

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

ESTUDO COMPARATIVO DE SISTEMAS RESIDENCIAIS DE
AQUECIMENTO DE ÁGUA

THIAGO MENDONÇA SANDANIELLI MONTU

ORIENTADORA: PROF^a. CLÁUDIA MARCIA C. GURJÃO

MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL EM ENGENHARIA
CIVIL

BRASÍLIA-DF: FEVEREIRO/2016

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL
ESTUDO COMPARATIVO DE SISTEMAS RESIDENCIAIS DE
AQUECIMENTO DE ÁGUA

THIAGO MENDONÇA SANDANIELLI MONTU

MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL SUBMETIDA AO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL EM ENGENHARIA CIVIL.

APROVADA POR:

CLÁUDIA MARCIA COUTINHO GURJÃO, DSc. (UnB)
(ORIENTADORA)

CLAUDIO HENRIQUE DE ALMEIDA FEITOSA PEREIRA, DSc. (UnB)
(EXAMINADOR INTERNO)

LEONARDO ARAUJO DE PAIVA, Engº Civil (3L Engenharia)
(EXAMINADOR EXTERNO)

BRASÍLIA-DF, 15 de FEVEREIRO de 2016.

FICHA CATALOGRÁFICA

MONTU, THIAGO MENDONÇA SANDANIELLI

Estudo comparativo de sistemas residenciais de aquecimento de água.

[Distrito Federal] 2016.

vii, 39 p., 297 mm (ENC/FT/UnB, Bacharel, Engenharia Civil, 2016)

Monografia de Projeto Final - Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia.

Departamento de Engenharia Civil e Ambiental.

1. Aquecimento de Água

2. Fontes Energéticas

3. Análise Econômica

4. Sustentabilidade

I. ENC/FT/UnB

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

MONTU, T.M.S. (2015). Estudo comparativo de sistemas residenciais de aquecimento de água. Monografia de Projeto Final, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília-DF, 46 p.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Thiago Mendonça Sandanielli Montu

TÍTULO DA MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL: Estudo comparativo de sistemas residenciais de aquecimento de água.

GRAU / ANO: Bacharel em Engenharia Civil / 2016

É concedida à Universidade de Brasília a permissão para reproduzir cópias desta monografia de Projeto Final e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta monografia de Projeto Final pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

Thiago Mendonça Sandanielli Montu
SQS 212 Bloco G Apartamento 101
70275-070–Brasília-DF – Brasil
E-mail: thiago.montu@gmail.com

RESUMO

O trabalho consiste no comparativo entre quatro sistemas de aquecimento de água domésticos levando em conta principalmente o desempenho econômico, analisando custos de implantação e operação. Porém, considera-se também um comparativo de questões subjetivas como o conforto para o usuário e a proveniência das fontes energéticas e o seu alinhamento com a sustentabilidade. Busca-se mostrar para o usuário quais são as melhores opções econômicas permitindo uma escolha embasada. Para realizar uma análise numérica das opções foi feita uma análise comparativa sobre o projeto arquitetônico de uma residência unifamiliar de dois pavimentos. Para definir um modelo padrão que pode ser usado para outros tipos de residência e região econômicas que não fazem parte do escopo da análise, o procedimento utilizado foi descrito e apresentado claramente. O projeto foi dimensionado no *software* Hydros, da AltoQI, que gerou também o quantitativo de materiais que serviu de base para o orçamento utilizado para a estimativa do custo global de implantação do sistema hidráulico. A análise do projeto permitiu a constatação de alguns pontos indicados na pesquisa que embasou a metodologia, o chuveiro elétrico tido por muitos como maior fonte de consumo energético em residências, na verdade é o mais econômico dos sistemas tradicionais. Mesmo comparando-o com um sistema que usa uma fonte alternativa de energia, como os painéis solares, o chuveiro é mais econômico pelo fato de sua vazão ser consideravelmente menor que as duchas utilizadas com os sistemas de aquecimento centrais. Porém, adotar um sistema como o aquecimento solar com reforço elétrico para dias de sol é uma excelente opção para os usuários que não prezam única e exclusivamente por economia e consideram também o fato da vazão afetar diretamente a qualidade de seu banho. Por fim, uma crítica recorrente ao sistema solar, que apresenta custos de implantação mais elevados, foi dirimida. O sistema solar com reforço de boiler elétrico apresenta um tempo de retorno do investimento de 24 meses em relação ao sistema que utiliza apenas o boiler.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Contextualização	1
1.2 Justificativa	2
1.3 Hipótese	3
1.4 Objetivos	4
CAPÍTULO 2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
2.1 História do Aquecimento de Água	5
2.2 Principais Sistemas de aquecimento de Água	5
2.2.1 Chuveiro Elétrico	7
2.2.2 Boiler elétrico.....	8
2.2.3 Aquecedor Solar com reforço de Boiler Elétrico	10
2.2.4 Aquecedor de Passagem a Gás (GLP).....	13
2.3 Análise do índice FHR (<i>First Hour Ratio</i>).....	15
2.4 Estimativa do custo anual de alguns sistemas de aquecimento	17
2.5 Considerações relevantes para o estudo de caso	19
CAPÍTULO 3 – METODOLOGIA E ELABORAÇÃO DO PROJETO	21
3.1 Diretrizes Gerais.....	21
3.2 Dados – Chuveiro Elétrico	23
3.3 Dados – Boiler Elétrico	24
3.4 Dados – Aquecedor Solar com reforço elétrico.....	24
3.5 Dados – Aquecedor de passagem a gás GLP	25
3.6 Processo de análise.....	26
CAPÍTULO 4 – APRESENTAÇÃO E ANÁLISES DOS RESULTADOS	28
4.1 Chuveiro Elétrico	28
4.2 Boiler Elétrico	29
4.3 Aquecedor Solar com reforço elétrico.....	31
4.4 Aquecedor de passagem a gás GLP	32
4.5 Tabela comparativa do custo mensal.....	32
CAPÍTULO 5 – CONCLUSÃO.....	35
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	37
BIBLIOGRAFIA CONSULTADA.....	38
ANEXOS	39

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Consumo Residencial no estado de São Paulo	6
Figura 2: Aquecedor elétrico de passagem	7
Figura 3: Chuveiro elétrico em corte.....	8
Figura 4: Boiler elétrico	9
Figura 5: Placa tipo coletor aberto	11
Figura 6: Placa tipo coletor fechado.....	11
Figura 7: Funcionamento de um sistema solar.....	12
Figura 8: Esquema de funcionamento aquecedor a gás	14
Figura 9: Esquema de instalação da chaminá.....	14
Figura 10: Sistema de ventilação obrigatório.....	14
Figura 11: Reaproveitamento térmico de água residual.....	20
Figura 12: Projeto modelo.....	22
Figura 13: Processo de escolha do sistema de aquecimento	26

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Produção e importação de aquecedores	6
Tabela 2: First Hour Ratio.....	16
Tabela 3: custo anual estimado	17
Tabela 4: Custo equivalente no Brasil.....	17
Tabela 5: Custo por banho	18
Tabela 6: Custo mensal	18
Tabela 7: Dimensionamento do chuveiro elétrico.....	23
Tabela 8: Consumo de água quente.....	24
Tabela 9: Dimensionamento aquecimento a gás	26
Tabela 10: Custo Chuveiro Elétrico	29
Tabela 11: Custos Boiler Elétrico	30
Tabela 12: Custos Aquecimento Solar	31
Tabela 13: Custos Aquecedor a Gás	33
Tabela 14: Custo médio por banho	33
Tabela 15: Custo médio por banho (energia).....	34
Tabela 16: Comparativo Boiler	34

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

Não há como negar que hoje em dia vive-se uma era de mudanças drásticas na matriz energética mundial. Os combustíveis fósseis, que desde a revolução industrial do século XVIII lideram com muita folga o ranking de fontes mais usadas, vem progressivamente diminuindo a sua participação devido à escassez, às questões ambientais relacionadas à poluição e também a uma evolução tecnológica intensa nos últimos anos. Essa questão não é novidade, porém parece muito distante do cotidiano da maioria das pessoas, que eventualmente chegam até discutir esse tópico. Entretanto, poucos sabem como que o padrão de vida e o cotidiano de cada um podem estar relacionados com uma questão tão global.

Além do macro cenário energético mundial, uma questão mais próxima do cotidiano que ganhou destaque nos noticiários recentemente foi o aumento na tarifa de energia elétrica no Brasil, em 2015. Houve um aumento especial no estado de São Paulo devido à seca prolongada que prejudicou a geração de energia uma vez que a maior parte da energia elétrica nacional é proveniente de usinas hidrelétricas. Conseqüentemente, essa mudança levou a população a utilizar a energia de forma mais racional, tanto por questões comunitárias quanto por questões econômicas devido ao encarecimento da tarifa.

No momento em que as famílias refletem sobre que atitude adotar para reduzir o consumo de energia elétrica residencial, basta uma primeira análise para ver que o sistema de aquecimento de água é um dos pontos de maior participação nos gastos mensais, como corrobora o trecho a seguir. “Depois de aquecimento e resfriamento do ambiente, o aquecimento de água é normalmente a segunda fonte de consumo de energia nos lares, contribuindo com aproximadamente 19% de todo o uso de energia da casa” (Rocky Mountain Institute’s, 2004). Considerando que nas residências populares brasileiras o ar-condicionado é menos comum que o chuveiro elétrico ou outro sistema de aquecimento de água, esta pode ser interpretada como a principal fonte de consumo de energia elétrica nos lares. É nesse contexto que uma análise sistêmica das opções de aquecimento de água mais eficientes e econômicas se torna essencial, sendo imprescindível pensar não apenas na tarifa de energia, mas também nos custos de implantação e manutenção do sistema.

