibilitar o aquecimento da água ao nível considerado de conforto, de 35 a 39 °C, para uma ampla faixa de vazão. Embora atualmente

haja chuveiros elétricos de potência que permitam atingir estas temperaturas, a vazão para sua consecução é um fator limitante do nível de conforto.

- 5) Legalidade: obrigações legais que ao serem cumpridas determinam ou, mesmo indiretamente, podem influenciar ou facilitar o uso de um determinado energético. Por exemplo, no município de São Paulo, o cumprimento do Decreto 24714, de 07/10/1987, que estabelece que as edificações novas ou as existentes que forem objeto de reforma devem dispor de canalizações até o local destinado à instalação de equipamentos para aquecimento de água.

Embora este decreto contenha falhas importantes, o que reduz ou distorce a sua aplicação eficaz, como em geral fazem as leis brasileiras, o fato é que as edificações multifamiliares construídas após a sua promulgação, normalmente, são preparadas com instalação hidráulica para água quente.

Acessibilidade ao gás canalizado

A acessibilidade depende do interesse da concessionária de distribuição de gás expandir o sistema ou de obrigações regulatórias. Podem ser consideradas duas situações distintas em que pode ocorrer a ampliação dos gasodutos de distribuição de gás canalizado:

- 1) Uma para regiões, municípios ou bairros onde a distribuidora de gás ainda não atua. Este caso é considerado como expansão do sistema e, em geral, ocorre investimentos, além dos gasodutos, em estações de redução de pressão e eventualmente outros dispositivos necessários a atender a legislação e normas técnicas ou regulatórias vigentes. Devido aos grandes investimentos necessários a expansão é viabilizada somente com o consumo de grandes volumes de gás. Disto decorre que, geralmente, o segmento industrial que propicia a expansão do sistema.
- 2) A outra situação é aquela que ocorre em regiões onde ocorre a distribuição de gás e que ocorre a extensão ou ramificação do gasoduto existente. Esta situação pode ser denominada como penetração, por se tratar de ação para difundir o gasoduto no mercado atendido, ou como adotado na prática, simplesmente extensão da rede de gás. A penetração pode ocorrer em sentido longitudinal, transversal ou radial ao gasoduto existente. Os investimentos neste caso são menores do que em expansão e se devem basicamente às obras e aos materiais necessários para construção do gasoduto. A extensão da rede de gás pode ser viabilizada pelos segmentos comercial e residencial.

Com estes conceitos torna-se fácil a compreensão de que embora um determinado município ou localidade possa estar abastecido pela distribuidora nem todos os usuários podem ter acesso ao uso do gás.

A acessibilidade, medida pelo interesse da concessionária local em ampliar o sistema de distribuição de gás canalizado será abordada mais adiante, no item IV.3.

Funcionalidade dos equipamentos

A funcionalidade está relacionada com a tecnologia, cabendo ao usuário apenas escolher o aparelho que lhe agrada. Existem aparelhos com funcionamento semelhantes e com diferentes níveis de sofisticação. Quanto maior a sofisticação tecnológica do aquecedor maior será o seu custo sem que haja diferença significativa no serviço prestado. A tecnologia muitas vezes está associada a requintes operacionais ou mesmo com a estética.

O usuário não tem influência na tecnologia, entretanto deve estar ciente que a sua predileção por um ou outro aparelho tem impacto econômico na utilização do gás. Por exemplo, aparelhos com controle automático de temperatura da água são mais caros do que os de controle manual.

Legalidade

Como foi citado anteriormente a legalidade reflete a imposição de normas e procedimentos impostos pelo poder público e que devem ser obedecidos pelos cidadãos. Portanto está fora do âmbito de expressão de sua preferência. Mas em certos casos, pode atuar como determinante ou facilitador do uso de um determinado energético, conforme discutido anteriormente. Por meio do exemplo do Decreto Municipal 24714, de 07/10/1987.

O efeito prático observado a partir deste Decreto é a eliminação ou redução de investimento posterior necessário à adaptação das instalações ao uso do gás natural. Isto tem permitido a utilização do gás para aquecimento de água ou a substituição de eletricidade por gás para este fim, sendo um dos fatores responsável pela ampliação do mercado residencial de gás percebida recentemente na Região Metropolitana de São Paulo.

Economicidade e confortabilidade

A economicidade e a confortabilidade estão relacionadas entre si, e por isso, serão abordadas conjuntamente. Estes aspectos estão vinculados ao nível de informação e ao nível de renda dos usuários.

A observação tem mostrado que em geral os usuários dispõem de poucas informações confiáveis e conhecimento insuficiente para efetuar a comparação econômica entre as alternativas. Acaba optando pelo gás quando a sua renda lhe permite realizar os investimentos necessários a eventuais adaptações do imóvel, ou quando manifesta a preferência por um nível diferenciado de conforto. Contudo, pode haver também outros motivos de caráter menos geral que influenciam a decisão de escolha além dos mencionados.

Devido a economicidade e confortabilidade estarem na esfera de manifestação do arbítrio do usuário, e envolverem o custo comparativo entre os energéticos e o padrão de conforto, as discussões que se seguirão irão focar estes dois fatores que, via de regra, são de pouco domínio do optante do usuário de energia.

Padrão de conforto

Os padrões de conforto variam um pouco conforme as preferências pessoais, contudo é possível estabelecer com boa segurança alguns parâmetros que atendem as expectativas da população. A temperatura do corpo humano normalmente oscila entre 36 e 37 °C, a sensação de quente ou frio referentes à água do banho estão relacionadas a esta temperatura.

A pesquisa de Análise das Utilidades Domésticas, solicitada pelo Conselho Estadual de Energia de São Paulo, em 1983, cita alguns parâmetros de conforto para o banho. A temperatura da água em contato com o corpo seria entre 36 a 39 °C e a vazão de 3 a 5 l/min. Para que a temperatura em contato com o corpo esteja na faixa mencionada, a água precisa ser aquecida a temperatura um pouco superior àquela, tendo-se o cuidado de que quando a temperatura em contato com o corpo é superior a 40-42 °C torna-se desagradável [17].

Considerando estes parâmetros de conforto o chuveiro elétrico usual, ou seja, com potência nominal de 4400 ou 5200 W, é menos confortável do que o aquecedor à gás devido a limitação da vazão para a qual eleva a temperatura da água aos valores de conforto. Normalmente em dias mais frios há necessidade de restringir o fluxo de água por meio do registro do chuveiro.

Por sua vez, os aquecedores à gás conseguem aquecer a água à temperatura agradável ao banho para vazões bastante superiores a 5 l/min, dependendo do modelo do aquecedor, o que pode ser um fator favorável à aquisição de aquecedor à gás pelo usuário que opta por maior nível de conforto (agradabilidade e efeito de massagem da água).

A contrapartida ao aumento do nível de conforto é o aumento do custo operacional devido ao maior gasto de energia e de água. Disso decorre a associação do nível de conforto com a renda dos usuários. Embora outros fatores possam influenciar a escolha do padrão de conforto que os satisfaz, como por exemplo nível de informação, a renda é o fator determinante da escolha. Assim aqueles que têm excedente de renda têm a possibilidade de optar por um nível de conforto maior, conseqüentemente com maior consumo de energia e maior custo. Neste sentido são inúmeros os estudos que mostram que os países onde a população tem maior renda e, portanto, maior acesso aos bens de conforto modernos, consomem mais energia. O aquecedor de água para banho, considerado do ponto de vista qualitativo, faz parte do universo dos ditos bens de conforto e se enquadram nas observações dos estudos que relacionam o bem-estar com o consumo de energia.

Custo comparativo

A avaliação sobre o custo entre a opção de uso de um ou outro energético envolve a análise econômica entre alternativas e o custo de oportunidade. A análise econômica entre alternativas deve considerar o custo inicial das instalações e de aquisição dos aquecedores, e também, o custo operacional, isto é, o gasto com energia e com a água. Para o custo inicial das instalações há três possibilidades: 1) o imóvel possuir instalações completas para o energético substituto, e portanto não

haveria custo; 2) o imóvel ter instalações parciais para o energético substituto, o que acarretaria em algum custo; e 3) não haver nenhuma instalação, o que resultaria no custeio de todas as instalações.

Em engenharia econômica o método utilizado quando se compara redução de custos é o do benefício líquido anual uniforme, ou o seu método derivado, o do custo anual uniforme. Estes métodos de comparação assumem que uma ou outra alternativa produziria os mesmos benefícios, e portanto, deveria ser escolhida a alternativa de maior benefício financeiro. Essa é a situação prática quando se compara a opção entre energéticos para o aquecimento de água para banho.

O método descrito acima deve ser o preferido quando o imóvel dispõe de instalações completas, ou quando há instalações parciais e o custo para sua complementação for pequeno. Entretanto, quando o imóvel não dispuser de instalação ou dispuser de instalação parcial, e o custo para implantação da mesma for apreciável, deve ser considerado o custo de oportunidade.

Esse custo considera a possibilidade de utilização dos recursos financeiros para outros fins que podem conferir maior benefício ou satisfação do que a sua utilização para substituir o energético atual. O custo de oportunidade pode ser verificado pelo método da taxa interna de retorno, que pode indicar se a substituição de energético é atrativa em relação a outras possibilidades, supondo disponibilidade limitada de recursos monetários.

Custos envolvidos

Será considerada apenas a hipótese de substituição de energético em imóvel pronto, uma vez que a o interesse do trabalho é analisar os impactos da utilização do gás ao invés da energia elétrica no aquecimento de água e, que para o imóvel em construção, as instalações hidráulicas e de gás deveriam ser previstas em bons projetos arquitetônicos, assim os seus custos seriam parte do custo do imóvel, desta forma esta situação seria abarcada por aquela da instalação completa.

Custo de implantação

Reportando às três situações de instalações aludidas anteriormente pode-se ter custos distintos para implantação uso do gás canalizado para aquecimento de água, que vão desde o custo de aquisição do aquecedor à gás até a reforma dos banheiros. Em casas térreas, o custo é um pouco maior do que em apartamentos devido ao requerimento de pressurizador de água para o funcionamento eficiente do aquecedor à gás.

Percebe-se que com o aumento da oferta e da concorrência os preço dos equipamentos à gás tem diminuído no Brasil, apesar da recente e intensa desvalorização do Real frente ao dólar americano. Atualmente encontra-se aquecedores de qualidade a preços bastante satisfatórios o que é um fator positivo ao uso do gás. Mas para usufruir desta vantagem deve-se buscar o máximo de informações, uma vez que o preço dos aquecedores pode variar bastante para

aquecedores de qualidade similar de acordo com a sua capacidade, com o nível de sofisticação dos seus comandos e com a estética.

Da mesma forma, a concorrência tem promovido redução de custo das instalações. Ainda assim, a soma de ambos os custos são consideráveis, e embora tenha havido crescimento do uso do gás em São Paulo, outros fatores têm sido preponderante ao fator econômico na decisão de substituição de energético, como será visto a seguir.

Alguns custos possíveis para implantação do uso de gás em aquecedores de capacidade média, incluindo todas as instalações e equipamentos, variam de cerca de R\$ 375,00 a R\$ 3085,00 em apartamentos, e de R\$ 1375,00 a R\$ 4085,00 em casas, podendo ser maiores dependendo da sofisticação e do porte do aquecedor. Os menores valores consideram instalações completas e os maiores necessidade de reforma. Para as casas o custo do pressurizador ainda é elevado, devendo ser verificada a possibilidade de sua substituição pela instalação de bomba d'água comum.

Custo operacional

Os aquecedores à gás possibilitam opções de maior nível de conforto pelo usuário. Entretanto a contrapartida ao maior conforto pode ser o maior gasto de energia e de água, dependendo do padrão escolhido.

1) Custo de energia

Os gastos com energia variam para cada residência de acordo com o número de usuários, da frequência e duração do banho e do padrão de conforto exigido. Para uma determinada residência estas variáveis apresentam valores habituais, o que permite avaliar os custos em função dos preços relativos dos energéticos.

O preço do gás e da energia elétrica têm regras semelhantes de reajustes e revisões por derivarem da mesma fundamentação teórica, distinguindo-se em algumas particularidades referentes ao caráter distinto dos energéticos e de acordo com o critério definido pelo órgão regulador do serviço.

Os reajustes de um e outro energético podem apresentar datas distintas de acordo com a data de reajuste definidas contratualmente para as concessionárias da localidade. Das diferenças de datas de reajustes ou revisões os custos relativos dos energéticos podem ser, em determinado momento, mais ou menos favoráveis ora a um ou a outro energético.

A comparação de custos entre os energéticos, de maneira rápida, pode ser feita considerando a utilização da potência máxima do chuveiro elétrico. Em geral utilizando este procedimento o custo do gás para aquecimento de água é ligeiramente menor do que o da energia elétrica. Ao incluir na análise financeira entre as alternativas o custo de implantação do gás, se o resultado for inviável à

substituição, economicamente é desfavorável a utilização do gás . Se o resultado for viável é necessário a análise mais detalhada antes de concluir pelo seu uso.

A análise mais apurada leva em conta a distribuição da utilização do chuveiro elétrico ao longo do ano, ou seja, deve ser considerada a variação da potência do chuveiro de acordo com as temperaturas ambiente e da água na entrada do chuveiro para cada estação do ano. Esta análise que será apresentada a partir de agora tem como base o Estado de São Paulo, mas pode ser facilmente transportada para outros Estados Federativos, dos quais destaca-se o Estado do Rio de Janeiro por apresentar características semelhantes à São Paulo.

A temperatura que a água na entrada do chuveiro tem importância no consumo de energia pois quanto maior for esta temperatura menor será a necessidade de energia para aquecimento da água para o banho para as condições de conforto. Esta temperatura varia com a estação do ano, com o clima da região, e com a configuração do abastecimento de água, isto é, a existência ou não de reservatório e sua posição.

1.1) Determinação da potência do chuveiro ao longo do ano

A temperatura de fornecimento da água aos usuários da SABESP (Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo) é de 18 a 20 °C e a pesquisa de consumo residenciais de energia [17], na análise das utilidades domésticas mostrou que no verão quando a caixa d'água fica exposta ao sol tem a sua temperatura elevada de 8 a 12 °C. Na falta de dados para a situação da caixa d'água coberta será adotada como referência a mesma elevação de temperatura da caixa exposta, desconsiderando apenas as caixas d'água subterrâneas. Sugiro entretanto que esta questão seja objeto de estudo futuro para obtenção de melhores informações.

Esta simplificação parece coerente com a realidade uma vez que, de outra forma, os menores níveis de aquecimento dos chuveiros com mais de duas posições "ligadas" não conseguiriam aquecer a água aos padrões de conforto, e na prática observa-se que nas épocas mais quentes do ano estas posições satisfazem aos usuários.

Outro aspecto a ser observado quanto a elevação da temperatura da água nos reservatórios residenciais é o material construtivo utilizado. Tradicionalmente no Brasil era utilizado material à base de amianto. Recentemente tem sido difundido o uso de material plástico, não sendo este bom condutor de calor o que pode influenciar no aquecimento da água nas caixas e nos chuveiros.

Para estimar a elevação da temperatura que ocorre nas caixas d'água nas demais épocas do ano, foi feita uma relação entre a temperatura ambiente média e a elevação de temperatura que ocorre nas caixas no verão.

Sem discutir todos os aspectos de transferência de calor envolvidos, embora a transferência de calor do sol para a terra seja por radiação, a transferência de calor da caixa para a água nela contida ocorre principalmente por condução e convecção. Nestes processos de troca térmica para uma determinada caixa d'água (material e forma definidos) a transferência de calor é proporcional a diferença de temperatura

entre a caixa e a água. Um outro ponto a observar é que os telhados podem atuar como fonte de radiação de calor para a caixa d'água, absorvendo o energia do sol e a radiando por determinado período para o reservatório. Assim é possível que mesmo quando a intensidade do sol diminua a água do reservatório continue recebendo calor, quiçá atingindo a elevação máxima de temperatura ao entardecer, mais próximo portanto do horário de pico de utilização do chuveiro.