1.2 Justificativa

Conforme dito anteriormente, é fundamental para gerar economia a escolha adequada do sistema de aquecimento de água. Além, é claro, da preocupação com a responsabilidade socioambiental, que está cada vez mais em evidência até mesmo com selos especiais sendo implementados na construção civil, como o LEED, o Aqua e o Bream. Estes certificados exigem das edificações uma lista de pontos de adequação para uma construção e também manutenção sustentável, entre as exigências estão pontos relacionados à maior eficiência energética e ao uso de energia proveniente de fontes renováveis. Entretanto, os selos definem exigências e não necessariamente delimitam o projeto a ser executado ou a maneira recomendada para atingir o requisito, assim é necessário o conhecimento da área específica de projeto. Indiscutivelmente há espaço para mais estudos que auxiliem no processo de decisão sobre o sistema de aquecimento a ser escolhido.

Os sistemas de aquecimento, apesar de amplamente utilizados e da necessidade de tomada de decisão entre as possíveis opções ser rotineira, os dados de diversas pesquisas sobre o tema não são alinhados. “Aumentos na tarifa de energia elétrica e da água têm impactado o orçamento doméstico das residências brasileiras, onde o chuveiro elétrico é o principal vilão: ele é responsável por 30% do consumo total de eletricidade nas casas” (Tecnologia USP Online, 2015). Por outro lado, uma pesquisa do Centro Internacional de Referência em Reuso de água - CIRRA, entidade vinculada à Escola Politécnica da USP foi relatada da seguinte maneira: “O estudo revela que o chuveiro elétrico e o sistema híbrido (que utiliza coletores solares de baixo custo com chuveiro elétrico na ponta) são as opções mais econômicas para se tomar um banho” (CIRRA, 2009)

Conforme dito, os dados apresentados em diversas pesquisas não conversam, nem mesmo duas fontes vinculadas à instituição universitária mais conceituada do país são condizentes, logo é fundamental ter um estudo próprio relacionado ao ambiente de atuação profissional. Entende-se ambiente de atuação como a área geográfica onde se pretende praticar o exercício da engenharia, no caso deste projeto, o Distrito Federal. O diferencial de se pesquisar o tema chegando a uma pesquisa definida aplicada a área específica serve para dirimir as dúvidas que surgem após a pesquisa na bibliografia, mas também, na vivência prática, para fundamentar qualquer decisão de projeto e justificá-la ao cliente com dados e explicações técnicas como deveria ser sempre feito na engenharia.

Além de auxiliar o projetista a tomar a decisão mais correta para cada situação encontrada, os estudos quantitativos correlatos servem para argumentar e apresentar ao cliente

o porquê da escolha. Profissionais que já passaram pela sabatina de um cliente exigente sabem o quanto é valioso esse tipo de dado que além de corroborar com a decisão, ajudam a valorizar mais o seu trabalho.

1.3 Hipótese

Uma vez determinada a importância do estudo, deve-se delimitar o espaço amostral e as variáveis a serem consideradas nesse estudo a fim de se chegar num produto final. Primeiramente delimitar-se-á o estudo a habitações residenciais unifamiliares de até dois pavimentos, por ser a moradia mais difundida na região do DF, após os apartamentos em edifícios. Uma vez definido o tipo de construção avaliada, outros parâmetros também precisam ser delimitados.

Diversos tipos de sistemas podem ser utilizados para o aquecimento de água doméstico, alguns inovadores e outros mais tradicionais. Visando chegar a um resultado conclusivo sobre sistemas efetivamente utilizados em larga escala no Brasil e que uma escolha consciente entre eles impactaria significativamente nos custos e no consumo de energia no território nacional, comparar-se-á os seguintes sistemas:

- a. Chuveiro Elétrico;
- b. Boiler Elétrico;
- c. Aquecedor de passagem a gás;
- d. Boiler com aquecimento solar e reforço elétrico.

Agora que tanto o tipo de edificação quanto os sistemas que serão avaliados foram definidos, falta apenas definir quais critérios serão levados em conta na análise do projeto. A precificação da mão-de-obra, por exemplo, não é escopo deste projeto, seu valor será desconsiderado, por outro lado o custo de materiais será levantado. Vários parâmetros podem ser usados para efeitos de comparação entre diferentes sistemas de aquecimento, neste estudo delimitar-se-á o escopo do trabalho aos seguintes índices:

- a. Fontes energéticas;
- b. Custos de implantação;
- c. Custo de Operação;
- d. Hábitos de uso que influenciam o desempenho e custo do banho.

1.4 Objetivos

Este projeto tem como objetivo geral definir entre quatro sistemas de aquecimento de água doméstico, usando vários parâmetros relevantes selecionados, com um adequado nível de precisão, qual o sistema mais econômico considerando os custos de instalação e operação. Com isso, pretendeu-se gerar uma base para permitir escolhas de projeto hidráulico embasadas em parâmetros. Além disso, buscou-se apresentar os resultados de forma a viabilizar uma estimativa do tempo de retorno para o investimento de cada sistema, além de apresentar o estudo num formato de processo modelo que pode ser replicado para edificações de outros tipos.

CAPÍTULO 2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 História do Aquecimento de Água

Nem o escopo deste trabalho existiria caso não houvesse a necessidade de suprir demanda diária de água aquecida nos lares. A busca por água a temperaturas mais elevadas que a ambiente ocorre principalmente pelo uso em banhos, na lavagem de roupas e de louças. Independente da classe social e da rotina, as pessoas sempre vão ter alguma demanda por água quente, sendo a demanda para o banho aquecido a mais essencial. Dessa forma surgiu a necessidade de se aquecer água.

Há séculos supria-se a demanda por água quente aquecendo-a sob fogo e então despejando no local de uso, em geral uma banheira ou algo similar. Apenas no século XIX começou um desenvolvimento de impacto na área do aquecimento para uso doméstico. Porém, como grande parte das invenções é difícil encontrar fonte que assegure quem foi o responsável pela invenção, uma vez que o desenvolvimento é um processo que leva tempo e engloba diversas pequenos inventos que se agregam até chegar ao produto final. Entretanto, a tese mais divulgada diz que Benjamin Maughan desenvolveu o primeiro aquecedor doméstico a gás em 1868 na Inglaterra, mas o mesmo não era seguro. Apenas em 1889, o norueguês Edwin Ruud aperfeiçoou o invento e tornou viável o uso do mesmo.

História a parte, a época de ouro para os sistemas de aquecimento se deu recentemente, próximo ao fim do século XX houve uma explosão de novas ideias e produtos no mercado. Essa diversidade é que permite a discussão deste trabalho que busca selecionar a opção mais econômica entre as existentes no mercado.

2.2 Principais Sistemas de aquecimento de Água

Conforme Creder, 2006, há uma razoável diversidade de sistemas de aquecimento atualmente. A primeira classificação entre eles pode ser relacionada à disposição do aquecedor:

- a. Central: apenas um local é destinado para o aquecimento da água, em seguida é distribuída para todos os pontos de demanda por tubulação específica para água quente. (ex: Boiler, Caldeira)

- b. Ponto de Aquecimento: a água é aquecida diretamente próxima ao ponto de utilização.
(ex: Chuveiro Elétrico, Cardal em pias)

É possível imaginar que há diversas outras possíveis classificações para os sistemas de aquecimento, focando nas mais relevantes para o escopo do trabalho prossegue-se com a classificação por princípio de funcionamento:

- a. Aquecedor de Acumulação: a água a ser utilizada é aquecida e acumulada em um reservatório para ser distribuída conforme demanda. O sistema funciona de forma contínua, sempre mantendo a água na temperatura programada. (ex: Boiler, Caldeira)
- b. Aquecedor de Passagem: a água passa pelo aparelho apenas quando é demandada em algum ponto de utilização. Somente então o aparelho é ligado e aquece a água enquanto ela passa pelo mesmo. (ex: Aquecedor a gás de passagem)

A Figura 1 ajuda a entender qual o sistema mais difundido no Brasil hoje, a pesquisa é referente ao estado de São Paulo, mas como o clima é semelhante em todo o país, pode-se extrapolar o resultado para todo o território nacional. Uma informação que corrobora com essa extrapolação é a fornecida na Tabela 1 que mostra o chuveiro elétrico como líder disparado de vendas em todo o Brasil.

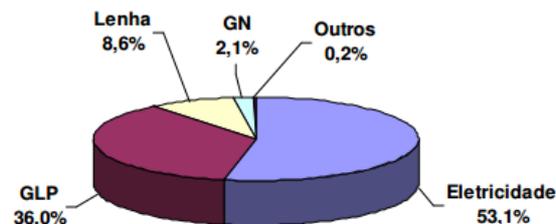


Figura 1: Consumo Residencial no estado de São Paulo (BEES 2006, *Apud* Raimo 2007)

Produto	Produção quantidade (un)	Importação quantidade (un)
Aquecedor a gás ou energia solar	31.487	-
Aquecedor instantâneo a gás ⁶	-	100.952
Aquecedor elétrico de água	282.598	-
Chuveiro elétrico	24.095.563	-

Fontes: Pesquisa anual de produção PIA (2003); Importação de produtos – Ministério do desenvolvimento da Indústria e do comércio exterior, (2003)⁷

Tabela 1: Produção e importação de aquecedores (Raimo 2007)

2.2.1 Chuveiro Elétrico

Poucos sabem que o chuveiro elétrico, aquecedor amplamente difundido, é uma invenção nacional. “Inventado no Brasil em 1927, o chuveiro elétrico é o mais popular do país devido ao custo reduzido e à facilidade de instalação.” (Revista Casa, 2012). Conforme as classificações apresentadas acima, o chuveiro elétrico é um aquecedor de passagem funcionando na disposição de ponto de aquecimento. Essa informação já fornece uma das principais vantagens desse tipo de aquecedor (Figura 2), a energia é gasta apenas no ponto de utilização, bem próximo do uso, e apenas pelo tempo do banho. Dessa forma, não se perde energia térmica no caminho pelos condutos até chegar ao ponto de utilização, nem se mantém a água aquecida por um tempo desnecessário.