Assim foi considerado que o calor disponível para aquecimento da água do reservatório esta relacionado com a diferença de temperatura entre as estações do ano. A elevação da temperatura da água do reservatório seria aquela resultante da elevação no verão subtraída da temperatura média dos meses de verão com a do mês desejado. Esta analogia embora simplificada parece ser razoável para a precisão prática requerida, e a equação utilizada foi:

$$E = E_r - (t_v - t_m)$$

Onde:

E: é a elevação de temperatura máxima da água do reservatório no mês desejado, em °C;

E_r: elevação de temperatura de referência, 8 a 12°C;

t_v: é a temperatura média dos meses de verão, neste caso considerados janeiro, fevereiro e março, em °C;

t_m: é a temperatura do mês que se deseja saber a elevação máxima de temperatura da água do reservatório, em °C.

Foi adotada como referência a temperatura ambiente da cidade de São Paulo para obtenção da temperatura média do verão t_v, devido a ser o local mais favorável a expansão do uso do gás canalizado para aquecimento de água por ter maior número de habitantes, grande quantidade de edificações multifamiliares verticais (prédios de apartamentos) e possuir rede de distribuição de gás canalizado relativamente extensa.

A figura 5 mostra o perfil da temperatura média da cidade de São Paulo no período de 1961 a 1990. Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, valores aproximados.

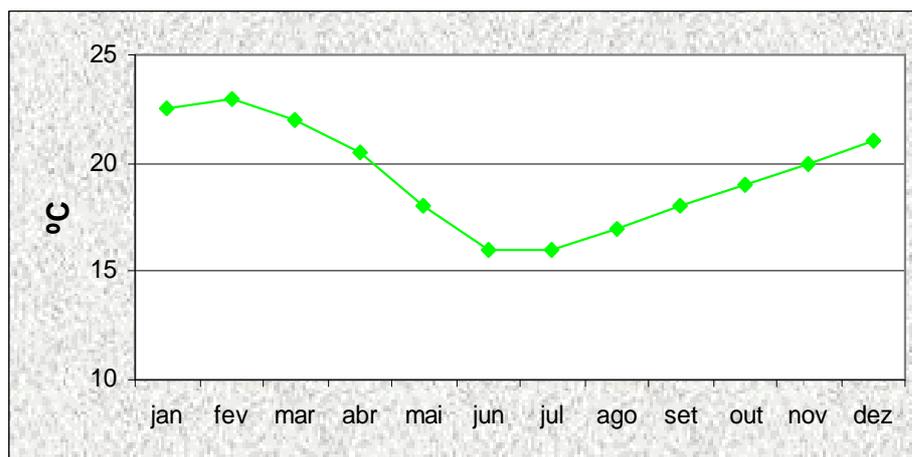


Figura 5 – Temperatura média na cidade de São Paulo

A análise das temperaturas de períodos mais recentes, a saber, de 1998 a 2001, sugerem uma possível elevação de aproximadamente 2 °C na temperatura média paulista. Este fato apenas pode ser confirmado com a análise de um período mais longo o qual permite expurgar possíveis interferências de fenômenos meteorológicos temporais, dando assim informação de mudança climática real.

Obtida a partir de valores históricos, a temperatura média do verão t_v é 22,5 °C. Para expressar os valores em números inteiros, o resultado dos cálculos foram arredondados para baixo. A tabela 14 mostra a temperatura média de cada mês, os intervalos de elevação da temperatura e as possíveis temperaturas máximas da água contida nos reservatórios.

Tabela 14 - Intervalos de elevação e temperatura máximas da água no reservatório

Mês	Temperatura ambiente média, em °C	Elevação máxima de temperatura, em °C	Temperatura máxima da água no reservatório, em °C
janeiro	22,5	8 a 12	30 a 34
fevereiro	23	8 a 12	31 a 35
março	22	8 a 12	30 a 34
abril	20,5	6 a 10	27 a 31
maio	18	3 a 7	21 a 25
junho	16	1 a 5	17 a 21
julho	16	1 a 5	17 a 21
agosto	17	2 a 6	19 a 23
setembro	18	3 a 7	21 a 25
outubro	19	4 a 8	23 a 27
novembro	20	5 a 9	25 a 29
dezembro	21	6 a 10	27 a 31

Utilizando a duração do banho obtida anteriormente, as potências dos equipamentos e a eficiência dos aquecedores elétricos e à gás, foram feitos cálculos comparativos destes aparelhos para diversas vazões e temperaturas da água na entrada dos aquecedores. O resultado destes cálculos foi o consumo médio e o custo médio por pessoa para as vazões para qual o dispositivo é capaz de elevar a água ao nível de temperatura de conforto.

- Para o chuveiro elétrico foram considerados dois tipos de aparelhos:

- 1) um com potência de 4400 W e duas posições de aquecimento, a saber, quente e morna, que de outro modo, significam duas potências de aquecimento: uma de 4400 W e a outra de 2720 W; e

- 2) outro com potência de 5200 W e quatro posições de aquecimento, a saber, morno, quente, mais quente e super quente, correspondendo às potências de 5200 W, 3200W, 2000 W e 1300 W.

- Para os aquecedores à gás foram selecionados os modelos de aquecedores que tem a eficiência média obtida dos diversos aquecedores disponíveis no mercado, considerando três faixas de vazão: de 5 a 10 l/min, de 10 a 15 l/min e de 15 a 20 l/min. Como os aquecedores à gás podem atender as diversas vazões solicitadas, ao nível de conforto definido, ajustando automaticamente a sua potência àquela solicitada, foram definidos três níveis de vazão máxima de banho para qual o usuário poderia optar livremente, sendo o consumo e o custo médios obtidos pela média dos consumos e custos dentro destes níveis:

- 1) um com potência de 10923 W para o qual a vazão da água no banho poderia variar de 2,6 a 6,0 l/min;

- 2) outro com potência de 22958 W para o qual a vazão da água no banho poderia variar de 3,0 a 8,0 l/min; e

- 3) o terceiro com potência de 27331 W para o qual a vazão da água no banho poderia variar de 4,0 a 10,0 l/min.

Finalmente para determinar a potência do chuveiro elétrico para cada mês, dentro de cada estação do ano, foram cotejadas as possíveis temperaturas da água na caixa com a capacidade do chuveiro elétrico em atender o intervalo de vazão e temperatura de conforto. Os mesmos períodos de utilização de determinada posição de aquecimento (potência) foram considerados para cada aquecedor à gás.

As tabelas 15 e 16 mostram a distribuição do tempo de utilização de cada posição do chuveiro elétrico de 5200 W e de 4400 W no ano.

Tabela 15 - Tempo de utilização das potências do chuveiro elétrico de 5200 W em um ano

potência W	Quantidade de meses de utilização
5200	2
3200	4
2000	3
1300	3

Tabela 16 - Tempo de utilização das potências do chuveiro elétrico de 4400 W em um ano

potência W	Quantidade de meses de utilização
4400	5
2720	7

1.2) Eficiência dos aquecedores de água para banho

No presente trabalho o termo aquecedor de água irá se referir sempre aos aquecedores de água para banho de maior eficiência energética, ou seja, os aquecedores de instantâneos ou de passagem, elétrico ou à gás. Dois fatores característicos dos aparelhos definem o consumo de energia: a potência e a eficiência.

A potência está relacionada com clima regional e com o nível de conforto requerido pelo usuário, pois quanto menor for a temperatura média da região maior será a potência necessária para o aparelho entregar um determinado padrão de conforto. Do mesmo modo quanto maior for o nível de conforto requerido pelo usuário, que na prática significa utilização de maior vazão de água à temperatura que lhe apraz, maior deverá ser a potência do aparelho.

Em geral os aquecedores à gás tem potência maior do que os elétricos o que permite entregar maior nível de conforto ao usuário, segundo o padrão mencionado anteriormente. Para um mesmo tipo de aparelho, ou seja, elétrico ou à gás, quanto maior for a potência maior será o consumo de energia, e maior será a demanda dos sistemas que a provêm. Daí a importância de estudar os efeitos da potência dos aparelho para os sistemas energéticos e para os usuários.

Como atualmente os aparelhos podem ser utilizados em diversas potências dependendo da época do ano, o desejável seria que constasse dos manuais dos aquecedores, elétricos ou à gás, as curvas de rendimento em cada nível de potência.

Chuveiros elétricos

Infelizmente, não é habitual a divulgação da eficiência e das potências intermediárias pelos fabricantes do chuveiro elétrico. Tampouco há informação da elevação da temperatura da água para cada nível de potência. Este assunto ainda não despertou interesse dos legisladores, órgãos normativos, ou de forma geral, dos envolvidos de algum modo com o setor energético. É notável que apesar da importância do chuveiro elétrico na demanda e no consumo de energia, ainda não há etiquetagem de eficiência para este aparelho.

Contudo um dos fabricantes de chuveiros elétricos, tradicionalmente divulga nos manuais dos seus aparelhos a curva média da vazão pela elevação da temperatura da água. Os dados que serão utilizados neste trabalho serão os desse fabricante, denominado fabricante I, para preservação da marca. A tabela 17 mostra os valores das eficiências médias do chuveiro de potência nominal 5200 W, com seleção de quatro níveis de potência. A figura 6, mostra a curva típica da eficiência média pelo nível de potência deste chuveiro, estabelecida a partir dos dados do fabricante.

Tabela 17 -Dados do chuveiro elétrico com quatro níveis de potencia

Modelo	Potência em W			Eficiência média	Redução por nível de potência
	Máxima	Nível	Valor		
I	5200	1	5200	95,4%	-----
		2	3200	97,3%	-38,5%
		3	2000	95,2%	-61,5%
		4	1300	88,4%	-75,0%

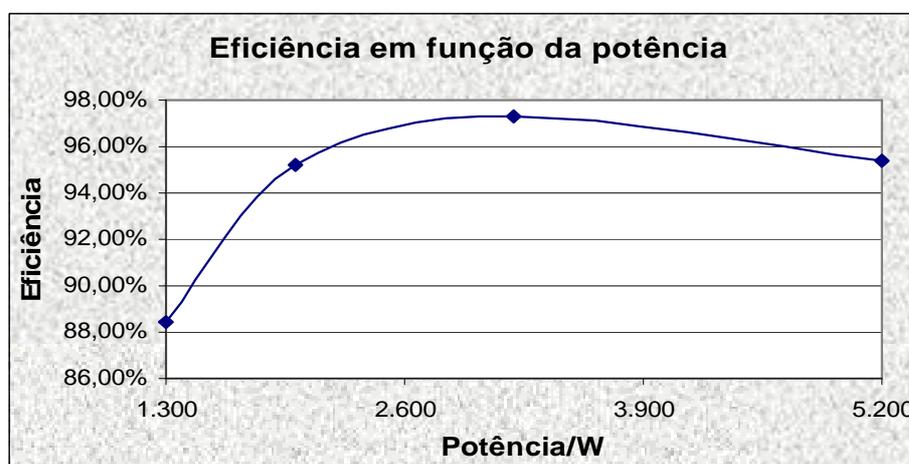


Figura 6 – Curva típica de eficiência de chuveiro elétrico com quatro posições de aquecimento em função da potência

A pesquisa de consumos residenciais de energia realizada em 1983, a pedido do Conselho Estadual de Energia de São Paulo, uma das referências deste estudo, mostra a potência dos chuveiros elétricos utilizados à época. Foram selecionados para constar da tabela 18 apenas os chuveiros de tensão 220 V, entretanto, há residências com chuveiro de 110 V.

Tabela 18 - Potência dos chuveiros elétricos – pesquisa de 1983

Fabricante	Modelo	Tensão V	Potência verão W	Potência inverno W
23	II	220	2860	4840
26	VI	220	3000	4400
30	IV	220	2500	3600
30	V	220	2500	3800
30	VI	220	2700	4400
30	VII	220	2800	4200
30	VIII	220	2800	4400
30	IX	220	3200	4800
30	X	220	3500	5300
30	XI	220	3800	5400

Fonte: Conselho Estadual de Energia

Realizando a estatística da amostra da tabela 18, verifica-se que a redução da potência entre a utilização da posição inverno e verão está no intervalo de 27,5% a 41,0%. Portanto significativamente menor do que a que ocorre entre a máxima e a mínima de chuveiros com vários níveis de potência, que no exemplo da tabela 17 chega a 75%.

Aquecedores à gás

Os fabricantes dos aquecedores à gás já apresentam habitualmente em seus catálogos a eficiência dos aparelhos, determinada para a máxima vazão de água para qual o aquecedor eleva a sua temperatura em 20° C, segundo a norma específica para estes tipo de aparelho. Entretanto para fornecer informação completa deveria constar também dos catálogos as curvas de eficiência do aparelho e de temperatura para diversas vazões da água.

As tabelas seguintes mostram a eficiência de vários modelos de aquecedor à gás, por fabricante, classificados por intervalos de vazão. As tabelas foram elaboradas com o número máximo de fabricantes que disponibilizam as informações sobre os seus produtos.

Tabela 19 - Eficiência de aquecedores à gás com vazão de 5 a 10 l/min

Fabricante	Modelo	Eficiência	Vazão
I	1	81,80%	10,0
II	1	78,70%	8,0
III	1	77,00%	6,9
III	2	83,00%	6,0

Tabela 20 - Eficiência de aquecedores à gás com vazão de 10 a 15 l/min

Fabricante	Modelo	Eficiência	Vazão
I	1	77,60%	14,9
III	1	84,70%	10,0
III	2	78,50%	10,0
III	3	85,20%	13,0
III	4	81,40%	13,1
IV	1	81,00%	11,0
IV	2	85,00%	11,0
IV	3	81,00%	13,0
IV	4	85,00%	15,0
IV	5	83,00%	11,5
V	1	80,50%	11,0
V	2	78,00%	12,0
VI	1	81,40%	12,2
VI	2	82,90%	15,0
VII	1	85,00%	13,5

Tabela 21 - Eficiência de aquecedores à gás com vazão de 15 a 20 l/min

Fabricante	Modelo	Eficiência	Vazão
I	1	79,40%	17,0
III	1	84,70%	18,0
III	2	85,00%	16,0
III	3	85,00%	18,0
III	4	85,00%	16,0
IV	1	85,00%	17,0
IV	2	83,00%	17,0
V	1	80,40%	16,0
VII	1	86,00%	17,5
VIII	1	87,00%	16,0
VIII	2	90,00%	20,0

Tabela 22 - Eficiência de aquecedores à gás com vazão de 20 a 25 l/min

Fabricante	Modelo	Eficiência	Vazão
III	1	85,00%	22,0
VII	1	87,00%	21,0

Como pode ser observado, a eficiência dos aquecedores varia de acordo com o fabricante, com a vazão nominal e com o modelo. O usuário de posse das informações do fabricante poderá escolher o aquecedor que melhor atende as suas necessidades.

A curva da eficiência de aquecedores à gás foi estabelecida pelos dados obtidos em laboratório técnico com certificação de qualidade para teste de equipamentos de combustão. O procedimento adotado para obtenção dos dados considerou o modo de operação habitual destes aquecedores pelo usuário e a forma de controle de temperatura dos aparelhos. Isto é, manteve fixa a regulagem da elevação de temperatura e variou-se a vazão de água pelo aparelho. Automaticamente, ocorre a variação da quantidade admitida de gás para proporcionar o aumento de temperatura. Foram feitas quatro medições de acordo com a vazão de água pelo aquecedor: uma para a vazão mínima de água necessária para funcionamento do aquecedor; uma entre a vazão mínima e a nominal; uma para a nominal do aquecedor; e a última para vazão maior do que a nominal. A figura 7, mostra a curva obtida por meio deste procedimento, para um aquecedor de vazão de potência nominal de 10.473 W (9005 kcal/h), correspondendo à vazão de aproximadamente 5,7 l/min.

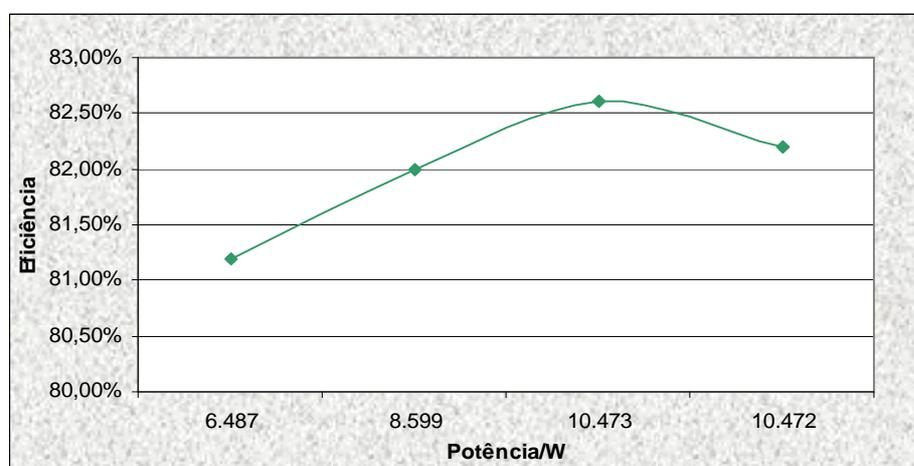


Figura 7 – Curva de eficiência típica de um aquecedor à gás em função da potência disponível

Comparando a eficiência das figuras 6 e 7, a primeira vista parece que o chuveiro elétrico apresenta eficiência energética maior no momento da prestação de serviço ao usuário, ou seja, o aquecimento de água. Entretanto não se pode concluir pelo seu uso sem analisar a fonte de eletricidade que o atende. Isto é, quando a fonte de energia elétrica é de origem hidráulica, certamente o seu é econômico do ponto de vista energético, envolvendo toda a cadeia desde a produção até o uso final. Quando a fonte de energia elétrica é de origem térmica, todo o processo da produção ao uso deve ser analisado. Em hidrelétricas, a energia potencial da água é transformada em energia elétrica em turbinas hidráulicas, que tem determinado rendimento. A energia gerada é transportada até o usuário por condutores elétricos, onde também ocorre perdas, para ser disponibilizada ao chuveiro. Este aparelho possui determinada eficiência. Desta forma, verifica-se que a energia útil, ou seja, a utilizada para aquecimento da água pelo usuário, é apenas uma parcela da energia potencial disponível. Raciocínio análogo pode ser feito para a energia disponível do gás. Parte é perdida por vazamentos ou necessidades operacionais no transporte do gás do poço de produção até as termelétricas. Outra parte, nos processos de combustão e nas turbinas que produzem o movimento para geração de eletricidade. Depois de produzida a energia elétrica está sujeita aos mesmos tipos de perdas

mencionadas no transporte e no uso da hidroeletricidade. O somatório de todas as perdas faz com que a eficiência global seja maior utilizando-se o gás em residências ao invés do seu uso em geração termelétrica.

Determinado o tempo de utilização de cada potência do chuveiro elétrico e conhecendo as eficiências dos aparelhos, foram calculados o consumo e o custo médio mensal, por pessoa, na utilização do chuveiro elétrico e do aquecedor à gás durante um ano, para diferentes temperaturas da água no reservatório e níveis de potência, para a duração média de banho de 14 min. As tabelas 23 e 24 mostram os valores apurados.

Tabela 23 - Comparação de consumo e custo médios do chuveiro elétrico de 5200 W e aquecedores à gás diversos, por pessoa

Chuveiro elétrico				
potência (W)	consumo (kW-h/mês)	custo (R\$/mês)	consumo (kW-h/ano)	custo (R\$/ano)
5200	19,31	6,35	231,70	76,22
Aquecedor à gás				
potência (W)	consumo (m³/mês)	custo (R\$/mês)	consumo (m³/ano)	custo (R\$/ano)
27.331	4,61	11,07	55,37	132,79
22.958	3,41	8,00	40,94	95,96
10.923	2,66	6,42	31,92	77,02

Nota: Tarifas vigentes em dez/02. Gás: Portaria CSPE 204, de 04/11/02.
Energia elétrica: resolução 274, de 03/07/02.

Tabela 24 - Comparação de consumo e custo médios do chuveiro elétrico de 4400 W e aquecedores à gás diversos, por pessoa

Chuveiro elétrico				
potência (W)	consumo (kW-h/mês)	custo (R\$/mês)	consumo (kW-h/ano)	custo (R\$/ano)
4400	23,94	7,88	287,28	94,50
Aquecedor à gás				
potência (W)	consumo (m³/mês)	custo (R\$/mês)	consumo (m³/ano)	custo (R\$/ano)
27.331	4,84	11,00	58,08	131,95
22.958	3,39	7,95	40,66	95,37
10.923	2,63	6,35	31,53	76,21

Nota: Tarifas vigentes em dez/02. Gás: Portaria CSPE 204, de 04/11/02.
Energia elétrica: resolução 274, de 03/07/02.

As potências dos aquecedores à gás estão associadas a vazão de água que podem proporcionar ao banho, como ficou evidente na descrição dos equipamentos, onde é citada a faixa de vazão utilizada para os cálculos. Deste modo, deve ser entendido das tabelas 23 e 24 que quanto maior a vazão média do banho maior será o gasto com o gás, o que é uma conclusão óbvia, pois, como os aquecedores de água à gás mantêm a variação ou o valor da temperatura da água no valor selecionada, quanto maior a vazão da água maior será a quantidade de energia para aquecê-la.

Comparando os custos dos energéticos verifica-se que o aquecimento de água com gás tem maior custo do que com energia elétrica para as maiores faixas de vazão de água para banho.

Para a menor faixa de vazão da água para o banho, ou seja, entre 2,6 a 6,0 l/min, o custo do gás é menor do que o da energia elétrica utilizada em chuveiros de potência 4400 W e maior do que em chuveiros de 5200 W.

Outro dado interessante é que o gasto com energia dos chuveiros de 5200 W é menor do que o de chuveiros de 4400 W. Embora pareça estranho a primeira vista que o chuveiro de maior potência consuma menos energia, a explicação disto é de fácil compreensão. O chuveiro de 5200 W permite mais opções de posição de aquecimento de acordo com a temperatura da água do reservatório, ou de outra forma, ocorre a melhor seleção das potências das resistências do chuveiro.

O corolário da melhor seleção das potências é a melhor eficiência energética. Calculando a potência média dos chuveiros de 4400 e de 5200 W a partir dos meses de utilização de suas potências, dadas nas tabelas 23 e 24, o primeiro apresenta potência dissipada média de 3420 W e o segundo 2758 W. Isto quer dizer que na utilização do chuveiro de 4400 W durante um ano, de janeiro a dezembro é dissipado em média 662 W a mais do que o outro que permite mais opções de posições de aquecimento.

A potência média dissipada a mais pelo chuveiro de potência nominal de 4400 W, significa que em no banho de 14 min, durante 30 dias, há em média o consumo de energia de 4,63 kW-h/mês por pessoa, a mais do que o chuveiro de 5200 W comparado. Esta energia a mais gasta resulta no custo a maior médio de R\$ 1,14 por pessoa por mês.

Durações de banho diferentes apresentam resultados semelhantes, apenas os valores de gasto com energia e os da potência dissipada média por pessoa serão diferentes.

2) Custos de água

Neste tópico serão feitas algumas abordagens objetivando estabelecer a motivação e o impacto da sua utilização no banho, quando ocorre a substituição de energia elétrica pelo gás para promover o seu aquecimento. Contudo antes de iniciar as discussões da água para o banho é necessário fazer uma comparação, ainda que breve, entre a importância da água e da energia elétrica.

O principal foco das discussões no País pelas autoridades do setor energético e da imprensa em geral tem sido a energia, sobretudo a elétrica, principalmente depois da escassez percebida em 2001.

Talvez este enfoque seja preferido pela repercussão econômica e social que implica da escassez de energia elétrica, ou devido a formação acadêmica e profissional das autoridades, ou ainda, pela percepção que os usuários têm da ausência de energia. Particularizando aos usuários residenciais, o transtorno é sentido e algumas vezes

manifesto quando não se dispõe de iluminação ou não se pode utilizar os eletrodomésticos.

De fato nesta época a energia elétrica tem uma dimensão importante na qualidade de vida das pessoas, sendo um serviço que permite o aumento do padrão de conforto da sociedade. Mas quando se trata do utilização da água pelo setor energético, a energia deveria ser vista em um plano secundário, no sentido de que se a exploração da fonte de energia acarretar impacto negativo importante à utilização da água pelos seres vivos, a obtenção de energia elétrica deveria ser relegada. Isto porque se não houver energia elétrica, embora o conforto seja prejudicado, a continuação da vida é possível. A humanidade viveu muitos anos antes de conhecer possibilidade de uso amplo da eletricidade. Contudo sem água não há vida, sendo este fato reconhecido no Inciso III, do Art. 1º, da Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos: “ em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais”.

Quando o uso da água é referido ao banho, a sua finalidade principal é de propiciar a higiene. Neste sentido poderia ser pensado em outros produtos que realizassem esta função. Entretanto talvez nenhum deles tenha atualmente a mesma eficiência do que a água, destacando que a água pura tem pH neutro, portanto não causa efeitos indesejáveis à saúde e à estética. Evidentemente que há diferentes qualidades de água e formas de sua utilização no banho, por exemplo em rios. Mas quando é acrescentado o atributo conforto ao banho, a água limpa disponibilizada em quantidade e temperatura satisfatórias tem importância relevante, sendo praticamente insubstituível. A frequência de banho depende dos hábitos individuais, de aspectos culturais, climáticos, entre outros, não sendo objeto desta discussão. Contudo seja qual for a frequência, na tentativa de explicar o possível comportamento individual na seleção da vazão da água para banho, será utilizada a teoria conveniente dentre as teorias econômicas que explicam a procura por produtos.

A partir do conhecimento da importância da água, no meu entender, é possível explicar a disposição da escolha da vazão de água para banho por uma adaptação da teoria de utilidade, embora o consumo efetivo de água seja melhor explicado pela chamada teoria da escolha que relaciona a determinação da quantidade de cada produto da cesta de produtos demandada pelo consumidor com a sua renda.

A adaptação da teoria da utilidade é uma tentativa de prever qual seria a escolha da vazão do banho quando o critério é conforto, supondo o banho ser insubstituível para a higiene pessoal, e ainda, que não há restrição orçamentária e tampouco de água. Ao invés da quantidade de produto demandada, a variável independente será a vazão de água em l/min. A utilidade será substituída pelo nível de conforto, sendo este um atributo secundário ao banho. A cada vazão da água foi atribuído um valor numa escala de 0 à 10, correspondendo ao nível de conforto percebido pelo indivíduo, sendo que à vazão de 3 l/min foi atribuído o valor 5. Valores menores do que 5 significam nível de conforto insatisfatório. Desta forma a escala proposta esta coerente com o resultado da pesquisa de análise das utilidades domésticas apresentada anteriormente, que citou que a vazão para um banho confortável estaria entre 3 a 5 l/min.

Propositadamente não foi estabelecida a vazão que propiciaria conforto máximo, ou nível 10, devido a esta vazão poder variar conforme a percepção individual e pelo fato de não haver pesquisa que a indique. Lembrando que pela teoria da utilidade o consumo de uma unidade a mais do bem demandado proporciona uma utilidade adicional menor do que a do consumo da quantidade anterior, para vazão de água acima de 8 l/min, o incremento ao nível de conforto total torna-se pequeno, mostrando que vazões maiores contribuem pouco para o aumento do conforto total. Este fato, intencionalmente, pode indicar que o incremento do conforto para vazões de água superiores a 8 l/min podem não compensar o aumento com o dispêndio de água e energia. A Figura 8 mostra os valores atribuídos.

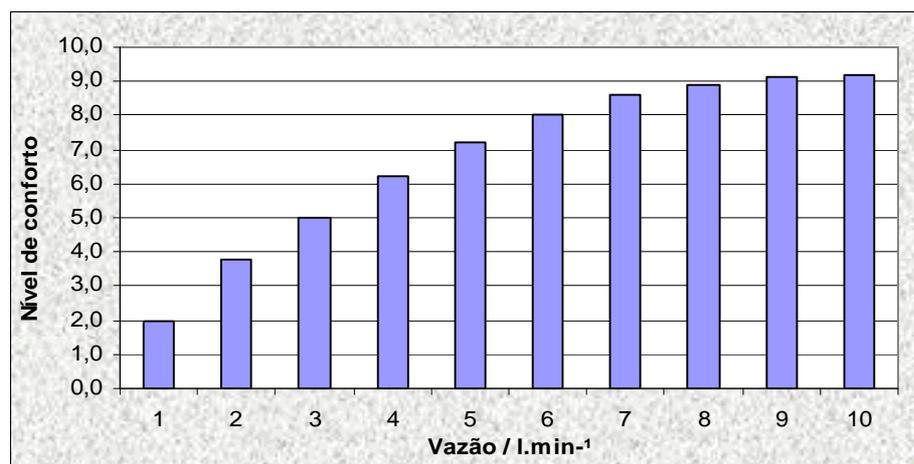


Figura 8 – Demanda de água para banho associada ao nível de conforto

De acordo com esta proposição, a figura 1 mostra que não existindo restrições haveria preferência em utilizar vazões elevadas de água durante o banho, devido ao aumento do nível de conforto proporcionado.

Na prática existe restrição orçamentária, limitação física de vazão de acordo com as características das instalações hidráulicas e do aparelho utilizado, e eventualmente escassez de água, o que pode induzir a um comportamento poupador. Estas restrições fazem com que a vazão de água do banho, conscientemente ou não, esteja condicionada a uma ou outra restrição.

O exemplo mais comum é o dos chuveiros elétricos. Devido aos aparelhos de potência utilizada pela maioria da população terem capacidade para aquecerem à temperatura de conforto baixas vazões de água. Estes aparelhos são concebidos de forma a limitar o fluxo de água na sua entrada à vazão máxima em torno de 5 l/min. As vazões de banho normalmente estão entre 2,5 a 4 l/min, dependendo das condições locais das instalações e da temperatura ambiente.

A maioria dos aquecedores à gás disponíveis no mercado possuem capacidade de aquecer a vazões de água maiores. Devido a isso, em geral, a utilização de aquecedores à gás leva o usuário a eleição de maiores vazões durante o banho, visando maior nível de conforto. A consequência é o maior consumo de água e elevação do seu custo mensal. Dois outros fatores associados a utilização de aquecedores à gás podem ser citados: 1) o mecanismo para controle de temperatura da água do banho. Principalmente nos aquecedores de controle mecânico, por

praticidade, geralmente há a necessidade do usuário regular a temperatura de saída do aquecedor a níveis mais elevados e promover a mistura da água com água fria. Este processo naturalmente conduz a utilização de vazões maiores de água; 2) outro fator é o descarregamento da água fria que está parada na canalização. Este é de pouca expressão em relação aos demais.

Do exposto, verifica-se que deve haver impacto positivo, ou seja, o aumento no consumo e no gasto mensal de água devido a substituição de eletricidade pelo gás para aquecimento da água para banho. De fato este aumento é verificado na prática e toda a discussão realizada visou tentar fundamentar esta observação.

2.1) Consumo de água em residências

O consumo de água residencial está relacionado com as utilidades disponíveis na residência, que de certa forma refletem o nível social, e com os hábitos dos moradores. Entretanto, a partir das utilidades comuns é possível estabelecer uma demanda de referência por indivíduo.

Com a demanda de referência poder-se-á estimar qual seria o possível impacto no consumo de água devido a substituição de energia elétrica por gás para aquecimento da água do banho.

As tabelas 25, 26 e 27 a seguir mostram os possíveis consumos de água em chuveiros, torneiras e descargas sanitárias. Os valores para a torneira inclui todas as torneiras da residência, sendo o tempo de utilização, o tempo médio total presumido que cada indivíduo utiliza o conjunto das torneiras para as diversas finalidades cabíveis.

Possíveis consumos mensais de água por indivíduo e por utilidade

Tabela 25 - Utilidade: chuveiro - Consumo mensal em litros

Tempo de banho min/dia	Vazão da água em l/min							
	3	4	5	6	7	8	9	10
14	42,0	56,0	70,0	84,0	98,0	112,0	126,0	140,0

Os chuveiros elétricos possuem capacidade de atender a baixas vazões. Assim, pode ser esperada que a vazão média durante o banho seja em torno de 3,5 l/min, na utilização ao longo do ano.