Figura 2: Aquecedor elétrico de passagem

Visando avaliar criticamente um sistema de aquecimento é necessário entender o método de funcionamento do mesmo. O chuveiro elétrico funciona de maneira simples. Ao se abrir o registro e permitir o fluxo de água para dentro do aparelho, a pressão do líquido faz com que um diafragma condutor seja levemente levantado e assim forma-se o contato elétrico que faz o elemento de aquecimento (resistência central) funcionar. Dessa maneira, ao passar pela resistência a água é aquecida por condução. (Figura 3)

Um ponto a se destacar é que para uma dada capacidade de aquecimento (mesmo chuveiro), a temperatura da água é inversamente proporcional ao fluxo de água porque quanto mais rápido o líquido passa pelo elemento de aquecimento, menos ele é aquecido. Dessa forma, uma das maneiras de se regular a temperatura é reduzindo a abertura do registro. Outra

maneira comum de se regular a temperatura em chuveiros desse tipo é a chave “inverno/verão” que consiste basicamente na alteração do comprimento de resistência que vai ser percorrido por corrente elétrica para aquecer a água.

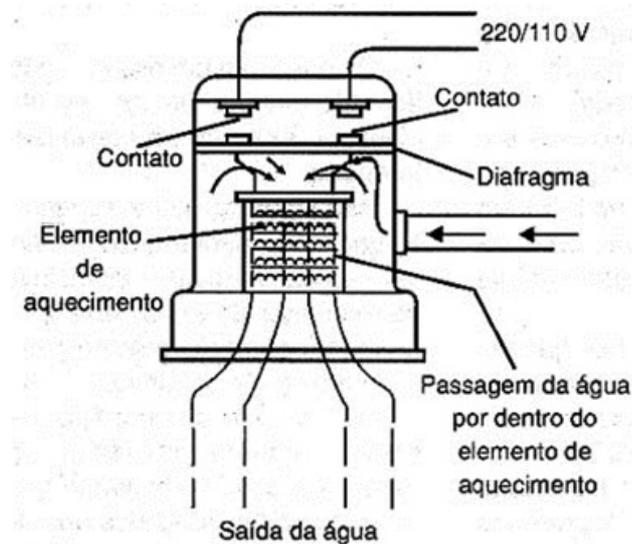


Figura 3: Chuveiro elétrico em corte

O chuveiro elétrico é vendido em diversas potências (Quanto maior, mais capacidade de aquecimento e maior capacidade de suportar uma grande vazão de maneira confortável), assume-se um chuveiro de 6000 W de potência. Como o indicador de consumo de energia elétrica é o kWh, estima-se o custo de operação da utilizando-se da potencia nominal e multiplicando-a pela quantidade de tempo que o chuveiro é utilizado, em horas. Como o custo de tarifa de luz é calculado em kWh, basta multiplicar em seguida pelo valor da taxa no município em questão.

- Potência em kW: $6000/1000 = 6\text{kW}$
- Tempo de uso = Tempo do banho \rightarrow adota-se 10min
- Custo da tarifa de luz: R\$ 0,43676 – CEB (Aneel, 2016)
- Custo por Banho: $C_{un} = 6 * 10/60 * 0,43676 = \text{R\$ } 0,44$ por banho de 10 min

2.2.2 Boiler elétrico

O aquecedor de acumulação com fonte elétrica em disposição central, conhecido como boiler elétrico (Figura 4) é, depois do chuveiro elétrico, o tipo de aquecedor mais usado

atualmente no Brasil (Tabela 1). Seu uso é mais comum em residências e também em redes hoteleiras e similares, por fornecer constantemente água quente a diversos pontos de utilização apresenta-se como uma alternativa economicamente interessante.

O funcionamento de um aquecedor deste tipo é simples, o reservatório pode ser analogamente comparado a uma caixa térmica, tem a função de manter a água na temperatura correta pelo maior tempo possível isolando a parte interna da temperatura ambiente. Essa função é feita pelo material isolante que envolve a capsula interna impermeável. O aquecimento da água interna acontece quando a resistência elétrica em contato com a água é ligada. A quantidade de água acumulada no reservatório deve ser dimensionada de acordo com a demanda rápida uma vez que apesar de manter a temperatura, ao renovar a água devido ao uso nos pontos de utilização o aquecedor precisa de um tempo para aquecer novamente a nova quantidade, como será visto na seção 2.3.

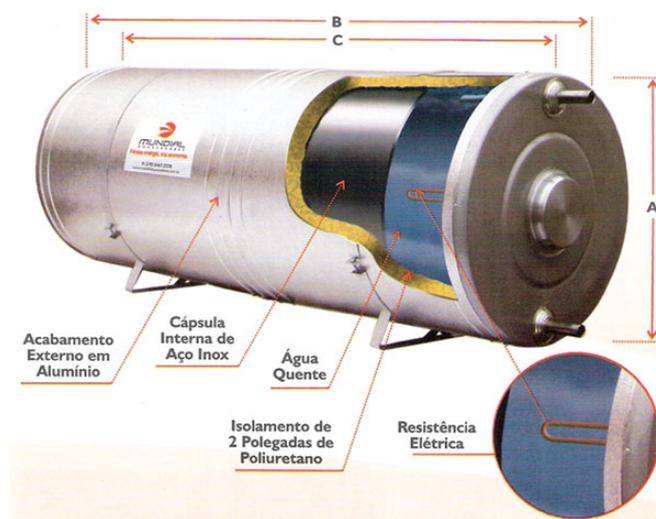


Figura 4: Boiler elétrico

Analisando o funcionamento do sistema é facilmente perceptível que a principal desvantagem é o gasto de energia para manter a água sempre aquecida mesmo quando não há demanda. Essa falha pode ser amenizada com o uso de equipamentos com *timer* que tem a função de desliga-lo nas horas de menor demanda, como a madrugada, mas ainda há gasto desnecessário de energia. Além disso, diferentemente do chuveiro elétrico, este e os próximos sistemas a serem apresentados necessitam da instalação de encanamento próprio para água quente, elevando os custos de instalação. A maior vantagem deste sistema é a qualidade do

fornecimento de água nos pontos de utilização, a água não perde pressão como no chuveiro elétrico e não se tem problema com a temperatura desde que o equipamento esteja regulado.

A maneira de estimar o consumo operacional do boiler elétrico a rigor é o mesmo do chuveiro elétrico, mas como o aparelho não funciona ininterruptamente tem a variável estimada que é o tempo de funcionamento do mesmo por dia. A maioria das fontes pesquisadas (Cemig e Procel) estima um consumo médio equivalente ao boiler ligado durante 6h por dia, apenas uma pesquisa da Unicamp foi mais crítica e estimou o tempo em 2h por dia. Obviamente depende da demanda e do tamanho do Boiler, mas fazendo uma ponderação entre as fontes pesquisadas adotar-se-á o tempo médio de funcionamento do Boiler como 4,5h por dia. O cálculo por banho deve ser elaborado para cada situação, dessa forma, o custo por banho não será estimado neste capítulo, será apresentado no Capítulo 4 referente apenas ao projeto analisado.

2.2.3 Aquecedor Solar com reforço de Boiler Elétrico

Há grande diversidade de sistemas de aquecimento solar surgindo no mercado, os aquecedores solares podem ser classificados de três maneiras para facilitar o entendimento:

- a) Devido à circulação
 - a. Natural ou efeito termossifão: a diminuição da densidade da água devido a seu aquecimento provoca a movimentação entre placas e reservatório.
 - b. Forçada ou bombeada: bombas hidráulicas são utilizadas para provocar o movimento da água no sistema.

- b) Tipo auxiliar para aquecimento
 - a. Sem auxiliar: não há outro meio de aquecer a água, pouco utilizado, pois fica suscetível a variações sazonais.
 - b. Reforço elétrico: o reservatório de acumulação tem um termostato integrado, funciona como boiler elétrico quando as placas não aquecem adequadamente.
 - c. Reforço a gás: o reservatório é aquecido por gás em vez de ser por energia elétrica, opção pouco utilizada.

Além das classificações apresentadas acima, é muito comum a opção entre dois tipos de placas coletoras com base no propósito de uso. As placas coletoras do tipo aberto são eficazes

para elevar a temperatura da água em 30 a 40°C acima da temperatura ambiente, (Figura 5) já os sistemas de placas fechadas são ainda mais eficientes, mas são mais caros em compensação (Figura 6). Comumente se opta pelas placas abertas para o aquecimento de piscinas e pelas placas fechadas para o aquecimento residencial.



Figura 5: Placa tipo coletor aberto

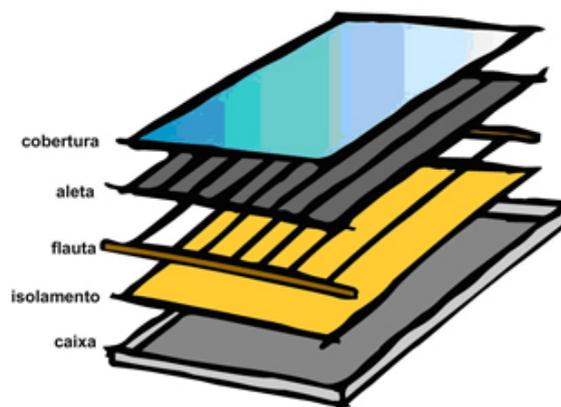


Figura 6: Placa tipo coletor fechado

O tipo de aquecimento solar mais difundido no Brasil atualmente é o sistema com coletores fechados, reservatório de acumulação térmico com reforço elétrico (Boiler) e circulação natural (termossifão). O aquecedor com placas abertas também é muito difundido em residências de luxo para o aquecimento de piscinas uma vez que atende a elevação de temperatura necessária mais economicamente.