Tabela 26 - Utilidade: torneiras - Consumo mensal em litros

Tempo de utilização min/dia	Vazão da água em l/min							
	3	4	5	6	7	8	9	10
5	15,0	20,0	25,0	30,0	35,0	40,0	45,0	50,0
7,5	22,5	30,0	37,5	45,0	52,5	60,0	67,5	75,0
10	30,0	40,0	50,0	60,0	70,0	80,0	90,0	100,0
15	45,0	60,0	75,0	90,0	105,0	120,0	135,0	150,0

As torneiras têm capacidade de proporcionar grandes vazões e, por isso, são responsáveis por parte apreciável do consumo de água. Em geral, a vazão da torneira de pia de cozinha está em torno de 3,5 l/min, de lavatórios em torno de 4 a 5 l/min e a de tanques em torno de 6 l/min (podendo chegar a 14 l/min).

Tabela 27 - Utilidade: descarga – Consumo mensal em litros

Quantidade de descargas por dia	Consumo de água em l			
	6	12	15	20
2	12,0	24,0	30,0	40,0
3	18,0	36,0	45,0	60,0
4	24,0	48,0	60,0	80,0

As descargas sanitárias são grandes consumidoras de água. No Brasil, em geral, utiliza-se descargas pouco econômicas com consumo de água de até 20 l/min. Este nível de consumo de água realmente é um desperdício, haja vista, que existem descargas econômicas, por exemplo caixas acopladas, que executam o mesmo serviço com consumo de apenas 6 litros de água.

Infelizmente as propagandas governamentais visando que a população poupe água, no meu ponto de vista, são pouco esclarecedoras e com comunicação bastante equivocada. A consequência é a eficiência duvidosa dos seus resultados em induzir a população ao comportamento de poupador permanente.

Além das utilidades destacadas, há também a dessedentação. É recomendado para este fim a ingestão de cerca de 2,0 l/dia por pessoa.

Um faixa de consumo diário de água pode ser obtida elaborando-se algumas hipóteses de consumo razoáveis, ou seja, considerando um banho por dia com duração de 14 min e vazão de 3 l/min, a utilização de torneiras de 7,5 a 10 min/dia com vazões de 5 e 6 l/min, e de duas a quatro descargas diárias com 12, 15 ou 20 l cada uma. Acrescenta-se aos valores obtidos o consumo para dessedentação.

Será adotado como referência de consumo de água o valor médio 150 l/dia , resultado da amostra descrita acima. Este valor será usado para avaliar o impacto do gasto mensal no consumo de água com a substituição de energéticos para atender ao chuveiro, uma vez que com a utilização do aquecedor à gás o usuário tende a utilizar maiores vazões de água no banho. A Figura 9 mostra o efeito esperado no banho diário de 14 min , em relação a vazão média do chuveiro elétrico de 3,5 l/min, para diversas configurações de usuários residência.

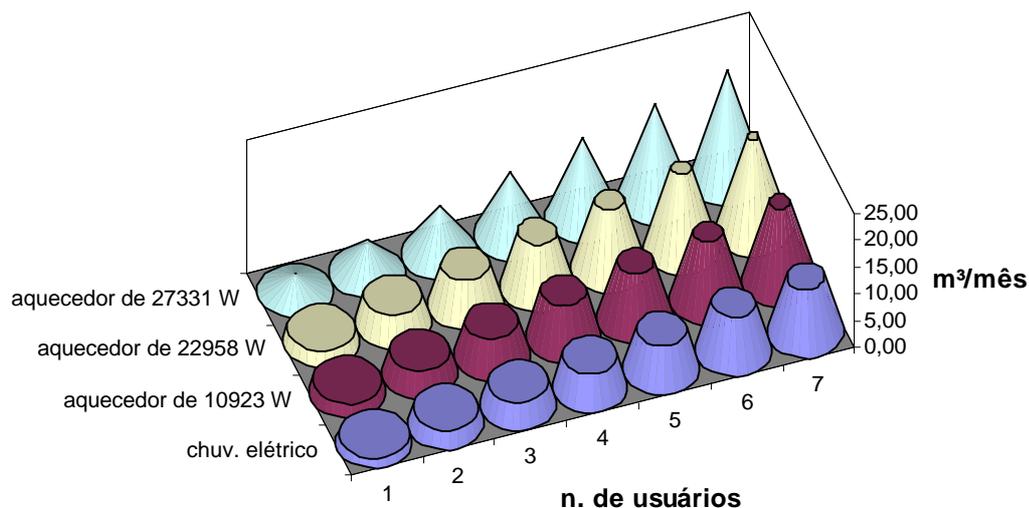
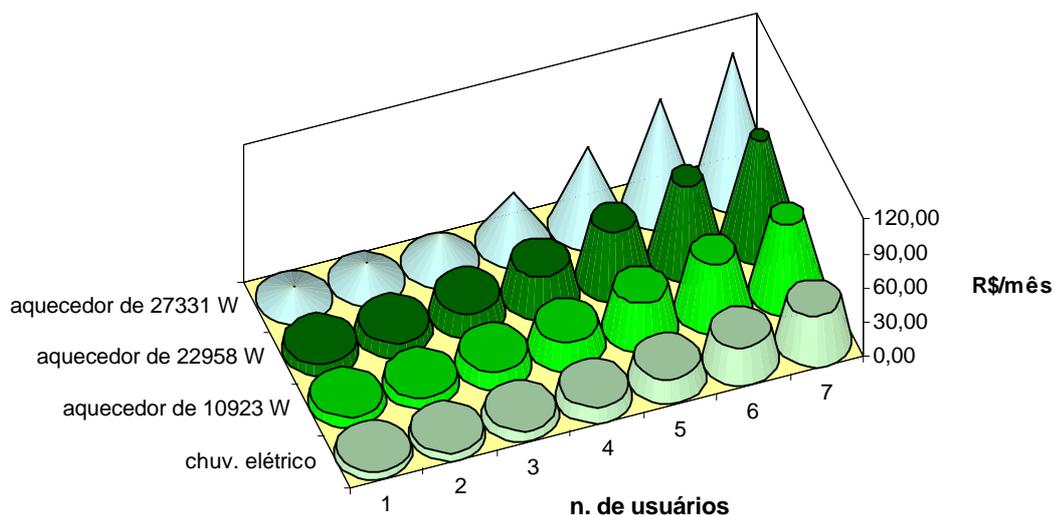


Figura 9 – Efeito no consumo de água por aparelho e quantidade de usuários

2.2) Custo médio mensal da utilização de água para banho

A partir da demanda diária média de 150 l/min, adotada conforme descrito no item anterior, pode-se efetuar o cálculo do custo mensal da utilização de água para banho em função da configuração de moradores, ou mais propriamente de usuários, de cada residência. O custo de utilização da água engloba também o custo de esgoto devido a este ser um custo efetivo que se incorre ao utilizar água fornecida pela empresa de abastecimento. As tarifas utilizadas nos cálculos são as da SABESP, aplicadas à Região Metropolitana de São Paulo, vigentes em dezembro de 2002.

De modo semelhante ao consumo, o efeito da substituição de energético no custo de água varia com o número de moradores de cada residência. A Figura 10 mostra o impacto esperado no custo médio mensal.



Nota: Inclui o valor dos serviços referentes ao esgoto.

Figura 10 - Efeito no custo de utilização da água por aparelho e quantidade de usuários

O incremento de custo mensal da utilização da água pode ser associado a disponibilidade dos usuários da residência em pagar por um nível maior de conforto propiciado pela maior vazão da água possibilitada pelo aquecedor à gás.

Os custos operacionais do chuveiro elétrico e do aquecedor à gás são obtidos pela soma do custo de energia e do custo de água. Este, considerando apenas o consumo médio de água para o banho em cada aparelho. É intuitivo que quanto maior o número de usuários em uma residência maior o custo operacional.

3) Custos operacionais dos aquecedores instantâneos elétrico e à gás

Conhecidos os gastos dos usuários com energia e com água na utilização de aquecedores de água para banho, tornam-se conhecidos os seus custos operacionais. A Figura 11 mostra os custos operacionais anuais para cada tipo e potência de aquecedor.

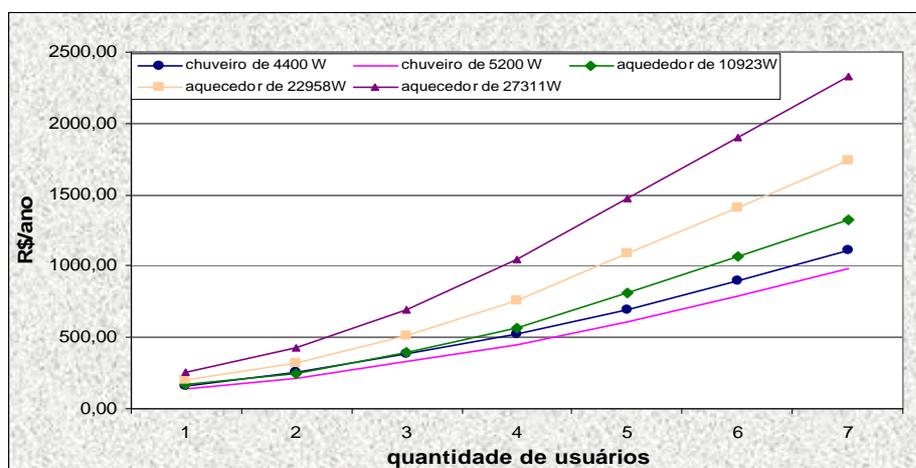


Figura 11 - Custos operacionais dos aquecedores instantâneos de água em função da quantidade de usuários

Da Figura 11, observa-se o custo operacional dos aquecedores à gás é maior do que o dos chuveiros elétricos. Dois outros aspectos podem ser observados: quanto maior a potência do aquecedor à gás maior a diferença de custo operacional; e da mesma forma, quanto maior o número de usuários maior a diferença de custo operacional. Ambas as diferenças de custo são desfavoráveis ao uso do gás canalizado.

Avaliação dos motivos para o uso do gás canalizado para aquecimento de água para banho

Referindo a economicidade para a escolha dos usuários ao uso do gás natural para aquecimento de água para o banho, será avaliada a viabilidade financeira do uso do gás.

Os métodos para avaliação serão método do custo anual uniforme, que de maneira mais apropriada será convertido em custo mensal, e o método da taxa de retorno interna. Para este último será considerada como taxa de atratividade a remuneração oferecida pela caderneta de poupança. Utilizando da média da remuneração anual do período de 2000 a 2002, a taxa de atratividade estabelecida como parâmetro foi de 8,71% a.a..

Por meio do custo de implantação e dos custos operacionais obtidos segundo os itens I e II, foram calculados os custos anuais uniformes para os diferentes aparelho, ou seja, para o chuveiro elétrico e os aquecedores à gás nas potências e condições descritas anteriormente. A utilização do gás resultou em maior custo anual uniforme. A tabela 28 mostra a diferença de custo anual uniforme mínima e máxima entre o chuveiro e os aquecedores.

Tabela 28 - Custo adicional para a utilização de gás em substituição à energia elétrica para aquecimento de água para banho

Número de usuários	Possíveis custos adicionais R\$/mês
1	8,71 a 73,79
2	7,75 a 81,80
3	9,18 a 94,04
4	11,62 a 114,09
5	17,74 a 136,14
6	22,07 a 156,13
7	26,40 a 176,16

Os menores custos adicionais de utilização (implantação e operacional) ocorrem para a substituição de chuveiros de potência 4400 W em apartamentos com instalação pronta, e com a utilização de aquecedor à gás de potência 10923 W, portanto com menor consumo de água. Os maiores ocorrem para substituição de chuveiros de 5200 W em casa térrea sem nenhuma instalação preparada, e com a

utilização de aquecedor à gás de potência 27331 W, o que significa maior consumo de água.

Pode ser observado que para dois usuários ocorre uma pequena redução do menor custo de utilização. Isto é devido ao consumo de água corresponder ao pagamento da taxa mínima, quando é utilizado aquecedor de menor potência. Assim embora o custo com o gás aumente o custo da água permanece o mesmo, resultando em custo total pouco inferior aos demais. Entretanto, quando o consumo de água supera ao equivalente ao pagamento da taxa mínima o comportamento do custo segue o observado para as demais situações.

Como o custo anual de utilização do gás resultou maior para todas as situações das instalações e potência dos aparelhos, o método da taxa de retorno interno (TIR) obviamente resultou em inviável a utilização do gás para aquecimento de água.

Os dois métodos mostram que financeiramente não é vantajosa a utilização de gás canalizado para aquecimento de água para banho.

Referindo a confortabilidade o usuário pode estar disposto a pagar um custo adicional para ter maior conforto. Neste caso a utilização do gás para aquecimento de água para banho ocorrerá primeiramente para aqueles que possuam excedente de renda. O custo associado ao conforto é o apresentado na tabela 28.

IV- EFEITOS ECONÔMICOS DA UTILIZAÇÃO DO GÁS CANALIZADO EM CENTRAIS TERMELÉTRICAS OU PARA AQUECIMENTO DE ÁGUA RESIDENCIAL PARA BANHO

Este tópico será dedicado a verificação do impacto do chuveiro elétrico sobre o sistema de energia elétrica no horário de pico e à análise da melhor alternativa para atender a demanda de energia devido ao banho.

Para a primeira verificação serão utilizados alguns dos dados apresentados nas discussões anteriores, e para a segunda, serão introduzidos novos dados. Para esta análise será suposto o atendimento da demanda de energia para aquecimento de água por meio de energia elétrica gerada em termelétricas à gás e o atendimento feito por gasodutos com a utilização do gás pelo usuário de energia em aquecedores residenciais de água.

IV.1 Algumas características do Estado de São Paulo de interesse a esta análise

Primeiramente é necessário conhecer algumas características do Estado de São Paulo que são de interesse para o estudo em questão. Destaca-se então : a área do Estado de 248.808,8 Km²; população total de 37.681.000 hab; domicílios totais 10.976.000 moradias (fonte: Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados – SEADE, extraído do Balanço energético de São Paulo).

O Balanço Energético do Estado de São Paulo (BEESP) de 2002, base 2001, informa que a capacidade nominal de energia elétrica instalada é de 13.696 MW, dos quais 13.188 MW são de fonte hidráulica. O Estado requereu, em 2001, 97.001 GW-h de energia elétrica, dos quais gerou 49.866 GW-h e recebeu de outros estados ou de autoprodutores 47.135 GW-h. Portanto é um Estado que necessita adquirir energia de outras localidades ou de geradores distintos das empresas constituídas para este fim. A tabela 29 mostra a potência instalada no Estado e o seu empenho para aumentar a sua capacidade de geração.

Tabela 29 - Capacidade instalada e acréscimo da capacidade no Estado de São Paulo, em MW

Discriminação	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	92 a 01
Capacidade instalada	10469,1	11005	1004,5	11800,5	11970,9	12153,8	12788	13292	13695,6	
Novas Unidades	171,7	530,9	0,0	443,1	7,2	176,5	618,4	504,0	311,6	2.763,4
Repotenciação	0,0	5,0	1,0	354,0	163,2	6,4	17,5	0,0	92,0	639,1
Retirada de Operação	0,0	0,0	1,5	1,1	0,0	0,0	1,7	0,0	0,0	4,3
Total	171,7	535,9	2,5	798,2	170,4	182,9	637,6	504,0	403,6	3.406,8
Variação %	1,7	5,1	0,0	7,2	1,4	1,5	2,5	3,9	3,0	33,0

Fonte: Balanço energético do Estado de São Paulo, 2002. Base 2001.

Em 1992 o aumento foi zero e no período de 1992 a 2001 foi de 33%, ou seja, uma média de 3,3% a.a.

O sistema elétrico brasileiro, é subdividido em quatro sub-regiões: (1) Norte-Tucuruí; (2) Nordeste; (3) Sudeste/Centro Oeste; e (4) Sul. O Operador Nacional do Sistema (ONS), divulga conjuntamente os dados de demanda da sub-região SE/CO, não sendo possível distinguir a demanda apenas de São Paulo. Entretanto o recorde de demanda ocorreu às 20h e 47min, do dia 10/04/2001, atingindo o valor de 35.847 MW (fonte: ONS). Este número pode dar uma idéia do que ocorre no horário de pico.

IV.2 Efeitos dos chuveiros elétricos na demanda de energia no horário de pico

Quantidade e potência dos chuveiros no Estado de São Paulo

As pesquisas de posse de eletrodomésticos disponíveis não contemplam o chuveiro elétrico, portanto é desconhecida a quantidade de chuveiros existentes e a potência predominante. Não obstante, para inferir o impacto do chuveiros no horário de ponta no Estado de São Paulo, serão utilizadas as informações da pesquisa do IBGE sobre a quantidade de banheiros neste Estado (Tabela 30), assumindo que cada domicílio com banheiro tenha chuveiro.

Tabela 30 - Quantidade de banheiros por tipo de domicílio no Estado de São Paulo

Numero de banheiros	Casa	Apartamento	Cômodo	TOTAL
1	7.208.534	774.251	82.657	8.065.442
2	1.757.228	277.213	2.141	2.036.582
3	451.699	166.769	277	618.745
4	129.810	43.844	141	173.795
5 ou mais	69.480	16.647	58	86.185
Total	9.616.751	1.278.724	85.274	10.980.749

Fonte: IBGE – Censo 2000.

A Figura 12 mostra a distribuição do número de chuveiros sem distinção do tipo de domicílio.

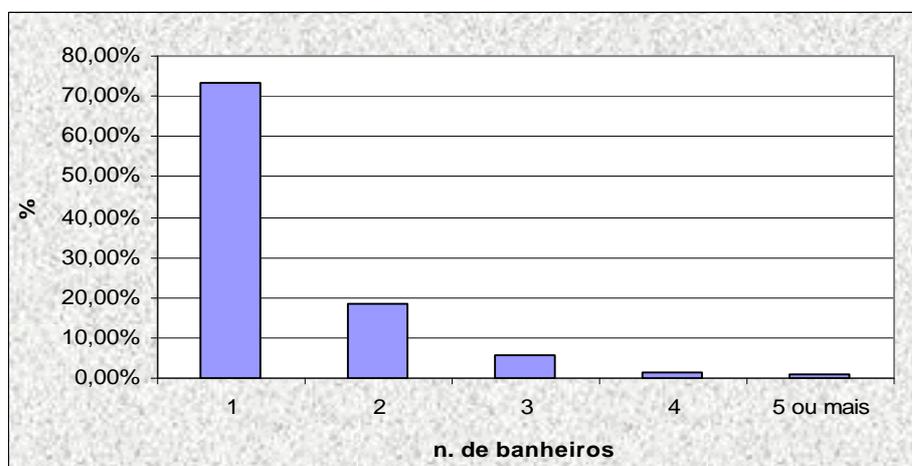


Figura 12 - Distribuição de banheiros por domicílio no Estado de São Paulo

Embora não informado explicitamente o ano, considera-se que os dados da quantidade de moradias mencionada no BEESP seja do mesmo ano base, ou seja, 2001. Assim, comparando a quantidade de moradias informadas pelo SEADE e o número de domicílios com banheiro informado pelo IBGE, há uma diferença de 0,04% ou 4.749 moradias. Para verificar o motivo correto desta divergência seria necessário analisar a metodologia de cada uma, entretanto, parte dela pode estar associada à suposta diferença de período das pesquisas, excluídos os domicílios construídos entre um e outro período, ou mesmo diferença de metodologia, ou ainda, ser erro amostral.

Não dispondo de meios para verificar com mais profundidade estas informações, para estimar a quantidade de banheiros existentes no Estado, foi considerado que cada domicílio com banheiro, de acordo com a pesquisa do IBGE, tem apenas um chuveiro elétrico. Assim foram considerados 10.980.749 chuveiros nos cálculos do impacto dos chuveiros elétricos na demanda no horário de pico, que serão apresentados.

Poder-se-ia fazer outras hipóteses que conduziriam a distintas distribuições do número de chuveiros em relação ao de banheiros. Por exemplo, seria razoável que

os domicílios com mais de um banheiro tivessem mais de um chuveiro. Assim poderia se imaginar que toda a população de domicílios com dois ou mais banheiros tenham dois chuveiros em cada domicílio; que 50% da população de domicílios com dois ou mais banheiros tenha dois chuveiros e 50% tenha um chuveiro elétrico; que 70% da população de domicílios com dois ou mais banheiros tenha dois chuveiros e 30% tenha um chuveiro elétrico; e assim por diante. Estas hipóteses conduziriam a quantidades de chuveiros maiores do que o valor de referência.

De outra forma, poder-se-ia supor que parte dos domicílios com um banheiro não possuem chuveiro elétrico. Deste modo chegar-se-ia a valores menores do que o de referência. A elaboração de hipóteses tais com as descritas permitiriam obter uma distribuição de valores. A distribuição obtida mostrou que talvez o valor de referência seja prudente, o que significa que o impacto devido ao chuveiro elétrico poderá ser maior do que o estimado. Mas, de qualquer modo, é preferível utilizar valores comedidos.

Potência demandada devido ao chuveiro elétrico

Há no setor elétrico brasileiro um estoque de conhecimentos complexos e importantes. Entretanto, com tem sido visto há deficiências em informações básicas. No momento não se dispõe (pelo menos publicamente) de informações sobre a distribuição de potência dos chuveiros. Para contornar esta situação, foi suposto que a potência predominante é de 4400 W, consoante com a constatação das pesquisas de posse de eletrodomésticos mencionadas anteriormente. Entretanto, para parte dos chuveiros foi atribuída a potência de 5200 W.

Para a população atribuída de 10.980.749 chuveiros no Estado de São Paulo foram estabelecidas as seguintes distribuições: 90% com 4400 W e 10% com 5200 W ; e 95% com 4400 W e 5% com 5200 W. Aplicando o fator de coincidência de 6%, para cada distribuição mencionada, obteve-se as demandas de 2780 e 2952 MW. Com o fator de coincidência de 14%, as demandas obtidas para o horário de pico foram de 6826 e 6887 MW. Estes intervalos de demanda correspondem ao menor impacto do chuveiro elétrico no horário de pico e ao impacto mais provável, respectivamente.

Relativamente ao recorde de demanda da região Sudeste/Centro Oeste, apenas os chuveiros do Estado de São Paulo causariam o impacto mínimo ao redor de 8% da demanda desta sub-região, sendo o impacto esperado pouco mais de 19%.

Atribuindo o valor de demanda habitual desta sub-região, de 30.000 MW no horário de pico, o impacto dos chuveiros paulistas chegaria a 23%, para o fator de coincidência de 14%.

Fazendo o mesmo tipo de cálculo para o total estimado de chuveiros na sub-região Sudeste/Centro-Oeste, o impacto relativo em relação ao recorde de potência seria no mínimo de 16 a 17%, e mais provavelmente, entre 38 e 39%. Relativamente a demanda de 30.000 MW o impacto dos chuveiro nesta região seria pouco superior a 46%.

Isto significa que grandes investimentos em construção de usinas de energia elétrica, redes de transmissão e distribuição são feitos apenas para manter

capacidade de reserva para atender ao pico de demanda, provocada em parte por chuveiros elétricos.

IV.3 Efeitos da substituição de chuveiro elétrico por aquecedores à gás

A substituição de chuveiros elétricos por aquecedores à gás a tem dois efeitos: (1) físico, sendo de interesse neste estudo o efeito sobre a demanda de energia elétrica; e (2) econômico, restringindo-se nesta análise ao consumo de energia primária, aos investimentos para disponibilizá-la aos usuários e à demanda de água agregada.

1) Efeitos sobre a demanda de energia elétrica

Para avaliar o efeito da substituição de chuveiro elétrico por aquecedor à gás na demanda de energia elétrica é necessário definir o público alvo, de acordo com a possibilidade de efetivar a substituição de energético. Após isto, será avaliado o efeito da utilização de gás por este público, tanto no sistema elétrico como quanto alternativa econômica.

A avaliação econômica será feita pela comparação entre investimentos, supondo o atendimento da demanda elétrica por meio de geração termelétrica a partir de gás natural e o uso do gás natural diretamente pelo usuário. Novamente foram utilizadas as distribuições de potência dos chuveiros elétricos de 90% com 4400 W e 10% com 5200 W, e de 95% com 4400 W e 5% com 5200 W. Os fatores de coincidência aplicados foram 6% e 14%.

O público alvo totaliza 800.000 usuários, sendo que a substituição seria de 40.000 no primeiro ano; 80.000 por ano do segundo ao oitavo ano; e 100.000 por ano no nono e no décimo anos. Eventualmente este número poderia ser ampliado a partir de um planejamento e de estratégia consistente, entretanto não convém definir metas muito ousadas dado a necessidade de ampliar o sistema de distribuição e as dificuldades encontradas na sua realização. Além disto, este público estaria localizado na sua maioria na Região Metropolitana de São Paulo, o que tem pelo menos um aspecto favorável e um desfavorável. O favorável é o aproveitamento da rede de distribuição existente e a captação de quantidade expressiva de usuários de energia que se encontram em seu trajeto. O desfavorável é a maior dificuldade para realização de obras para ampliação de gasodutos.

Procedendo os cálculos, a potência a ser suprida por termelétrica para este público devido ao uso de chuveiro no horário de pico seria de 213 a 215 MW e de 497 a 502 MW, respectivamente para os fatores de coincidência de 6% e 14%. Como a diferença no consumo de energia elétrica médio devido ao banho para as distribuições de chuveiros anteriores é de apenas 1,18%, foi considerado o consumo de 50.783.504 kW-h/ano, para a duração de banho de 14 min e demais condições estabelecidas ao longo deste estudo.

Atribuindo a eficiência do ciclo termodinâmico da termelétrica de 32% e o fator de capacidade de 85%, com o fim de manter-se alguma capacidade de reserva, calculou-se a potência total das termelétricas a serem instaladas. Como resultado as

termelétricas totalizariam de 251 a 253 MW ou de 585 a 590 MW para cada fator de coincidência.

Vale reiterar que possivelmente o fator de coincidência esteja mais próximo de 14%, devido a utilização do chuveiro ser um evento aleatório, e portanto não uniforme. O cálculo com o fator de coincidência de 6% está sendo efetuado para mostrar qual seria o menor impacto da utilização do gás diretamente pelo usuário final de energia.

Foi admitido que a potência mínima a ser fornecida ou retirada do sistema seria em torno de 252 MW e a esperada cerca de 588 MW. Estas potências representam 1,8% e 4,3% da capacidade instalada no Estado de São Paulo.

2) Efeitos econômicos

Os efeitos econômicos de interesse são principalmente aqueles relacionados aos custos de capacidade de reserva e de produção de energia elétrica e aos custos da alternativa, ou seja, da infra-estrutura para fornecimento de gás e o consumo devido ao aquecimento de água. Complementarmente, devido a importância da água para os seres vivos, o efeito sobre este recurso causado pela substituição de chuveiros elétricos por aquecedores à gás também será avaliado.

2.1) Custos relacionados a termelétricas

Sendo o enfoque a comparação do destino do gás para geração de eletricidade ou a sua utilização pelo usuário final de energia, o custo de capacidade de reserva e de produção de energia elétrica foi obtido por meio da hipótese de que a energia elétrica demandada pelos chuveiros elétricos seria produzido por termelétricas à gás.

Foram realizados cálculos dos custos de implantação, operação e manutenção de termelétricas de potência 252 e 588 MW que, conseguiriam atender a demanda e o consumo dos chuveiros elétricos no horário de pico para a população delimitada. A partir destes cálculos foi feito o estudo de viabilidade econômica pelo método do Valor Presente Líquido (VPL), considerando taxas de desconto de 12%, 15% e 18% e depreciação das termelétricas em 20 e 25 anos. O custo de operação e manutenção utilizado foi de US\$10/kW [19], e o custo do gás, vigente em dezembro de 2002, estabelecido na Portaria CSPE 204, de 04/11/02.

Apesar de existir literatura sobre o assunto, o custo de implantação de termelétricas à gás foi obtido por meio de coletas na imprensa, dos valores anunciados para usinas no Brasil. A amostra consiste de 27 usinas de potências diversas, anunciadas a partir de 08/08/2001. Alguns valores foram anunciados em Reais e outros em dólar, mas para a obtenção do preço médio, foi fixado o valor do dólar do dia inicial da amostra, cujo valor era de R\$ 2,47 [32]. Como os valores foram coletados na imprensa, foi observada diferença de valores em diferentes periódicos. Contudo em se tratando de custo médio, a influência desta variação foi desconsiderada. O custo médio obtido resultou em R\$ 1660/kW (US\$ 0,67 mil/kW), sendo o intervalo da média com 95% de confiança, de R\$ 1470 a R\$1860 mil/kW. Embora o preço relativo do Real daquela data tenha desvalorizado em 47,8% comparado ao dólar

médio de dezembro de 2002, o custo das usinas não devem ter sofrido o mesmo impacto, devido a parte dos recursos construtivos estarem sujeitos a variação dos preços nacionais. Desta forma, para o fim pretendido, foi preferido utilizar nos cálculos o preço vigentes à época, sabendo-se que a correção de preços piora o resultado do estudo econômico.

A partir dos parâmetros estabelecidos foram calculados o volume anual de gás consumido, a energia elétrica produzida e o tempo de operação diária em duas situações: (1) a produção de energia elétrica apenas para atender a demanda e consumo de energia elétrica associada ao banho, ou seja, em regime de complementação; e (2) a produção de energia elétrica para a qual o VPL se iguala ao custo de implantação, ou seja, em regime de base, a partir do qual a produção seria capaz de viabilizar o projeto.

As tabelas 31 e 32, mostram a síntese dos resultados dos cálculos.

Tabela 31 - Produção para suprir a demanda e o consumo de energia devido ao banho

Potência da termelétrica MW	Custo de implantação milhões de R\$	Consumo de gás m ³ /ano	Tempo de operação h/dia	Produção de energia elétrica kW-h/ano	Valor presente líquido (VPL) milhões de R\$
252	418,41	14.515.843	0,90	50.783.504	de -9,25 a -13,55
588	976,29	14.515.843	0,38	50.783.504	de -58,88 a -80,45

Tabela 32 - Produção para a qual o VPL se iguala ao custo de implantação

Potência da termelétrica MW	Custo de implantação milhões de R\$	Consumo de gás m ³ /ano	Tempo de operação h/dia	Produção de energia elétrica kW-h/ano	Valor presente líquido (VPL) milhões de R\$
252	418,41	de 250.496.116 a 363.420.576	de 15,50 a 22,48	de 876.357.662 a 1.271.422.532	418,41
588	976,29	de 700.262.936 a 1.015.943.734	de 18,57 a 26,94	de 2.449.861.493 a 3.554.266.984	976,29

- Esta impossibilidade, devido ao dia ter 24h, mostra que dependendo das condições seria inviável a implantação desta potência em termelétricas.

A tabela 31, mostra que para a produção de energia elétrica a partir de usinas termelétricas em regime de complementação, além do custo de implantação seria necessário custear o prejuízo entre R\$ 9,25 e 13,19 milhões para usina de 252 MW, e entre R\$ 59,42 e 80,45 milhões para usina de 588 MW. Assim em valor presente líquido seria necessário dispor no mínimo entre R\$ 427,66 a 432,32 milhões, e mais provavelmente, entre R\$ 1035,71 e 1056,74 milhões.

O primeiro dado a ser destacado da tabela 32 é o tempo de produção diário a partir do qual a produção seria capaz de viabilizar o projeto. O tempo de produção varia de 15,35 a 22,48 h/dia para usinas de 252 MW e de 18,39 a 26,94 h/dia para usinas de 588 MW. Estes tempos são impraticáveis num sistema elétrico cuja principal fonte de energia elétrica é de origem hidrelétrica, salvo haja desequilíbrio expressivo entre oferta e demanda, a tal ponto que fosse utilizada a energia de origem termelétrica para atender a demanda ao longo do dia.

Além do tempo de operação, o consumo de gás e a produção de energia elétrica seriam bastante superior ao necessário para atender a demanda dos chuveiros elétricos no horário de pico e o consumo de energia destes aparelhos.

2.2) Custos relacionados a infra-estrutura de distribuição de gás e ao consumo devido ao aquecimento de água para banho

Para avaliação da viabilidade de implantação de infra-estrutura de gasodutos de distribuição de gás foram utilizados os dados populacionais Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, que mostram o perfil dos agrupamentos familiares, referentes ao censo 2000, das famílias residentes em domicílios particulares na área urbana. A área urbana foi adotada como referência ao longo deste estudo devido a noção intuitiva de que quanto maior o número de imóveis ao longo do gasoduto mais viável o projeto. Esta noção, confirmada posteriormente pelos resultados dos cálculos, advém do fato de que quanto maior for o consumo por gasoduto implantado, maior a produtividade do gasoduto e mais rapidamente ocorre o retorno do investimento.