O funcionamento do aquecedor mais utilizado é simples, a água é aquecida nos coletores fechados, em seguida retorna para o reservatório térmico pelo efeito termossifão e lá fica armazenada até a demanda para o consumo surgir (Figura 7). É claro que, com o passar do

tempo, a temperatura da água cai novamente, a parcela fria decanta por ter maior densidade e flui para os coletores dando início ao processo novamente. Além disso, em dias nublados os coletores, que tem capacidade para elevar a temperatura da água a mais de 70°C, podem não aquecer satisfatoriamente então entra a contribuição do reforço elétrico para não deixar o usuário sem água aquecida.

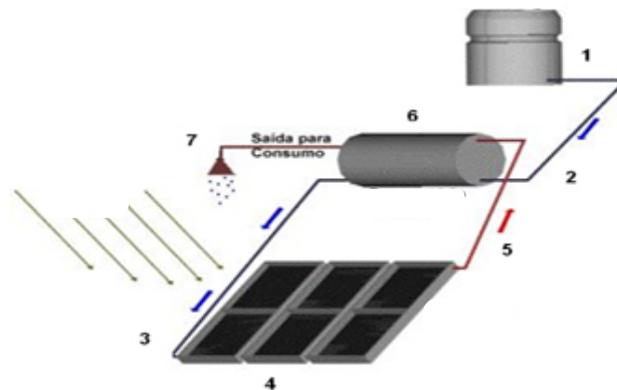


Figura 7: Funcionamento de um sistema solar

O sistema de aquecimento descrito é, sem dúvidas, o mais ambientalmente correto dentre os estudados uma vez que a maior fonte energética do sistema é renovável, o Sol. Indiscutivelmente é mais econômico que o boiler elétrico utilizado isoladamente, pois grande parte da energia elétrica que seria utilizada para manter a água aquecida é dispensada. Entretanto, o custo de implantação do sistema é mais elevado que o elétrico sem uso de energia solar e a análise de custo-benefício deve ser ponderada caso a caso. O custo de operação do sistema é estimado de maneira similar ao boiler elétrico, mas considera um tempo de funcionamento do termostato menor.

Baseado em uma linha de raciocínio de um estudo similar realizado pela Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica (ABINEE, 2007), assume-se que na metade mais quente do ano não é necessário o apoio elétrico, já nos meses mais frios “para um banho de 40 graus (ideal) é necessário o apoio elétrico no boiler de 3,5 kW por uma hora diária para aquecer 400l com acréscimo de 10 graus.”. Extrapolando-se aqui essa condição entendendo que para qualquer volume do reservatório será necessário o funcionamento do Boiler por 1h diária na metade mais fria do ano.

2.2.4 Aquecedor de Passagem a Gás (GLP)

O aquecedor de passagem a gás é muito comum em novos apartamentos onde os sistemas centralizados de aquecimento (em geral caldeira) vêm caindo em desuso e dando lugar aos sistemas individualizados (Figura 8). A grande diferença deste tipo de aquecimento é que de forma similar ao chuveiro elétrico, ele é ativado somente quando a demanda por água aquecida. Entretanto, este difere do chuveiro por dois motivos, o aquecedor de passagem a gás pode alimentar mais de um ponto de utilização e a fonte de energia é diferente. Esse grupo de aquecedores se divide apenas em dois tipos, que tem o mesmo princípio de funcionamento, um alimentado por gás liquefeito de petróleo (GLP) e outro alimentado por gás natural (GN). Como a regulagem é diferente, não é permitido mudar o tipo de gás.

O funcionamento deste sistema de aquecimento é acionado quando os pontos de água quente alimentados por ele são acionados. Ao abrir uma torneira quente, por exemplo, o usuário permite a circulação da água na tubulação e ao surgir um fluxo no aquecedor, o queimador, semelhante ao de um fogão, é acionado automaticamente. A água fria entra no aparelho, passa a redor deste queimador em uma espécie de serpentina e sai aquecida. Quando o fluxo é interrompido, o gás é desligado e a chama se apaga. Há certos cuidados com a instalação do aparelho, o mesmo deve atender a norma NBR 13.103/2011, deve sempre ser instalado em área que possua ventilação inferior de, no mínimo, 200 cm², superior de 600 cm² e deve ser ligado a uma chaminé que ajude a conduzir os gases para fora do ambiente. Esses cuidados de segurança são evidenciados nas Figuras 9 e 10.

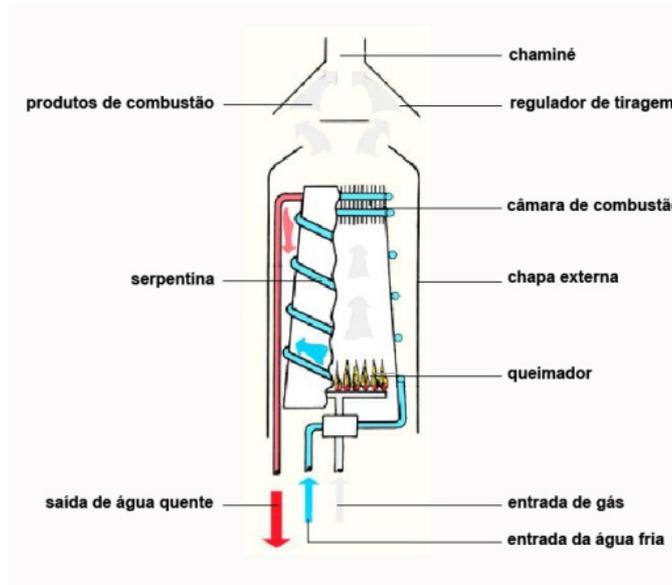


Figura 8: Esquema de funcionamento aquecedor a gás

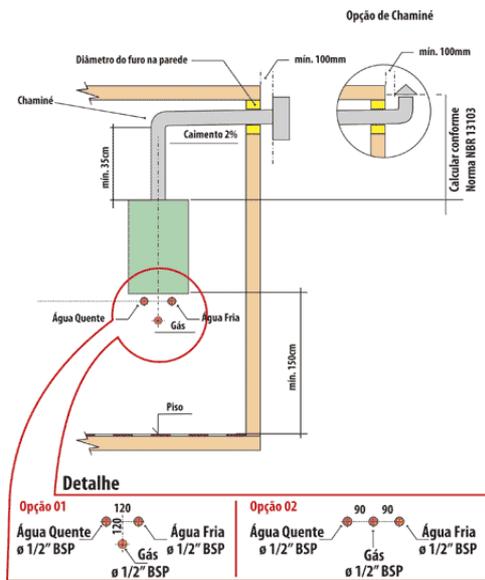


Figura 9: Esquema de instalação da chaminé

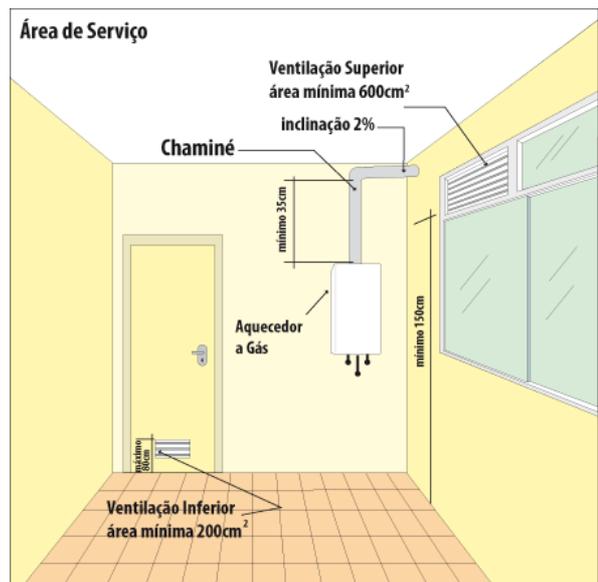


Figura 10: Sistema de ventilação obrigatório

A principal vantagem deste sistema de aquecimento é o consumo de energia apenas durante o momento de uso. Além disso, ele fica mais próximo dos pontos de utilização que os aquecedores de acumulação o que gera menos perda de energia térmica na condução do fluxo de água quente. Por outro lado, há uma limitação tanto na vazão quanto na quantidade de pontos que podem ser atendidos por ele, em geral encontra-se no mercado aquecedor de vazão

máxima igual a 30 l/s o que equivale a aproximadamente quatro duchas. Os aquecedores modernos são completamente automatizados e demandam energia para o microprocessador interno que aciona o queimador quando há fluxo, logo não há aquecimento em caso de queda de energia.

A estimativa do custo depende basicamente do consumo médio de gás do aparelho em funcionamento, que por sua vez está relacionada a vazão do aparelho escolhido. O valor adotado na pesquisa da ABINEE foi de 0,69 kg/h (GLP) para um aquecedor de vazão pequena 7 l/s. Neste trabalho trabalhar-se-á com a diretriz da fabricante Komeco que diz que o consumo mínimo é “o consumo mínimo geral, fica entre 40 a 50% do consumo máximo...”. Logo, como o consumo médio será adotado um valor próximo da mediana, 70% do valor máximo, que é descrito na ficha técnica do aquecedor escolhido.

2.3 Análise do índice FHR (*First Hour Ratio*)

Apesar da opção por um sistema de aquecimento de água ocorrer em praticamente todas as construções, o conhecimento acerca dos fatores a se considerar é difuso e por vezes divergente. Visando uma abordagem global do tema, recorre-se a literatura nacional e também internacional. O Departamento americano de energia em um boletim divulgado em 2001 recomenda a análise de alguns fatores ao se comprar um aquecedor de água:

- Disponibilidade da fonte energética
- Custo do equipamento, instalação e estimativa do gasto anual com energia.
- Capacidade do sistema, incluindo FH (*first hour rating*).
- Longevidade – estimativa da vida útil do equipamento.
- Segurança, incluindo prevenção de explosões a gás.

Dentre os fatores de análise recomendados, o mais diferenciado é o índice FHR. É interessante e mais preciso se avaliar a capacidade de aquecimento de um sistema pela real probabilidade deste ser capaz de suprir a demanda real de uma edificação. Por vezes, sistemas dimensionados supostamente de maneira adequada não são capazes de suprir a demanda porque apesar de terem as dimensões suficientes, não tem a capacidade de aquecer a água na velocidade da demanda. Assim, o fluxo de água quente sendo utilizada é tão maior que o

fluxo de água sendo aquecida que aquela acaba antes do fim da demanda imediata, deixando um usuário sem água quente momentaneamente.

Formalmente o índice FHR é descrito como a quantidade de água aquecida que o aquecedor pode fornecer por hora, iniciando com o reservatório cheio de água quente. Essa medida depende da capacidade de reserva, fonte de energia (queimador ou resistência) e tamanho da fonte de energia. Para escolher o tamanho adequado do aquecedor é essencial a análise do FHR e não da capacidade de reserva.

A necessidade do índice recomendado pelo estudo é estimada segundo a demanda imediata aproximada da edificação a ser analisada. A mesma fonte recomenda a estimativa da demanda de horas críticas por meio do uso da Tabela 3:

FIRST HOUR RATING/PEAK HOUR DEMANDS			
Hot water use	Avg. gal. hot water per usage	Times used in hour	Gal. used in hour
showering	15	x	=
bathing	20	x	=
shaving	2	x	=
washing hands & face	2	x	=
shampooing hair	4	x	=
hand dishwashing	2	x	=
automatic dishwashing	14	x	=
preparing food	5	x	=
clothes washing	32	x	=
PEAK HOUR DEMAND (total gal used in hour)			=
EXAMPLE			
A typical household's peak hour of hot water usage might entail:			
2 showers	15	x 2	= 30
2 shampoos	4	x 2	= 8
1 shaving	2	x 1	= 2
2 hand/face washing	2	x 2	= 4
1 food prep	5	x 1	= 5
PEAK HOUR DEMAND (total gal used in hour)			= 49
<i>Source: Gas Appliance Manufacturers Association</i>			
<i>*The above chart assumes no water conservation measures.</i>			

Tabela 2: First Hour Ratio (U.S. Dept. of Energy, 2001)

2.4 Estimativa do custo anual de alguns sistemas de aquecimento

A estimativa do custo anual de energia é essencial para a análise do custo do suprimento de energia demandado por cada um dos sistemas analisados. Além disso, também foi citado que uma das funções da pesquisa bibliográfica no contexto deste trabalho seria o levantamento de dados que permitisse uma estimativa prévia de qual sistema analisado iria se mostrar efetivamente como mais econômico a médio e longo prazo.

Tendo em vista a importância do levantamento dos custos, uma pesquisa também do Departamento de Energia dos Estados Unidos estimou o custo anual de quatro sistemas diferentes com base nos valores em dólar das taxas vigentes na região na época.

Storage Water Heater Type	Range			Notes
	Energy Factor (EF)	Annual Cost	First Hour Rating (FHR)	
Electric tank type (50 gallon)	0.86 to 0.95	\$410 to \$370	50 to 70 gallons	Lowest initial cost, highest lifetime costs
Natural gas tank type (40 gallon)	0.54 to 0.63	\$165 to \$140	60 to 85 gallons	Higher initial cost than tank-type electric units due to gas lines and venting; sealed combustion and power-vented units reduce backdrafting potential at costs of \$50 to \$100 and \$300 to \$600, respectively
Propane tank type (40 gallon)	0.54 to 0.63	\$305 to \$261	55 to 75 gallons	Similar installation issues as natural gas; additional fuel tank required
Electric heat pump (80 gallon)	2.10 to 2.50	\$170 to \$140	50 to 65 gallons	Highest initial cost; must be surrounded by at least 1,000 cubic feet of air space and installed in locations that remain between 40° and 90° F year round

Based on a family of four, electricity at \$0.08 per kWh, natural gas at \$0.60 per therm, and propane at \$1.00 per gallon (prices often vary seasonally).

Tabela 3: custo anual estimado (U.S. Dept. of energy, 2001)

Apesar da estimativa da Tabela 4 ter sido calculada com base em valores não vigentes na região escopo deste trabalho e em uma moeda diferente, pode-se estimar o custo no Brasil o comportamento dos custos no Brasil com base nela. Para essa análise, é necessário comparar as seguintes taxas de energia dos 2 países:

	Custo anual no Brasil	
Preço Energia Elétrica (kwh)	R\$ 0,44 (CEB)	US\$ 0.08
Preço Gás Natural (m ³)	R\$ 2,40 (Compagás)	US\$ 1.66
Proporção En. Ele/ G.N.	18%	5%

Tabela 4: Custo equivalente no Brasil

Essa análise serve para permitir uma estimativa dos custos anuais para a realidade brasileira dos sistemas que usam energia elétrica ou gás natural uma vez que propano não é utilizado por aqui. A estimativa pode ser realizada multiplicando o valor mensal das fontes que utilizam energia elétrica por 3,75, número que faria com que o custo da energia fosse US\$ 0,30/ kWh e conseqüentemente a proporção ficaria igual, logo a ordenação do resultado final seria também coerente para a realidade brasileira. Porém, como o reservatório que utiliza gás natural já é o mais econômico, a ordem ficaria:

- a. Reservatório de acumulação a Gás Natural
- b. Bomba elétrica (80 gal)
- c. Reservatório de acumulação elétrico (50 gal)

A ordenação dos sistemas de aquecimento acima pode ser comparada com a pesquisa do CIRRA. O estudo foi realizado com a instalação de seis pontos de banho nos vestiários da USP (chuveiro elétrico em 2 pontos, sistema solar em 1 ponto, aquecedor a gás em 1 ponto, sistema solar híbrido em 1 ponto, boiler elétrico em 1 ponto). Durante um ano todo o consumo de energia foi mensurado e um grupo de funcionários optava livremente entre os sistemas. Dessa forma chegou-se nos resultados apresentados nas Tabelas 5 e 6.

Custo por banho de 8 minutos (água, energia elétrica e gás)	
Sistema de Aquecimento de água	Custo por banho de 8 minutos (R\$)
Chuveiro Elétrico (média dos dois pontos)	0,22
Solar	0,35
Gás	0,58
Híbrido (solar + chuveiro elétrico)	0,22
Boiler	0,78

fonte: CIRRA

Tabela 5: Custo por banho (Cirra, 2009)

Custo mensal para uma família de quatro pessoas (cada pessoa toma um banho por dia)	
Sistema de Aquecimento de água	Custo mensal para família de 4 pessoas (R\$)
Chuveiro Elétrico (média dos dois pontos)	26,40
Solar	42,00
Gás	69,60
Híbrido (solar + chuveiro elétrico)	26,40
Boiler	93,60

fonte: CIRRA

Tabela 6: Custo mensal (Cirra, 2009)

Mais uma vez o aquecimento de acumulação elétrico (Boiler) foi o mais caro de todos, seguido do aquecimento a gás. As pesquisas tem a mesma linha de conclusão, mas como os demais sistemas não foram testados na pesquisa americana, não se pode comparar o resultado para o chuveiro elétrico e aquecimento solar.

2.5 Considerações relevantes para o estudo de caso

Apesar de os parâmetros a serem considerados e calculados no estudo de caso terem sido definidos, em um trabalho que envolve inúmeras variáveis como esse se faz relevante a consideração de outros fatores que devem ser analisados mesmo que não sejam mensurados. A fonte de energia ser ou não renovável é um ponto importantíssimo, por exemplo.

Pensar na qualidade do nível de serviço de uma região como um todo vai além de se preocupar com o suprimento constante de energia, há várias nuances envolvidas. O horário de pico é uma das maiores preocupações dos administradores de companhias de eletricidade, fazer com que seu ápice seja suavizado é motivo de várias iniciativas, inclusive a mudança para o horário de verão. Porém, o que ainda não é feito pelas companhias é dar um incentivo ainda maior que apenas a economia gerada individualmente ao se usar um sistema secundário.

BRAZIL (2006) abre os olhos para essa oportunidade e explica que a grande virtude do aquecimento de água por energia solar é a redução do consumo de energia nas residências no horário de pico, entre 19 e 21 horas, quando há grande aumento de demanda de energia, em decorrência do hábito das pessoas de tomarem banho com chuveiro elétrico. Assim sendo, se a empresa responsável pela distribuição de energia financiasse a instalação de painéis solares, ela estaria possivelmente cortando custos em outras áreas devido à sobrecarga do sistema no horário de máximo consumo, além de fomentar a sustentabilidade.

Além da oportunidade financeira em decorrência da adoção de sistema de aquecimento solar, há outros dados que podem ser considerados. “... cada 1 m² de coletor instalado permite os seguintes benefícios para o meio ambiente: evitar a inundação de 56 m² para geração de energia elétrica; economizar 66 litros de diesel por ano; economizar 55 kg de gás de cozinha por ano; evitar o uso de usinas termo elétricas e de energia nuclear; economizar 73 litros de gasolina por ano; eliminar a queima de 220 kg de lenha por ano; proporcionar a economia com gasto de energia elétrica”. (MARQUES *et al.*, 2014)

Mesmo analisando a oportunidade de maneira mais egocêntrica e a possibilidade de economia não sendo o argumento, há outros pontos. É válido considerar que a instalação de um sistema de aquecedor solar valoriza o imóvel, o que facilita a venda e constitui um diferencial competitivo relevante em tempos de acirramento do mercado imobiliário.

Assim como a reutilização de águas pluviais por meio do armazenamento do escoamento da cobertura em cisternas vem sendo rotineiramente discutida na área tanto da sustentabilidade quanto da otimização de instalações, há outras novas ideias e tecnologias que podem e devem ser aplicadas em alguns casos.