A Tabela 33 mostra os dados populacionais para a área urbana, que em seguida podem ser observados na figura 13. Os dados do IBGE se referem ao Brasil, e embora haja dados específicos para São Paulo, será considerado este mesmo perfil para a região metropolitana e demais regiões ou cidades com maior grau de desenvolvimento do Estado.

Tabela 33 - Distribuição do número de componentes por residência

Número de componentes	2.000	Coefficiente de variação	% de residências por n. de habitantes
1 pessoa	3.608.718	1,4%	8,95%
2 pessoas	8.837.804	0,8%	21,92%
3 pessoas	9.927.262	0,7%	24,62%
4 pessoas	9.345.302	0,7%	23,18%
5 pessoas	5.087.781	0,9%	12,62%
6 pessoas	2.063.794	1,5%	5,12%
7 a 10 pessoas	1.394.708	1,9%	3,46%
11 pessoas ou mais	52.652	9,3%	0,13%

Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística- IBGE. Censo 2000.

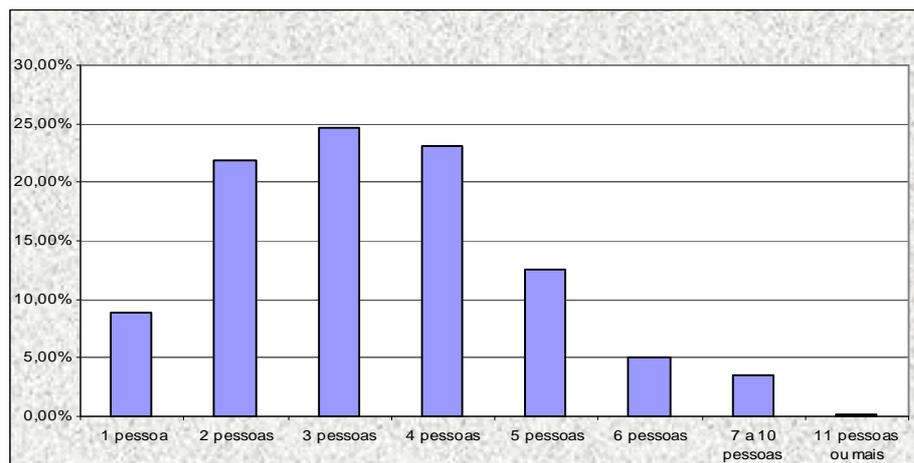


Figura 13 - Frequência do número de habitantes por residência

Considerando a distribuição de moradores do IBGE, para até 6 moradores por residência, obteve-se a média de 3,2 hab/residência e o consumo médio de gás correspondente de 11,66 m³/mês.

A seguir foram realizados cálculos dos custos de implantação, operação e manutenção de rede de distribuição de gás canalizado. Para a manutenção foi atribuído o valor de 2,5% a. a. do custo de implantação; foi considerado também 20% do custo de implantação para reforço da rede ou adicional para implantação de novos sistemas em áreas não atendidas; e custos de ramais para conexão do imóvel à rede de distribuição, sendo o valor de cada ramal reduzido em 33% em relação ao preço normal devido a existência de prédios diminuir o custo médio efetivo do ramal para toda a população.

A partir dos custos obtidos foi feito o estudo de viabilidade econômica pelo método do Valor Presente Líquido (VPL) para cada extensão de rede de distribuição a implantar, considerando taxas de desconto de 12%, 15% e 18% e depreciação da rede de distribuição de gás em 20 e 25 anos. Os custos de aquisição e de venda do gás foram os vigentes em dezembro de 2002, conforme a Portaria CSPE 204, de 04/11/02.

Antes de mostrar o resultados, deve ser feita a observação de que na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), e em menor escala no Vale do Paraíba e Interior, há rede de distribuição de gás implantada, com extensão considerável em se tratando de Brasil. Principalmente na RMSP a densidade populacional é elevada, notadamente com a existência de prédios habitacionais verticais. Uma boa parte da população por onde passa a rede de gás não é usuária deste energético por fatores que cuja discussão foge o objeto deste estudo. Devido a isso, para estimar a ampliação da rede de distribuição foi considerado a possibilidade de captar parte das residências no trajeto ou próximas da rede existente. Assim, 200.000 residências seriam atendidas pela rede atual e, a maior parte, cerca de 600.000 habitações, viria da implantação de novas redes de distribuição.

Duas possibilidades seriam atrativas para a concessionárias promoverem a ampliação do sistema de distribuição: (1) o maior número possível de residências ao longo de um logradouro; ou alternativamente, (2) o maior nível social da região por onde passaria o gasoduto, o que em geral significa que mais diversificado deverá ser o uso do gás no imóvel. Em ambos os casos resultaria em maior consumo de gás por comprimento de gasoduto.

Mas, como o interesse é verificar a viabilidade de substituição de chuveiros elétricos, o interesse é ofertar gás canalizado ao maior número possível de residências. Neste contexto, apenas a primeira situação é de interesse deste estudo. Então, considerando-se o atendimento de 200, 300 ou 400 habitações/km, foi estimada qual seria a extensão de gasoduto a ser implantada para captar 600.000 residências. As tabelas 34, 35 e 36 mostram os resultados dos cálculos.

Tabela 34 - Estudo de viabilidade de implantação de gasoduto para atender 200 hab/km

N. de usuários por km de rede de distribuição	Investimento total * milhões de R\$	Rede de distribuição a implantar em km	Tx. de retorno %	VPL milhões de R\$	Depreciação em anos
200	894,00	3.000	18	(42,16)	20
200	894,00	3.000	15	(0,15)	20
200	894,00	3.000	12	65,71	20
200	894,00	3.000	18	(31,20)	25
200	894,00	3.000	15	20,40	25
200	894,00	3.000	12	104,39	25

* Em 10 anos.

Tabela 35 - Estudo de viabilidade de implantação de gasoduto para atender 300 hab/km

N. de usuários por km de rede de distribuição	Investimento total * milhões de R\$	Rede de distribuição a implantar em km	Tx. de retorno %	VPL milhões de R\$	Depreciação em anos
300	756,00	2.000	18	13,10	20
300	756,00	2.000	15	60,29	20
300	756,00	2.000	12	132,07	20
300	756,00	2.000	18	24,17	25
300	756,00	2.000	15	80,97	25
300	756,00	2.000	12	170,89	25

* Em 10 anos.

Tabela 36 - Estudo de viabilidade de implantação de gasoduto para atender 400 hab/km

N. de usuários por km de rede de distribuição	Investimento total * milhões de R\$	Rede de distribuição a implantar em km	Tx. de retorno %	VPL milhões de R\$	Depreciação em anos
400	687,00	1.500	18	39,55	20
400	687,00	1.500	15	89,13	20
400	687,00	1.500	12	163,62	20
400	687,00	1.500	18	50,96	25
400	687,00	1.500	15	110,23	25
400	687,00	1.500	12	202,93	25

* Em 10 anos.

Como havia sido mencionado, pelas tabelas 34 a 36 ficou evidente que quanto maior o índice de ocupação imobiliária, melhor a possibilidade de captação e o retorno do investimento, portanto mais atrativa a ampliação do sistema para a concessionária.

O corolário é que as concessionárias irão primeiramente realizar investimento nas regiões onde haja prédios residenciais verticais. Quanto mais prédios tiver em um logradouro, menor a necessidade de ampliação da rede de distribuição e menores os custos de conexão, operação e manutenção.

Outra conclusão que pode ser extraída das tabelas é a influência da taxa de remuneração do capital (referenciada pela taxa de juros) na viabilidade de ampliação de rede de distribuição de gás. Taxas altas de remuneração do capital diminuem a viabilidade do projeto ou podem até mesmo torná-lo inviável. Isto vai de encontro ao interesse macroeconômico de melhor utilização dos recursos energéticos pelo país.

2.3) Comparação entre as alternativas de investimento

Econômico-financeira

A comparação econômico-financeira mostra que, sendo a hipótese supostamente de maior possibilidade de ocorrência a necessidade de instalação de termelétricas totalizando 588 MW para atender a demanda, o custo da implantação de rede de distribuição seria menor do que o de termelétricas. Caso a instalação de termelétricas de 252 MW fosse suficiente, o custo desta alternativa seria menor.

Contudo, como foi discutido anteriormente, a implantação de termelétricas não é viável ao investidor. Já a implantação de rede de distribuição é viável, salvo em condições de pouco número de residências por logradouro e taxas de juros altas. Desta forma, do ponto de vista do investidor, em mercado sem interferência governamental, seria preferível realizar o investimento em ampliação de rede de distribuição de gás canalizado.

Comparação do consumo de gás

Os volumes de gás consumidos na produção de eletricidade em termelétricas e no uso deste energético pelo usuário final de energia são mostrados nas tabelas 37 e 38. Os custos do gás, mostrados nas tabelas, foram calculados pelo preço do gás para termelétricas do Plano Prioritário de Termelétricas, cujo valor é US\$ 2,581/MMBtu. São consideradas duas situações distintas: uma a produção de eletricidade apenas suficiente para atender a demanda de energia elétrica e outra para viabilizar o retorno do investimento na implantação de termelétricas.

Tabela 37 -Produção para suprir a demanda e o consumo de energia devido ao banho

Prazo para depreciação	TERMELÉTRICAS		AQUECEDORES À GÁS	Diferença de consumo (1) - (2) (m³)	Custo do gás (milhões de R\$)
	Potência MW	Consumo de gás (1) (m³)	Consumo de gás (2) (m³)		
20 anos	252 ou 588	290.316.860	1.687.709.829	-1.397.392.969	-487,78
25 anos	252 ou 588	362.896.075	2.247.480.917	-1.884.584.842	-657,84

A tabela 37 mostra que se a produção da termelétrica fosse suficiente apenas para atender a demanda dos chuveiros na ponta do sistema, correspondendo a 6% e 14% da população de 800.000 residências, e respectivo consumo de energia, haveria menos consumo de gás na produção de eletricidade do que a sua utilização em aquecedores à gás. O custo evitado devido ao consumo de gás natural seria suficiente para justificar a implantação de termelétricas pelos governos, desde que operassem em regime de complementação energética.

Tabela 38 - Produção para a qual o VPL se iguala ao custo de implantação

Prazo para depreciação	TERMELÉTRICAS			AQUECEDORES À GÁS	Diferença de consumo em m ³ (1) -(2)		Diferença de custo em milhões de R\$	
	Potência MW	Consumo de gás em m ³ (1)		Consumo de gás (2) (m ³)	de	a	de	a
		de	a					
20 anos	252	5.009.922.320	7.268.411.520	1.687.709.829	3.322.212.491	5.580.701.691	1.159,67	1.948,03
25 anos	252	6.262.402.900	9.085.514.400	2.247.480.917	4.014.921.983	6.838.033.483	1.401,47	2.386,92
20 anos	588	14.005.258.720	20.318.874.680	1.687.709.829	12.317.548.891	18.631.164.851	4.299,62	6.503,48
25 anos	588	17.506.573.400	25.398.593.350	2.247.480.917	15.259.092.483	23.151.112.433	5.326,41	8.081,23

A tabela 38 mostra que ocorre consumo de gás significativamente maior com a produção da termelétrica para viabilizar o investimento, comparado com a sua utilização em aquecedores à gás. Do mesmo modo, como pode ser visto na mesma tabela, haveria produção de energia elétrica excedente, isto é, além do atendimento aos chuveiros elétricos.

- Comparação do consumo de água

A geração de eletricidade pode ou não ocasionar o consumo de água dependendo da tecnologia empregada. Em geral próximo a centros de carga com pouca disponibilidade de água é empregada a tecnologia de resfriamento por torre úmida, que utiliza menos água do que os ciclos abertos (mais baratos) e é menos onerosa do que a torre seca [17]. Como o consumo de água em termelétricas depende do local onde é instalada a usina e da tecnologia empregada, e portanto pode ser evitado, o consumo deste recurso em termelétricas, embora importante devido a seus efeitos, não é abordado neste estudo. O enfoque do consumo de água de interesse é aquele que ocorre no usuário final de energia no momento do banho.

Como foi discutido no item III, custos da água, com a utilização de aquecedores à gás o usuário tende a optar pelo maior nível de conforto, obtido pela escolha de maior vazão de água durante o banho. A consequência é a expectativa de maior consumo deste recurso. O consumo adicional de água em 20 anos é de 41.134.989 m³, e em 25 anos 54.778.435 m³. Calculando o aumento de custo médio da água por residência, utilizando a distribuição do número de moradores por residência do IBGE, pode-se estimar o custo desta água a preço de “mercado”. Os valores obtidos são R\$ 1.957,82 milhões e R\$ 2.607,18 milhões, respectivamente para 20 e 25 anos.

O custo adicional da água é comparável ao custo do gás em termelétricas totalizando 252 MW, o que mostra a importância deste recurso. Entretanto, o

consumo adicional de água pode ser reduzido a valores menos expressivos, e por isso, não será considerado como fator que inviabilize a utilização de gás em substituição ao chuveiro elétrico. Todavia, a desconsideração do uso deste bem público pode conduzir a desperdícios ou aplicação ineficiente de recursos financeiros, e talvez, a escassez de água.

V. CONCLUSÕES

V.1 Pela pequena quantidade de pesquisas relacionadas ao uso do chuveiro elétrico e as imprecisões dos dados referentes ao uso deste aparelho e seus efeitos no sistema elétrico, percebe-se que apesar do setor elétrico brasileiro ser detentor de conhecimentos tecnológicos avançados, seja qual for o motivo, ao longo dos anos, foi dada pouca importância ao conhecimento de aspectos básicos e cotidianos do uso de energia elétrica.

A pouca atenção a busca de informações precisas sobre o efeito do chuveiro elétrico na demanda de energia elétrica no horário de pico pode ter conduzido a decisões de investimento antecipadas ou não prioritárias em formação de capacidade de reserva para suprir a demanda de pico. Haja vista, que a utilização de chuveiro elétrico com três ou mais opções de aquecimento conduziria a menor demanda e consumo médios de energia, no período de um ano, do que os habituais chuveiros com apenas duas opções. Isso ocorre pela possibilidade de seleção da potência mais apropriada à estação do ano.

Outro resultado prático relacionado ao consumo médio dos chuveiros, seria a possibilidade de implantação de programas de eficiência energética simples e eficazes. Por exemplo: o estímulo a fabricação e ao uso de chuveiros de múltiplas potências, ou a doação destes aparelhos para a população de baixa renda, resguardadas as condições seguras das instalações.

A utilização de chuveiros de múltiplas potências, ainda que tenham maior potência nominal do que os habituais, resultaria em menor necessidade de capacidade de reserva de geração elétrica, mesmo nos meses de inverno, com a adoção, neste período, de programas de eficiência energética que propiciasse o deslocamento da demanda do horário de pico.

V.2 O impacto dos chuveiros paulistas pode ser responsável por cerca de 6.887 MW, ou 23% da demanda de energia elétrica, no horário de pico, das Regiões Sudeste/Centro-Oeste. O total de chuveiros destas regiões responderiam por 46% do pico de demanda, considerando o valor habitual de 30.000 MW. A participação dos chuveiros no horário de pico mostra a importância de serem estudadas formas de substituição destes aparelhos por fontes de energia alternativas, dentre as quais a economicamente mais importante é o gás natural devido ao seu estágio tecnológico e disponibilidade. Os estudos para serem eficazes devem considerar aspectos técnicos, econômicos e comportamentais, visando o conhecimento pleno dos fatores envolvidos, a elaboração e implantação de projetos consistentes de incentivo a substituição energética, e também os seus efeitos.

V.3 Em princípio, podem ser estabelecidos pelo menos cinco fatores que influenciam a escolha dos usuários entre os energéticos. São eles: 1) acessibilidade; 2) funcionalidade; 3) economicidade; 4) confortabilidade; e 5) legalidade. O conhecimento destes fatores contribui sobremaneira para a definição dos programas adequados e da quantificação dos recursos envolvidos, ou seja, os efeitos. Por exemplo, a substituição dos chuveiros elétricos por aquecedores a gás deverá ter como consequência o aumento do consumo agregado de água. A desconsideração

deste aspecto eventualmente poderia ser um fator de insucesso de programas de incentivo a substituição de energético.

V.4 Considerando-se o conforto do banho, a preferência do usuário seria favorável ao uso do gás para aquecimento de água. Contudo, na maioria das situações, o custo de energia é maior na utilização de aquecedor à gás do que de chuveiros elétricos. A exceção ocorre quando é comparado a substituição de chuveiro elétrico de potência 4400 W com aquecedor de 10.923 W. Ainda assim, quando é somado ao custo de energia o gasto adicional com água, mesmo para a situação em que o custo com energia é menor, resulta em maior custo operacional do aquecedor à gás. Disto decorre que em todas as situações a utilização do gás é financeiramente desfavorável (Figura 11).

Do exposto, fica evidente que o maior custo operacional dos aquecedores à gás é o principal obstáculo à difusão do uso do gás para aquecimento de água para banho. Assim o incremento da utilização do gás para este fim, verificado recentemente no Estado de São Paulo, tem ocorrido por dois fatores: 1) exigência de maior nível de conforto, e neste caso, o usuário mostra-se disposto a pagar pelo custo adicional para ter suas necessidades atendidas. Esta camada da população dispõe de renda excedente; e 2) por desconhecimento do usuário que não dispõe de meios para realizar comparações de custos, e opta pelo gás esperando obter benefícios. Este tipo de usuário caracteriza-se como hipossuficiente.

V.5 Além dos custos operacionais de utilização de aquecedores instantâneos, elétricos ou à gás, há de se computar na análise economia entre alternativas, os custos de implantação. Os custos de implantação para utilização do gás são superiores aos do chuveiro elétrico. Efetuando a comparação entre as alternativas pelos métodos do custo anual uniforme e da taxa de retorno interno (TIR), obviamente que o uso do aquecedor é, do ponto de vista financeiro, desaconselhável. Entretanto, o método do custo anual uniforme fornece a valiosa informação do custo adicional da escolha de gás para aquecimento de água para banho. O resultado obtido, convertido para base mensal, é mostrado na tabela 28, e expressa o custo adicional que o usuário, está disposto a pagar por maior nível de conforto. O custo adicional é maior quanto maior for o número de usuários. Entretanto, pela amostra pesquisada, não há indícios de que a faixa etária ou o sexo dos usuários tenha efeito na duração do banho, e conseqüentemente, os custos operacionais independem destas características.

V.6 Conhecida a população, a influência do chuveiro no horário de pico do sistema elétrico pode ser estimada a partir do fator de coincidência dos chuveiros. Estabelecida uma distribuição de potência dos chuveiros elétricos para a população em estudo, aplicando-se o fator de coincidência, que nada mais é do que probabilidade de que vários aparelhos estejam ligados simultaneamente, obtém-se a demanda elétrica esperada. A partir dos dados disponíveis, com o cuidado de realizar a melhor análise de forma criteriosa, foi estimado o fator de coincidência de 6%, supondo a demanda uniforme, e de 14% para a demanda aleatória, que é o fenômeno mais provável.

Procedendo-se os cálculos da forma descrita no parágrafo anterior, para uma possível população de chuveiros obtida indiretamente, já que não há dados

disponíveis de posse deste aparelho, resultou na participação esperada de 23% dos chuveiros na demanda de ponta do sistema integrado Sudeste/Centro-Oeste, em relação a demanda habitual admitida de 30.000 MW. O impacto do total de aparelho das duas regiões geográficas em relação a demanda habitual seria de 46%. Ou seja, apenas os chuveiros do Estado de São Paulo seriam responsáveis por 50% da demanda de pico do sistema integrado Sudeste/Centro-Oeste.

Delimitando-se a população, em razão da possibilidade prática de propiciar os serviços de fornecimento de gás canalizado, obteve-se a influência do chuveiro elétrico desta população no sistema elétrico. Para o fator de coincidência de 6%, a demanda mínima devida a esta população seria de 2780 a 2952 MW. Ao fator de coincidência de 14%, considerado o mais provável, corresponderia a demanda de 6826 a 6887 MW.

V.7 A análise da melhor destinação do gás natural pode ser feita pelos efeitos macroeconômicos da sua utilização em substituição a energia elétrica, supondo-se o atendimento da parcela população, cujo abastecimento por gás é realizável, por duas hipóteses: A) por energia elétrica produzida em termelétricas à gás natural; e B) por utilização direta do gás pelo usuário final de energia, no aquecimento de água para banho.

Definido o conjunto de 800.000 residências, consideradas como possíveis de serem atendidas pelas distribuidoras de gás canalizado em até 10 anos, foi calculada a demanda e o consumo dos chuveiros elétricos deste conjunto, no horário de pico do sistema. A partir desta demanda, foram calculados o consumo de gás e os respectivos custos para as duas hipóteses mencionadas. Adicionalmente, foi calculada o consumo agregado de água devido ao uso de aquecedores à gás.

O consumo de energia elétrica dos chuveiros, relativos ao conjunto selecionado, foi de 50.783.504 kW-h/ano. A capacidade de usinas termelétricas a ser instalada para atender este conjunto, foi determinada a partir do fator de eficiência do ciclo termodinâmico de 32% e o fator de capacidade de 85%. Utilizando os fatores de coincidência de 6 e 14%, resultou nas potências de termelétricas de 252 e 588 MW, respectivamente. Para estas potências, duas situações foram consideradas: 1) a produção de energia elétrica apenas suficiente para atender a demanda e o consumo de energia da população delimitada; e 2) a produção capaz de viabilizar o retorno financeiro do investimento.

Os cálculos para a situação 1), resultaram em consumo de gás de 14.515.843 m³/ano, tempo de operação de 0,38 e 0,90 h/dia e valores presente líquido entre R\$ -9,25 e R\$ -13,55 milhões e entre R\$ -58,88 e R\$ -80,45 milhões, respectivamente para as capacidades de 252 e 588 MW. Os valores presente líquidos obtidos, para taxas de 12%, 15% e 18%, e depreciação de 20 e 25 anos, mostram que não é financeiramente viável a implantação de termelétricas para atender ao horário de pico, ou seja, operando em regime de complementação energética. Assim, pretendendo-se utilizar termelétricas para este fim, haveria de ter subsídios.

Para a situação 2), resultaram no consumo de gás de 250.496.116 a 363.420.576 m³/ano e 700.262.936 a 1.015.943.734 m³/ano, tempo de operação de 15,50 a 22,48

h/dia e de 18,57 a 26,94 h/dia, e produção de energia elétrica de 876.357.662 a 1.271.422.532 kW-h/ano e de 2.449.861.463 a 3.554.266.984 kW-h/ano, respectivamente para as capacidades de 252 e 588 MW. Estes valores foram obtidos para as mesmas taxas e tempos de depreciação utilizadas na situação 1), de modo que os valores presente líquidos tornaram-se iguais ao investimento inicial. Verifica-se que haveria produção excedente de energia elétrica e, que devido a cerca de 90% da capacidade instalada de geração elétrica brasileira ser de origem hídrica, a implantação de termelétricas em mercado concorrencial, ou seja, com finalidade de auferir ganhos financeiros, não é viável, salvo haja desequilíbrio estrutural entre oferta e demanda de energia elétrica.

Os custos da utilização do gás natural para aquecimento de água para banho, diretamente pelo usuário final de energia, em aquecedores à gás, referem-se aos custos de implantação de gasodutos de distribuição, conexão do conjunto de residências definido e aos custos do gás. Foi estimado também o custo da demanda adicional de água, motivada pela utilização de aquecedores à gás e ao nível de conforto propiciado.

A análise da viabilidade econômica de implantação do gasoduto para a distribuidora local foi feita considerando taxas de desconto de 12%, 15% e 18%, e depreciação em 20 e 25 anos. Foi suposta a conexão de 200, 300 ou 400 habitações/km, a partir do que foi calculada qual seria a extensão de gasodutos a implantar para atender 600.000. Outros 200.000 seriam captados a partir da rede de distribuição de gás existente, totalizando assim o conjunto definido de 800.000 residências. O método utilizado para análise financeira foi o do valor presente líquido. Por meio desta análise, verificou-se que a implantação de gasodutos é viável para a distribuidora de gás canalizado na maioria das condições analisadas, havendo restrições apenas para taxas de retorno elevadas quando ocorre a conexão de 200 habitações/km. Foi possível ainda confirmar a noção intuitiva de que quanto mais usuários forem conectados a um mesmo gasoduto, maior o retorno financeiro do investimento. Este fato é explicado economicamente pelo aumento de produtividade do gasoduto.

O consumo de gás devido a sua utilização pelo usuário final de energia, para aquecimento de água para banho, foi estimado em 1.687.709.829 m³ em 20 anos, e 2.247.480.917 em 25 anos.

Além destes custos, com a utilização de aquecedores à gás é esperado o aumento da demanda agregada de água. O consumo adicional estimado de água em 20 anos é de 41.134.989 m³, e em 25 anos 54.778.435 m³. Os custos associados, a preço de "mercado" são R\$ 1.957,82 milhões e R\$ 2.607,18 milhões, respectivamente para 20 e 25 anos. O efeito da utilização de aquecedores à gás na demanda agregada de água pode ser mitigada, e por isto não foi utilizada para a comparação entre as alternativas. A forma de reduzir o impacto da demanda agregada de água foge do objetivo deste estudo. Entretanto, a desconsideração do efeito da utilização de aquecedores à gás sobre a demanda de água pode conduzir a insucesso de programas que visem o estímulo da utilização do gás em substituição do chuveiro elétrico.

Finalmente, a comparação entre a utilização do gás em termelétricas ou pelo usuário final evidencia que, considerando apenas suprir a oferta da energia necessária para

aquecimento de água para banho, para o conjunto de residências em foco, haveria significativamente menos consumo de gás se este fosse utilizado em geração termelétrica do que a sua utilização pelo usuário final de energia. A diferença de consumo de gás seria menor em 1.397.392.969 m³, na produção de energia elétrica, no período de 20 anos, e 2.247.480.917 m³, no período de 25 anos. O custo evitado devido ao consumo de gás natural, no valor de R\$ 487,78 milhões e R\$ 657,84 milhões, respectivamente em 20 e 25 anos, seria suficiente para viabilizar, e portanto, justificar a implantação de termelétricas pelos governos, para operarem em regime de complementação energética.

Por outro lado, o consumo de gás seria menor na utilização pelos usuários finais em comparação a operação de termelétricas em mercado concorrencial. A diferença de consumo seria menor de 3.322.212.491 a 18.631.164.851 m³, no período de 20 anos, e de 4.014.921.983 m³ a 23.151.112.433 m³, dependendo da capacidade das termelétricas. Os custos evitados iriam de aproximadamente R\$ 1.159 milhões a R\$ 8.081 milhões (tabela 38).

V.8 Do ponto de vista do investidor não é economicamente viável a implantação de termelétricas, seja qual for o regime de operação. Entretanto, para os governos, a implantação de termelétricas em regime de complementação energética para atender a demanda e o consumo de pico, motivada pelos chuveis elétricos, é justificada pela econômica de energia primária (gás natural) proporcionada, em comparação ao uso do gás diretamente pelos usuários finais de energia. A implantação de termelétricas em regime de operação de base, em mercado concorrencial de energia, é preterível à alternativa do uso do gás pelo usuário final em substituição ao chuveiro elétrico.

V.9 A alternativa da possibilidade de incentivos dos governos para a substituição de chuveis elétricos por aquecedores à gás, mostra que do ponto de vista estritamente financeiro, isto é, computando apenas os desembolsos para subsidiar o custo desfavorável ao usuário e o efeito da substituição de energéticos na arrecadação do imposto sobre circulação de mercadorias e serviço (ICMS), resultaria em valor presente líquido de -R\$267,44 milhões a -R\$3.132,04 milhões, para o período de 20 anos, e de -R\$269,78 milhões a -R\$3.139,70 milhões, para 25 anos (ver tabela 45), computadas as diferenças de alíquota e valores da energia elétrica e do gás, e também, o ICMS arrecadado na aquisição de aquecedores e contratação de serviços para adequar o imóvel ao uso do gás. Portanto, haveria prejuízo para o Estado, e do ponto de vista estritamente financeiro, não seria interessante a promoção de estímulo ao uso do gás em substituição ao chuveiro elétrico.

V.10 A verificação da possibilidade de incentivos governamentais para a substituição de chuveis elétricos por aquecedores à gás, quando as alternativas são o uso do gás natural pelos usuários finais ou a geração de termelétricidade em mercado concorrencial. Os valores presentes líquidos resultantes são de -R\$2.684,86 milhões a R\$67,84 milhões, e de -R\$2.678,29 milhões a R\$69,79 milhões, para termelétricas totalizando 252 MW, respectivamente para depreciação em 20 e 25 anos. Considerando termelétricas de 588 MW, os VPLs são de R\$1.608,50 milhões a R\$834,15 milhões, e de -R\$1.561,91 milhões a R\$847,94 milhões (tabela 46). Portanto, há possibilidade de estabelecer programas de incentivo à permuta de

energéticos que resultem em economia de recursos para o país, desde que definidos adequadamente. Existem algumas formas distintas de programas, entretanto, a sua proposta foge a essência da presente discussão.

V.11 Finalmente, a principal conclusão desta pesquisa é que é possível utilizar o gás natural de maneira eficiente para suprir a demanda de energia para aquecimento de água para banho. Entretanto, a melhor solução econômica parte de um planejamento sistematizado para determinar o equilíbrio entre a elaboração de programas de incentivo à substituição de chuveiros elétricos por aquecedores à gás e a geração de termelétricidade a partir do gás natural, em regime de complementação térmica.

VI – SUGESTÕES DE PESQUISA

VI.1 As principais sugestões de pesquisa, decorrentes desta dissertação, estão relacionadas com o uso de energia para aquecimento de água para banho. Foram utilizados os melhores dados disponíveis, entretanto, o conhecimento preciso dos fatores mencionados são de relevada importância no planejamento energético, visando a utilização eficiente dos recursos disponíveis e atender ao grande contingente que ainda não dispõe de fonte de energia. Deste modo, seria recomendável a realização de pesquisas criteriosas para determinar com melhor exatidão: 1) pesquisa de posse de chuveiros elétricos; 2) a duração média de banho; 3) a relação do nível de conforto com a duração do banho; 4) o efeito da temperatura ambiente na temperatura da água; 5) a distribuição de probabilidade de uso dos chuveiros elétricos ao longo do dia; e 6) a influência dos chuveiros na demanda, no consumo e na qualidade do sistema elétrico.

VI.2 Foi verificado que o custo operacional médio do gás natural, no Estado de São Paulo, é maior do que o da energia elétrica. O custo destes energéticos estão relacionados com os modelos de mercado adotados para um e outro setor. Seria interessante realizar um estudo para verificar o comportamento dos preços relativos destes energéticos ao longo do tempo. Este estudo possibilitaria verificar qual a tendência, a longo prazo, para o usuário. Seria possível estudar mecanismos de tarifação que permitissem o estímulo ao uso dos energéticos conforme a disponibilidades regionais e eficiência para o país.

VI.3 Além dos custos abordados, outros custos poderiam ser verificados para ampliar as análises. Tais como: os custos de expansão dos sistemas de transmissão e distribuição de energia elétrica; os custos de qualidade nos sistemas elétricos, ou deficiência de qualidade, que ocorreriam com a substituição de chuveiros elétricos por aquecedores à gás; os custos relativos à transmissão de energia elétrica de termelétricas operando em regime de complementação, em função da localidade da usina, e os efeitos sobre as tarifas.

VI.4 Recomendar-se-ia realizar estudo semelhante ao apresentado, considerando a possibilidade de suprir a demanda e o consumo de energia elétrica devido ao uso de chuveiros, por meio de usinas hidrelétricas ao invés de termelétricas.

VI.5 A utilização de gás natural, seja na produção de energia elétrica ou pelo usuário final, tem influencia na demanda agregada de água. Haveria necessidade de verificar a adequação da infra-estrutura para satisfazer a esta demanda.