Um interessante sistema proposto pelo Departamento de Energia dos Estados Unidos pode ser descrito basicamente como o reaproveitamento da água que escoa pelo ralo do chuveiro (previamente aquecida e levemente resfriada pelo uso e contato com o ambiente) visando esquentar canos a jusante na rede hidráulica da residência. Ou seja, a água semi-aquecida que escoa do 2º andar pode passar por um tubo que “envolve” outro tubo como uma serpentina ao contrário a fim de auxiliar no aquecimento e na manutenção da água quente do outro encanamento. A ideia descrita pode ser mais bem compreendida como a Figura 11:

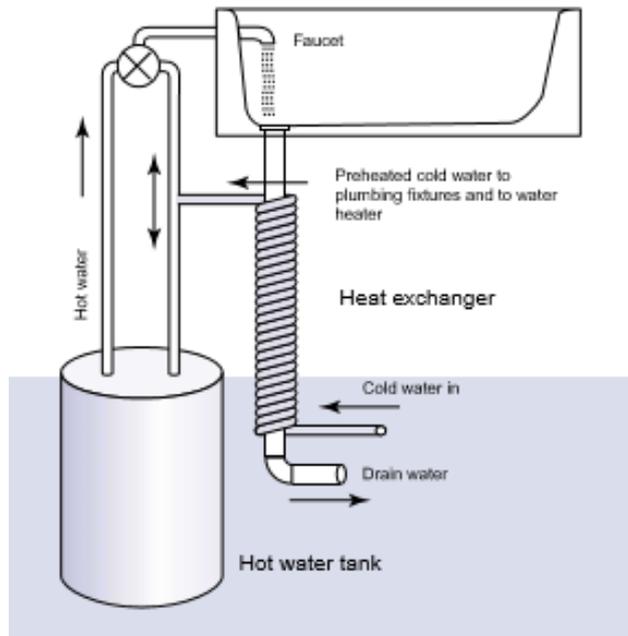


Figura 11: Reaproveitamento térmico de água residual (U.S. Dept. of energy, 2001)

CAPÍTULO 3 – METODOLOGIA E ELABORAÇÃO DO PROJETO

3.1. Diretrizes Gerais

Prosseguindo no foco deste estudo desenvolver o projeto para uma casa modelo com os sistemas de aquecimento selecionados a fim de possibilitar a estimativa do quantitativo de materiais para instalação e conseqüentemente, após um orçamento sucinto, foi possível estimar as diferenças do custo de instalação dos diferentes sistemas. Um exemplo do impacto desta etapa seria a comparação entre uma residência aquecida com boiler elétrico e uma apenas com chuveiros elétricos, projeto em que só se utilizaria tubulação de água fria e o próprio aparelho nos pontos de banho.

Após a revisão sobre os artigos, livros e pesquisas relacionados ao tema de interesse, conforme descrito na introdução, prosseguiu-se com o desenvolvimento de um projeto modelo. Assim, após a aplicação e a quantificação dos dados levantados para um caso específico chegou-se a uma conclusão técnica sobre o melhor sistema a ser adotado.

Foi definido nas hipóteses que o modelo e conseqüentemente o projeto de aplicação seria uma habitação residencial unifamiliar de até dois pavimentos, na região do DF e os sistemas a serem estudados seriam os que foram desenvolvidos ao longo do capítulo 2. O projeto de arquitetura que foi estudado trata-se de um projeto modelo (Figura 12), apenas para fins acadêmicos.

Com a arquitetura definida, o primeiro passo foi elaborar o projeto hidráulico para o primeiro sistema a ser analisado (chuveiro elétrico). A elaboração do projeto como um todo é necessária para estimar os custos com material, pois com esse tipo de aquecedor economiza-se o valor que seria gasto com a tubulação de água quente por toda a residência. Para concluir a análise do custo de instalação desse sistema é necessário o quantitativo de peças hidráulicas e de materiais, incluindo a previsão da potência do chuveiro elétrico e de aquecedores locais em lugares de interesse como a pia da cozinha. De posse do quantitativo basta orçar os materiais e então o custo de instalação estará definido.

O custo de operação por sua vez pode ser estimado a partir do dimensionamento feito durante a etapa de elaboração do projeto, no caso a potência dos aquecedores locais. Além do equipamento e de suas características, é necessário definir a população da casa e seus hábitos

de uso de água para então estimar a demanda por aquecimento. Juntando esses dados com a taxa divulgada pela concessionária de energia local estima-se o custo mensal.

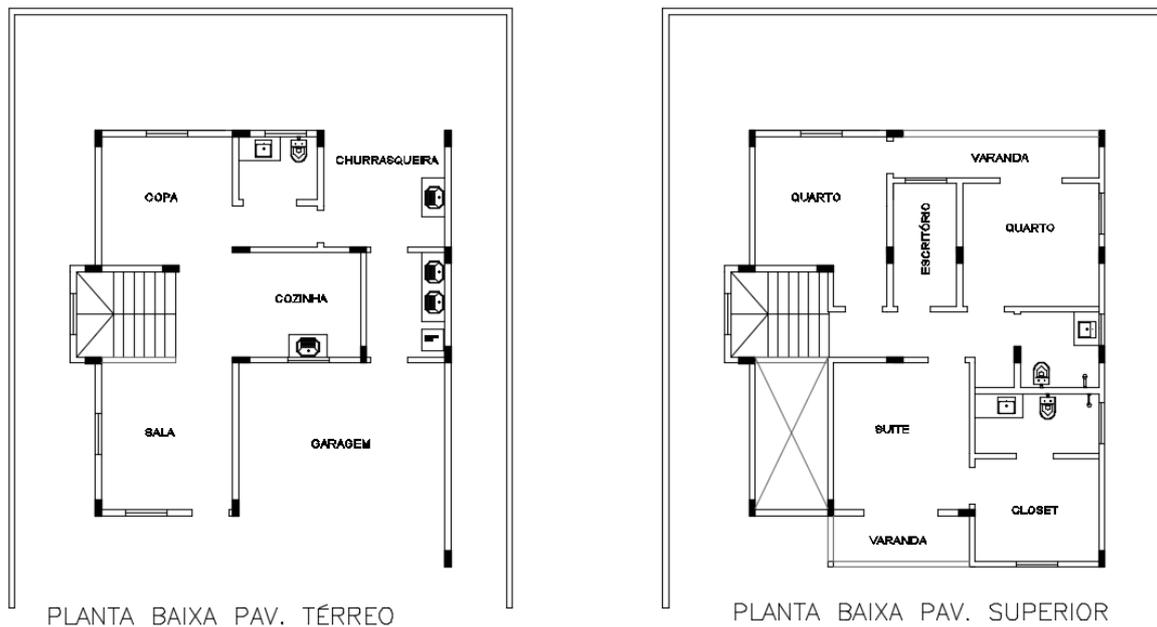


Figura 12: Projeto modelo

Além do custo de instalação e do custo de operação definiu-se na introdução que também seriam considerados os hábitos de uso que influenciam o banho e a proveniência das fontes energéticas utilizadas. A análise das fontes energéticas será subjetiva e ajudará na composição da análise final, mas não será quantificada. Os hábitos foram considerados para estimar o custo de operação, sobre isso vale destacar uma importante diferença entre os sistemas estudados, o tempo necessário para a água quente chegar ao usuário a partir do momento em que ele aciona o registro. Por exemplo, ao ligar o chuveiro elétrico a água quente é sentida em cerca de 10 s, já em um sistema com reservatório central de acumulação dependendo da disposição da tubulação pode demorar até 1 min. Essa diferença será considerada na estimativa do tempo do banho, que será maior para o reservatório de acumulação.

O mesmo procedimento foi adotado para a estimativa do custo de implantação, de operação, incluindo hábitos comportamentais, e para a análise das fontes energéticas dos demais sistemas. Tanto o sistema central com o Boiler elétrico quanto o sistema solar com reforço elétrico foram estimados com o mesmo quantitativo de encanamento e peças, por sua similaridade, mas os custos dos equipamentos foram diferenciados.

Cada sistema foi dimensionado de acordo com as diretrizes que lhe são aplicáveis. Os dados principais do desenvolvimento do projeto de cada sistema estão apresentados na sequência deste capítulo. Enquanto os resultados da análise total dos custos estão dispostos no capítulo 4 e os projetos são apresentados em anexo para eventual consulta.

3.2. Dados – Chuveiro Elétrico

O projeto hidráulico do sistema de chuveiro elétrico é o mais simples por necessitar apenas de tubulação de água quente e o dimensionamento do aquecimento ser feito ponto a ponto. A quantificação dos materiais foi gerada pelo software *Hydros* e o orçamento foi baseado em pesquisa de mercado considerando a média de dois preços encontrados em redes conhecidas na região do Distrito Federal. O programa utilizado é um sistema que atrela a representação gráfica dos itens hidráulicos a itens que serão utilizados na construção e consequentemente permite gerar com facilidade o quantitativo de materiais, fazer o dimensionamento correto, além de outras funções. O resultado da quantificação e do orçamento será apresentado no capítulo seguinte. Na Tabela 7 é apresentada o dimensionamento por ambiente molhado:

Área	Demanda	Dimensionamento
Banheiro 1º Pav – 1	1 Chuveiro	1 Ch. Elétrico 5500W
Banheiro 1º Pav – 2	1 Chuveiro	1 Ch. Elétrico 5500W
Lavabo	-	-
Cozinha	1 Pia	1 Aq. Ponto 5200W
Área de Serviço	-	-
Churrasqueira	-	-

Tabela 7: Dimensionamento do chuveiro elétrico

O aquecimento nos lavatórios dos banheiros no 1º andar, máquina de lavar louças e máquina de lavar roupas poderia ter sido adotado. Porém, o aquecedor pontual não costuma ser amplamente utilizado em todos os pontos uma vez que elevaria muito os custos de instalação, logo foi descartado tanto neste sistema quanto nos próximos para uma análise equânime.