VI.6 Recomenda-se verificar os efeitos econômicos da utilização de uma ou outra alternativa sobre a produção de bens e sobre a mão de obra.

VI.7 Por fim, os efeitos das diferentes alternativas energéticas sobre o meio ambiente mereceria estudo detalhado, bem como, a quantificação dos custos ambientais.

VII. APÊNDICE

Tabela 39 - Formulário para pesquisa

Tempo estimado de duração do banho							
	Menos do que 5 min	de 5 a 10 min	de 10 a 15 min	de 15 a 20 min	de 20 a 25 min	de 25 a 30 min	Mais de 30 min
Morador 1							
Morador 2							
Morador 3							
Morador 4							
Morador 5							
Morador 6							
Morador 7							

Tabela 40- Custo anunciado de termelétricas à gás

Número	Potência em MW	Custo em milhões de R\$	Custo em milhões R\$/MW
1	330	400,00	1,21
2	200	475,00	2,38
3	350	400,00	1,14
4	780	1605,50	2,06
5	1044	1482,00	1,42
6	870	1482,00	1,70
7	250	321,10	1,28
8	500	741,00	1,48
9	335	592,80	1,77
10	350	617,50	1,76
11	260	864,50	3,33
12	103	159,00	1,54
13	120	95,00	0,79
14	59	160,55	2,72
15	88	148,20	1,68
16	520	864,50	1,66
17	1040	1827,80	1,76
18	780	1160,90	1,49
19	360	741,00	2,06
20	1000	1560,00	1,56
21	1200	1605,50	1,34
22	480	790,40	1,65
23	750	1111,50	1,48
24	25	35,00	1,40
25	500	889,20	1,78
26	480	550,00	1,15
27	500	617,50	1,24

Tabela 41 - Produção de energia apenas para atender a demanda e o consumo de pico

Potência da termelétrica MW	Custo de implantação milhões de R\$	Consumo de gás m³/ano	Tempo de operação h/dia	Produção de energia elétrica kW-h/ano	Taxa de desconto %	Vida útil do projeto anos	Valor presente líquido (VPL) milhões de R\$
252	418,41	14.515.843	0,9	50.783.504	12	25	-13,55
252	418,41	14.515.843	0,9	50.783.504	12	20	-12,90
252	418,41	14.515.843	0,9	50.783.504	15	25	-11,17
252	418,41	14.515.843	0,9	50.783.504	15	20	-10,81
252	418,41	14.515.843	0,9	50.783.504	18	25	-9,44
252	418,41	14.515.843	0,9	50.783.504	18	20	-9,25

Tabela 42 - Produção de energia que torna o VPL igual ao custo de implantação

Potência da termelétrica MW	Custo de implantação milhões de R\$	Consumo de gás m³/ano	Tempo de operação h/dia	Produção de energia elétrica kW-h/ano	Taxa de desconto %	Vida útil do projeto anos	Valor presente líquido (VPL) milhões de R\$
252	418,41	250.496.116	15,50	876.357.662	12	25	418,41
252	418,41	256.702.343	15,88	898.070.071	12	20	418,41
252	418,41	305.324.403	18,89	1.068.173.768	15	25	418,41
252	418,41	308.876.357	19,11	1.080.600.236	15	20	418,41
252	418,41	362.208.777	22,41	1.267.183.067	18	25	418,41
252	418,41	363.420.576	22,48	1.271.422.532	18	20	418,41

Tabela 43 - Produção de energia apenas para atender a demanda e o consumo de pico

Potência da termelétrica MW	Custo de implantação milhões de R\$	Consumo de gás m³/ano	Tempo de operação h/dia	Produção de energia elétrica kW-h/ano	Taxa de atratividade %	Vida útil do projeto anos	Valor presente líquido (VPL) milhões de R\$
588	976,29	14.515.843	0,38	50.783.504	12	25	-58,88
588	976,29	14.515.843	0,38	50.783.504	12	20	-57,65
588	976,29	14.515.843	0,38	50.783.504	15	25	-69,62
588	976,29	14.515.843	0,38	50.783.504	15	20	-67,41
588	976,29	14.515.843	0,38	50.783.504	18	25	-84,47
588	976,29	14.515.843	0,38	50.783.504	18	20	-80,45

Tabela 44 - Produção de energia que torna o VPL igual ao custo de implantação

Potência da termelétrica MW	Custo de implantação milhões de R\$	Consumo de gás m³/ano	Tempo de operação h/dia	Produção de energia elétrica kW-h/ano	Taxa de atratividade %	Vida útil do projeto anos	Valor presente líquido (VPL) milhões de R\$
588	976,29	700.262.936	18,57	2.449.861.493	12	25	976,29
588	976,29	717.612.468	19,03	2.510.558.624	12	20	976,29
588	976,29	853.535.641	22,63	2.986.084.217	15	25	976,29
588	976,29	863.465.143	22,89	3.020.822.459	15	20	976,29
588	976,29	1.012.556.144	26,85	3.542.415.540	18	25	976,29
588	976,29	1.015.943.734	26,94	3.554.266.984	18	20	976,29

Tabela 45 - Fluxo financeiro do Estado devido à programa de incentivo a substituição do chuveiro elétrico por aquecedores à gás, sem considerar o consumo de gás

Ano	Número de residências	ICMS da EE	ICMS do gás	Custo do incentivo	Custo do incentivo	ICMS da venda de aquecedores		FLUXO LÍQUIDO DO INCENTIVO	
		milhões de R\$/ano	milhões de R\$/ano	milhões de R\$/ano	milhões de R\$/ano				
1	40.000	(2,50)	1,47	-5,38	-49,44	2,70	29,41	(3,70)	(21,05)
2	120.000	(7,49)	4,41	-16,13	-148,33	5,40	58,82	(13,80)	(92,57)
3	200.000	(12,48)	7,35	-26,89	-247,21	5,40	58,82	(26,61)	(193,51)
4	280.000	(17,47)	10,30	-37,64	-346,09	5,40	58,82	(39,41)	(294,44)
5	360.000	(22,46)	13,24	-48,39	-444,98	5,40	58,82	(52,21)	(395,37)
6	440.000	(27,45)	16,18	-59,15	-543,86	5,40	58,82	(65,02)	(496,30)
7	520.000	(32,44)	19,12	-69,90	-642,74	5,40	58,82	(77,82)	(597,24)
8	600.000	(37,43)	22,06	-80,66	-741,63	5,40	58,82	(90,62)	(698,17)
9	700.000	(43,67)	25,74	-94,10	-865,23	6,75	73,53	(105,28)	(809,63)
10	800.000	(49,91)	29,42	-107,54	-988,84	6,75	73,53	(121,28)	(935,80)
11	800.000	(49,91)	29,42	-102,16	-939,39			(122,65)	(959,88)
12	800.000	(49,91)	29,42	-91,41	-840,51			(111,90)	(861,00)
13	800.000	(49,91)	29,42	-80,66	-741,63			(101,15)	(762,12)
14	800.000	(49,91)	29,42	-69,90	-642,74			(90,39)	(663,23)
15	800.000	(49,91)	29,42	-59,15	-543,86			(79,64)	(564,35)
16	800.000	(49,91)	29,42	-48,39	-444,98			(68,88)	(465,47)
17	800.000	(49,91)	29,42	-37,64	-346,09			(58,13)	(366,58)
18	800.000	(49,91)	29,42	-26,89	-247,21			(47,38)	(267,70)
19	800.000	(49,91)	29,42	-13,44	-123,60			(33,93)	(144,09)
20	800.000	(49,91)	29,42					(20,49)	(20,49)
21	800.000	(49,91)	29,42					(20,49)	(20,49)
22	800.000	(49,91)	29,42					(20,49)	(20,49)
23	800.000	(49,91)	29,42					(20,49)	(20,49)
24	800.000	(49,91)	29,42					(20,49)	(20,49)
25	800.000	(49,91)	29,42					(20,49)	(20,49)

Tabela 46 - Fluxo financeiro do Estado devido à programa de incentivo a substituição do chuveiro elétrico por aquecedores à gás, considerando o consumo de gás

Ano	Número de residências	Diferença de custo do gás que seria consumido pelo usuário e:		CUSTO FINANCEIRO PARA O ESTADO		SALDO DO INCENTIVO GÁS E FINANCEIRO			
		em termelétricas de 252 MW milhões de R\$/ano	em termelétricas de 588 MW milhões de R\$/ano	milhões de R\$/ano	milhões de R\$/ano	termelétrica de 252 MW		termelétrica de 588 MW	
						milhões de R\$/ano	milhões de R\$/ano	milhões de R\$/ano	milhões de R\$/ano
1	40.000	77,50	219,84	(3,70)	(21,05)	73,80	56,45	216,14	198,79
2	120.000	73,96	216,30	(13,80)	(92,57)	60,16	(18,61)	202,49	123,72
3	200.000	70,42	212,76	(26,61)	(193,51)	43,81	(123,09)	186,15	19,25
4	280.000	66,87	209,21	(39,41)	(294,44)	27,46	(227,57)	169,80	(85,23)
5	360.000	63,33	205,67	(52,21)	(395,37)	11,12	(332,04)	153,46	(189,70)
6	440.000	59,79	202,13	(65,02)	(496,30)	(5,23)	(436,52)	137,11	(294,18)
7	520.000	56,25	198,58	(77,82)	(597,24)	(21,58)	(540,99)	120,76	(398,65)
8	600.000	52,70	195,04	(90,62)	(698,17)	(37,92)	(645,47)	104,42	(503,13)
9	700.000	48,27	190,61	(105,28)	(809,63)	(57,00)	(761,36)	85,33	(619,02)
10	800.000	43,84	186,18	(121,28)	(935,80)	(77,44)	(891,95)	64,90	(749,61)
11	800.000	43,84	186,18	(122,65)	(959,88)	(78,81)	(916,04)	63,53	(773,70)
12	800.000	43,84	186,18	(111,90)	(861,00)	(68,06)	(817,16)	74,28	(674,82)
13	800.000	43,84	186,18	(101,15)	(762,12)	(57,30)	(718,27)	85,04	(575,93)
14	800.000	43,84	186,18	(90,39)	(663,23)	(46,55)	(619,39)	95,79	(477,05)
15	800.000	43,84	186,18	(79,64)	(564,35)	(35,79)	(520,51)	106,54	(378,17)
16	800.000	43,84	186,18	(68,88)	(465,47)	(25,04)	(421,62)	117,30	(279,28)
17	800.000	43,84	186,18	(58,13)	(366,58)	(14,29)	(322,74)	128,05	(180,40)
18	800.000	43,84	186,18	(47,38)	(267,70)	(3,53)	(223,85)	138,81	(81,52)
19	800.000	43,84	186,18	(33,93)	(144,09)	9,91	(100,25)	152,25	42,09
20	800.000	43,84	186,18	(20,49)	(20,49)	23,35	23,35	165,69	165,69
21	800.000	43,84	186,18	(20,49)	(20,49)	23,35	23,35	165,69	165,69
22	800.000	43,84	186,18	(20,49)	(20,49)	23,35	23,35	165,69	165,69
23	800.000	43,84	186,18	(20,49)	(20,49)	23,35	23,35	165,69	165,69
24	800.000	43,84	186,18	(20,49)	(20,49)	23,35	23,35	165,69	165,69
25	800.000	43,84	186,18	(20,49)	(20,49)	23,35	23,35	165,69	165,69

VIII - BIBLIOGRAFIA

1. Secretaria de Estado de Energia de São Paulo. Balanço Energético do Estado de São Paulo – 2002. Série Informações Energéticas. São Paulo. 2002. 180p.
2. Association Technique e L'industrie du Gaz en France. Manuel pour le Transport e la distribution du gas. Titre X: Conception et construction des réseaux des distribution. 184p.
3. Association Technique e L'industrie du Gaz en France. Manuel pour le Transport e la distribution du gas. Titre IX: Conception et construction des réseaux des transport. 128p.
4. Gas Engineers Handbook. Industrial Press Inc. First edition. 1965.
5. CHAMBERS, A. Natural gas & electric power in nontechnical language. Pennwellbooks: Tulsa, Oklahoma. 1999. 1º edição. 258p.
6. Centro da memória da eletricidade no Brasil. O planejamento da expansão do setor de energia elétrica. Rio de Janeiro. 2002. 538p.
7. CUNHA, M.L. N. Plano nacional de gás natural. 1988. 1º edição. 119p.
8. VAN DER TAK, H.G; Internacional Bank for Reconstruction and development. Economic choice between hidroelectrical and thermal power developments: on joint costs in multipurpose projects. Baltimore: John Hopkins, 1966. 1º edição. 70p.
9. MELO, J.P. Cenários do gás canalizado no Estado de São Paulo. São Paulo: Artliber. 2002. 1º edição. 236p.
10. SOBRINHO, J.D.V. Matemática financeira. São Paulo: Atlas, 1993. 383p.
11. OLIVEIRA, J. A.N. Eng^a Econômica: Uma abordagem às decisões de investimento. São Paulo: McGraw-Hill, 1982. 173p.
12. Securato, J.R. Decisões financeiras em condições de risco. São Paulo: Atlas, 1996. 246p.
13. Montoro Filho, A.F; et al. Manual de economia dos professores da USP. São Paulo: Saraiva, 2001. 3º Edição. 653p.
14. WERKEMA, M.C.C. Como estabelecer conclusão com confiança: entendendo inferência estatística. Série Ferramentas da qualidade, vol.4. Belo Horizonte: Fundação Cristiano Ottoni, 1996. 279p.
15. NETO, P.L.O.C.; Cymbalista, M. Probabilidades. São Paulo: Edgar Blucher, 1974. 144p.
16. NETO, P.L.O.C.; Estatística. São Paulo: Edgar Blucher, 1977. 264p.
17. Comissão de Serviços Públicos de Energia. Usinas Termelétricas de Pequeno Porte no Estado de São Paulo. São Paulo: 2001. 427p.
18. Conselho Estadual de Energia. Consumos Residenciais de Energia, vols. 1 e 2. São Paulo. 1985.
19. Grupo Coordenador do Planejamento do Sistema Elétrico. Gasoduto Brasil-Bolívia: Análise da competitividade da inserção de termelétricas à gás natural no

programa de expansão do parque gerador interligado S/SE/CO, versão preliminar. São Paulo:1994. 87p.

20. Centro de Excelência em Distribuição de Energia Elétrica – CED. Aplicação de curvas de cargas residenciais medidas para avaliação da diversidade de cargas. São Paulo:1997. 23p.

21. Companhia Energética de Brasília – CEB. Experiência da CEB no estabelecimento de ações para eficiência energética, baseado em pesquisa de posse de eletrodomésticos e hábitos de consumo. São Paulo:1997. 24p.

22. Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica –PROCEL. Pesquisa de posse de eletrodomésticos e de hábitos de consumo, vol.1e 2. 1989.

23. Prefeitura do município de São Paulo. Decreto 24.714, de 07/10/1987.

24. Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL. Resolução n.º 488, de 29/08/2002. Regulamenta a aplicação dos valores normativos para a energia gerada pelos empreendimentos que especifica.

25. Comissão de Serviços Públicos de Energia – CSPE. Portaria CSPE – 204, de 04/11/2002. Dispõe sobre a atualização dos níveis das tarifas.

26. www.ibge.gov.br. Famílias residentes em domicílios particulares, tabela 228. 01/09/2002. 10h e 40 min.

27. www.ibge.gov.br. Domicílios particulares permanentes por situação, tipo de domicílio e número de banheiros. Tabela 1446. 27/11/02. 10h e 02 min.

28. www.inmet.gov.br. Gráficos climatológicos. 22/08/02. 11 h e 45 min.

29. www.energia.sp.gov.br .Perfil das áreas de concessão para distribuição de gás canalizado no Estado de São Paulo. 27/08/02. 10h e 45 min.

30. www.sabesp.com.br. Tarifas. 15/01/03. 16h e 08 min.

31. www.ons.com.br Boletim diário de operações. Balanço de energia entre regiões. 22/01/03. 16h e 04 min.

32. www.bc.gov.br. Taxas de câmbio. 233/01/03. 15h e 42 min.

33. www.gasenergia.com.br. Reservas de gás no mundo. 16/05/02. 18h e 30 min.

34. www.comgas.com.br Mercados atendidos. 14/08/02.