3.3. Dados – Boiler Elétrico

O projeto hidráulico para este sistema foi elaborado, na medida do possível, de maneira a acompanhar o traçado do projeto de água fria realizado para o chuveiro elétrico. Como dito anteriormente, neste tipo de aquecimento seria comum levar água aquecida a todos os pontos da casa que eventualmente poderiam demandar água aquecida, mas como o objetivo é comparar os sistemas de maneira igualitária, os pontos de água quente foram limitados aos adotados no projeto do chuveiro elétrico.

O dimensionamento foi realizado com base na Tabela 8. Além de ter sido comparado com o índice de FHR para verificar a capacidade de fornecimento imediato de água.

Dados assumidos para cálculo:

- Total de pessoas na casa = 4
- Dimensionamento tabela 8: 45 L x 4 = 180L
- Dimensionamento FHR: 4 banhos (*showering+shampoing*) =
(15+4) x 4 = 76 gal = 287 L

Pela análise do índice FHR caso 4 pessoas tomassem um banho lavando o cabelo em menos de 1h, a capacidade de fornecer água quente iria passar um pouco do limite de sua capacidade. Logo, em vez de adotar-se o valor da Tabela 8, foi adotado o valor do índice FHR condizente. Porém, há boilers de 200 e de 400 L, apenas. Assim, o dimensionamento é realizado adotando um Boiler de 200 L.

Prédio	Consumo L/dia
Alojamento provisório de obra	24 por pessoa
Casa popular ou rural	36 por pessoa
Residência	45 por pessoa
Apartamento	60 por pessoa
Quartel	45 por pessoa
Escola, internato	45 por pessoa
Hotel, sem cozinha e lavanderia	36 por hóspede
Hospital	125 por leito
Restaurantes e similares	12 por refeição
Lavanderia	15 por kg de roupa seca

Tabela 8: Consumo de água quente

3.4. Dados – Aquecedor Solar com reforço elétrico

O dimensionamento do aquecimento solar demanda um conhecimento específico sobre as placas coletoras utilizadas e da capacidade de absorção de energia solar durante as variações sazonais. Entretanto, para o escopo deste trabalho, não foi necessário se aprofundar

neste tema para dimensionar o sistema com aquecedor solar. Há diversas empresas que fornecem um dimensionamento com base no número de moradores e na definição dos pontos de uso de água quente. Assim, duas fontes foram consultadas para realizar o dimensionamento e o resultado foi o seguinte:

a) Dimensionamento Heliotek:

- i. 1 Reservatório de 400L
- ii. 3 coletores (placas) MC 15 (4,5m²)

Fonte: <http://www.heliotek.com.br/Dimensione/default.aspx>

b) Dimensionamento UniSol Aquecedores:

- i. 1 Reservatório de 300L
- ii. 4,5 m² de coletor solar tradicional

Fonte: <http://www.unisolaquecedores.com.br/dimensione.php>

Após verificar que não se encontra facilmente reservatórios de 300 L, optou-se por utilizar o dimensionamento da Heliotek.

3.5. Dados – Aquecedor de passagem a gás GLP

O aquecedor de passagem a gás que inicialmente seria avaliado da mesma maneira foi repensado. Para uma residência como a que está sendo exemplificada não faz sentido utilizar esse tipo de aquecedor em conjunto com um sistema de distribuição indireto, ou seja, com caixa d'água. Isso porque o lugar seguro para alocar o aquecedor e sua fonte de gás seria no andar inferior da casa, na área de serviço ou na churrasqueira, mas isso obrigaria toda a demanda de água quente do 1º andar a descer por uma tubulação de água fria para então subir novamente, causando desperdício de material e de pressão.

Uma possibilidade seria alocá-lo no banheiro superior, mas não se considera uma opção segura. Logo, esse sistema será analisado também com o custo de encanamento do Boiler elétrico para fins de comparação, como se ele tivesse sido instalado na cobertura. Assim, o custo de implantação será estimado, mas o custo de operação poderá ser analisado de maneira coerente.

Área	Demanda Ag. Quente
Banheiro 1º Pav – 1	1 Chuveiro = 6L/s
Banheiro 1º Pav – 2	1 Chuveiro = 6L/s
Lavabo	-
Cozinha	1 Pia = 3L/s
Área de Serviço	-
Churrasqueira	-
TOTAL	15 L/s

Tabela 9: Dimensionamento aquecimento a gás

Dimensionamento: um aquecedor que forneça água quente a uma taxa de 15 L/s é satisfatório para atender a demanda simultânea de todos os pontos.

3.6. Processo de análise

Conforme previsto na introdução, o escopo deste projeto vai além de definir o sistema de aquecimento mais econômico para o projeto estudado aqui em específico, busca-se definir um procedimento padrão para análise de projetos de outros portes e até mesmo de outros tipos. Assim sendo, o processo de raciocínio lógico utilizado ao longo deste trabalho foi explicitado através do mapeamento do processo utilizando o *software* Bizagi. Este programa é muito utilizado para o mapeamento de processos, mas é uma excelente ferramenta para criação de fluxogramas e descrição de etapas. O procedimento utilizado ao longo do trabalho pode ser observado abaixo na Figura 13:

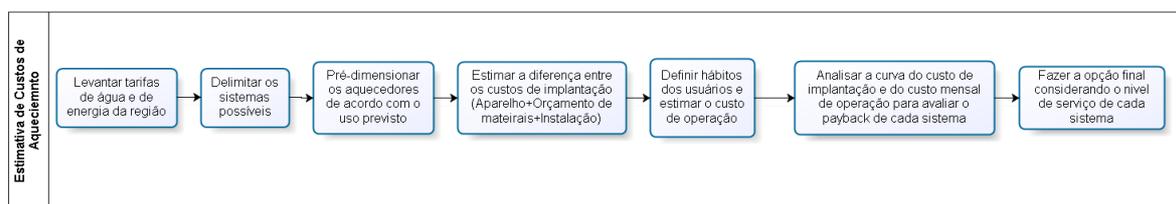


Figura 13: Processo de escolha do sistema de aquecimento

A primeira etapa consiste na análise da conjuntura de taxas locais da habitação. Uma vez que a proporção entre a taxa de energia e de água é intimamente relacionada com o

sistema de aquecimento a ser escolhido já é um ponto relevante para a decisão final. Na sequência delimita-se os possíveis sistemas com base na disponibilidade de fontes energéticas e também na estrutura da edificação a ser aquecida.

Após a definição dos possíveis sistemas e da taxa relacionada, prossegue-se com o pré-dimensionamento dos aquecedores viáveis e analisa-se então o custo operacional de cada um. Assim como apresentado ao longo deste trabalho, é importantíssimo a consideração dos hábitos da família analisada, principalmente o tempo médio de banho. Com os custos definidos o resultado final é obtido a partir da comparação do tempo de retorno do investimento entre os diferentes sistemas analisados. Dessa forma, conclui-se o processo de decisão recomendado e chega-se ao veredicto final.

CAPÍTULO 4 – APRESENTAÇÃO E ANÁLISES DOS RESULTADOS

Este capítulo serão apresentados os resultados obtidos para a análise de cada uma das situações com base nos conceitos e dados levantados. Para o cálculo de cada um dos consumos foi utilizado um simulador elaborado em planilha no software Microsoft Excel. Alguns pontos foram comuns a todas as análises:

- a. Banhos de 15 min, exceto para o chuveiro elétrico onde se descontou 1 min e para o aquecedor de passagem a gás em que foi descontado 0,5min de banho, pois o tempo de espera que acontece nos sistemas com aquecedores centrais para a água fria sair da tubulação não ocorre.
- b. Considerou-se uma casa para 4 pessoas, assim como no dimensionamento dos sistemas de aquecimento.
- c. Assumiu-se que cada pessoa toma em média 1,5 banho por dia.
- d. As taxas de água, energia elétrica e gás foram estimadas para a região do Distrito Federal.

4.1. Chuveiro Elétrico

A partir das diretrizes definidas acima, o resultado obtido para a análise do chuveiro elétrico com sistema de aquecimento é apresentada na Tabela 10. Os custos de material de instalação são referentes apenas a tubulação de água fria, da casa inteira.

O custo médio por banho obtido é bem superior ao da pesquisa do CIRRA (tabela 5) apresentada anteriormente. Porém como deve-se levar em conta as diversas variáveis definidas em cada um dos estudos, não é o valor em si que deve ser coerente, espera-se que ele seja da mesma ordem de grandeza e que a ordem de economia dos sistemas de aquecimento seja, no mínimo, similar.

Segue-se com a análise da fonte de energia utilizada que foi definida para o escopo deste trabalho na introdução. A energia elétrica pode ser obtida de uma fonte limpa e até mesmo renovável ou de uma fonte extremamente poluidora. No caso do Brasil, a matriz energética é basicamente composta por hidrelétricas e, salvo em períodos de escassez de chuvas, o fornecimento é farto. Logo, não há muito contraponto sobre o sistema utilizado ser prejudicial ao meio ambiente.

Custos Operacionais:	
Tipo de Aquecedor:	Ch. Elétrico
Quantidade de Pessoas na casa:	4
Tempo médio de banho:*	14
Dimensionamento	
Chuveiro 5500W	6 banhos/dia
Consumo Estimado Em.	7,7 kWh/dia
Taxa de energia:	0,44 R\$/kwh
Vazão média:	4,5 L/min
Taxa de água	6,28 R\$/m ³
Consumo Estimado água:	11,34 m ³
Gasto total de água (R\$):	71,22
Gasto total de energia (R\$):	100,89
Gasto mensal total:	172,11
Gasto médio por banho (R\$):	0,96
Custos de Instalação:	
Materiais:	2972,96
Chuveiros + cardal	591,70
Total	3564,66

Tabela 10: Custo Chuveiro Elétrico

4.2. Boiler Elétrico

O sistema de aquecimento composto por Boiler elétrico foi analisado considerando os custos dos materiais de água fria e também o acréscimo do encanamento de água quente para levar água aos chuveiros e à pia da cozinha (Tabela 11). Apesar do gasto de energia da pia da cozinha não ser analisado explicitamente neste trabalho, seu custo de instalação foi considerado, porque entende-se que uma das principais vantagens do aquecedor central elétrico é a facilidade de fornecimento de água quente em vários pontos da casa. Contrapõe-se a isso o uso dos aquecedores pontuais de água que ficam restritos aos chuveiros elétricos, prejudicando assim a comodidade de água quente em mais pontos. Logo, o custo de instalação apenas de um aquecedor pontual na cozinha foi considerado para que a análise fique mais justa.

Custos Operacionais:	
Tipo de Aquecedor:	Elétrico
Quantidade de Pessoas na casa:	4
Tempo médio de banho:	15
Dimensionamento:	
Boiler 200L (3000W)	4,5 h/dia
Consumo Estimado Em.	13,5 kWh/dia
Taxa de energia:	0,44 R\$/kwh
Vazão média:	10 L/min
Taxa de água	6,28 R\$/m ³
Consumo Estimado água:	27,00 m ³
Gasto total de água (R\$):	169,56
Gasto total de energia (R\$):	176,89
Gasto mensal total:	346,45
Gasto médio por banho (R\$):	1,92
Custos de Instalação:	
Materiais:	4244,96
Aquecedores (Boiler)	3309,90
Mão-de-obra aquecedores	600,00
Total	8154,86

Tabela 11: Custos Boiler Elétrico

Como era de se esperar após o levantamento da bibliografia sobre o tema, o boiler elétrico consome muito mais energia por banho do que o chuveiro elétrico. Um ponto a se destacar é a vazão de água média considerada, uma vantagem de conforto das duchas é que elas fornecem um banho mais prazeroso devido a força da água, porém por outro lado, essa maior vazão implica num elevado consumo de água que afeta diretamente no custo do banho. Além disso, o período necessário para que a água fria saia da tubulação é completamente um desperdício de água. Sobre a fonte de energia utilizada, a análise é a mesma da feita para o chuveiro elétrico, porém há um gasto muito maior de energia com o boiler pelo seu funcionamento ininterrupto.

4.3. Aquecedor Solar com reforço elétrico

O aquecedor solar com reforço elétrico usa o mesmo custo de materiais do Boiler elétrico, além de um custo estimado para a instalação do mesmo ser um pouco mais elevado e do custo das placas solares. O resultado da análise deste tipo de aquecimento na Tabela 13.

Custos Operacionais:		
Tipo de Aquecedor:	Solar	
Quantidade de Pessoas na casa:	4	
Tempo médio de banho:	15	
Dimensionamento:		
Placas Solares M15 (4,5m ²)	-	*Sem Custos
Boiler 400L (3000W)	1 h/dia	
Consumo Estimado Em.	3	kWh/dia
Taxa de energia:	0,44	R\$/kwh
Vazão média:	10	L/min
Taxa de água	6,28	R\$/m ³
Consumo Estimado água:	27,00	m ³
Gasto total de água (R\$):	169,56	
Gasto total de energia (R\$):	39,31	
Gasto mensal total (R\$):	208,87	
Gasto médio por banho (R\$):	1,16	
Custos de Instalação:		
Materiais:	4244,96	
Aquecedores (Boiler+placas)	6039,90	
Mão-de-obra aquecedores	1140,00	
Total	11424,86	

Tabela 12: Custos Aquecimento Solar

Diferentemente dos outros sistemas apresentados, ter o sol como a fonte de energia principal é a mais ecologicamente correta possível. O sol por ser uma fonte inesgotável e limpa é sem dúvida um diferencial. Um ponto que corrobora para seu uso é que por ser uma fonte alternativa, ou seja, não ter que ser redistribuída pela rede de energia, acaba por suavizar o pico de consumo nas horas mais críticas do dia contribuindo não apenas para a economia doméstica, mas também para a economia das redes distribuidoras que poderiam ser dimensionadas mais suavemente e teriam menos custos de manutenção caso a energia solar

fosse mais difundida. Esse ponto é uma ótima defesa para que criem leis e incentivos fiscais para o uso de energia solar para aquecimento de água.

4.4. Aquecedor de passagem a gás GLP

Conforme descrito no capítulo 3, ao se analisar mais profundamente a viabilidade da implementação de um sistema a gás na residência em estudo observou-se que não era coerente para conciliar segurança e custo-benefício. Porém, o custo de materiais foi considerado como igual ao do Boiler elétrico, pois seria similar, de fato. Para fins de análise do custo de energia e de gasto de água não fazia diferença o posicionamento do equipamento na residência, logo se prosseguiu com a análise para fins comparativos. O sistema foi dimensionado com base na demanda mútua de 2 chuveiros ligados. Além disso, o tempo de banho médio de 15 min foi reduzido para 14,5 por se entender que neste sistema a água fria não demora tanto para sair da tubulação quanto no sistema com boiler uma vez que o aquecedor de passagem costuma ser posicionado mais próximo aos pontos de uso do que o aquecedor de acumulação. A análise para esse sistema é apresentada na Tabela 13.

Tendo em vista a análise da fonte energética, o gás liquefeito de petróleo, também conhecido como gás de cozinha, é um combustível fóssil, subproduto da gasolina e do diesel. Assim sendo, essa fonte energética pode ser considerada bem mais “suja” do que a energia elétrica em países como o Brasil, que tem a sua matriz pautada em fontes limpas e não em termoelétricas, por exemplo.

4.5 Tabela comparativa do custo mensal

Após a análise individual de cada um dos sistemas, é possível compará-los de forma a validar os estudos referenciados nos capítulos anteriores e de se comprovar o que de fato seria mais econômico para a residência em estudo. Primeiramente, analisando o custo médio por banho observa-se que o chuveiro elétrico é, como se esperava, o mais econômico dentre os sistemas analisados, dados apresentados na Tabela 14.

Custos Operacionais:	
Tipo de Aquecedor:	Gás (GLP)
Quantidade de Pessoas na casa:	4
Tempo médio de banho:**	14,5
Dimensionamento	
Aq. Passagem 15l/s	6 banhos por dia
Consumo Estimado Em.	1,281 Kg/h
Taxa de energia:	4,35 R\$/kg
Vazão média:	9 L/min
Taxa de água	6,28 R\$/m ³
Consumo Estimado água:	23,49 m ³
Gasto total de água (R\$):	147,52
Gasto total de energia (R\$):	167,35
Gasto mensal total:	314,87
Gasto médio por banho (R\$):	1,75
Custos de Instalação:	
Materiais:	4244,96
Aquecedores (Gás)	1364,90
Total	5609,86

Tabela 13: Custos Aquecedor a Gás

Com um olhar crítico, observa-se que dentro desta análise é considerada a diferença de vazão do chuveiro elétrico para as duchas. Essa diferença de vazão acarreta em um maior consumo de água e maior custo para o usuário. Entretanto, essa diferença é o preço pago por um banho maior intensidade de água, que em geral é preferido pelas pessoas. Visando desvincular este aspecto, o custo médio por banho é agora estimado sem considerar o gasto de água (Tabela 15):

Custo médio por banho	
Ch. Elétrico	0,96
Aq. Solar + Boiler	1,16
Aq. Passagem Gás (GLP)	1,75
Boiler Elétrico	1,92

Tabela 14: Custo médio por banho

Custo médio por banho (energia apenas)	
Ch. Elétrico	0,56
Aq. Solar + Boiler	0,22
Aq. Passagem Gás (GLP)	0,93
Boiler Elétrico	0,98

Tabela 15: Custo médio por banho (energia)

Da análise anterior percebe-se que a vazão diferenciada realmente interfere no julgamento, desta vez o sistema de aquecimento solar foi o mais barato por banho. Essa segunda análise deixa o usuário inclinado a aceitar pagar um pouco mais na sua conta de água para ter um banho mais confortável, mesmo que ele reduza um pouco a duração.

Considerando agora o tipo de usuário que faz questão de um aquecedor central que sirva vários pontos da residência, típico de residências de renda média mais elevada, se faz uma breve comparação entre os sistemas centrais de aquecimento aqui analisados. Partindo do pressuposto que um dos dois (Solar ou Boiler elétrico) deve ser o escolhido e que o Sistema solar tem um custo de instalação razoavelmente mais alto analisa-se em quanto tempo o investimento traria economia. Assim sendo, se pode afirmar que em 2 anos, o investimento feito no sistema solar começa a compensar. Desta análise desconsidera-se completamente o efeito na valorização da residência que esse investimento acarretaria.

Comparativo Aq. Solar	
Dif. p/ Boiler (instalação) (R\$)	3270,00
Economia mensal estimada (R\$):	137,58
Tempo para retorno do invest. (meses)	24

Tabela 16: Comparativo Boiler - Aq. Solar

Para resumir a comparação entre todos os sistemas analisados, sem citar apenas o custo médio por banho, analisa-se a Tabela 17 com apresentação dos custos.

Aquecedor	Custo Tubulação	Custo Aparelho	Custo Operação 1 mês	Custo total 1 ano	Custo total 2 anos
Ch. Elétrico	2.972,96	591,70	172,11	5.629,98	7.695,30
Boiler	4.244,96	3909,90	346,45	12.312,26	16.469,66
Solar	4.244,96	7.179,00	208,87	13.930,40	16.436,84
Gás (GLP)	4.244,96	1.364,90	314,87	9.388,30	13.166,74

Tabela 17: Apresentação dos Custos Finais

*Todos os valores em reais (R\$)

CAPÍTULO 5 – CONCLUSÃO

Com este trabalho foi possível levantar dados de diversas fontes sobre a economia e o desempenho de diferentes sistemas de aquecimento e por fim chegar a conclusão de quais principais vantagens de cada um deles. Delimitando os sistemas aos mais usuais na região: chuveiro elétrico, boiler elétrico, aquecedor de passagem a gás e aquecedor solar com reforço elétrico, é possível afirmar que um fato amplamente difundido pelos leigos não é verdadeiro. Como foi levantado desde o princípio, o chuveiro elétrico, que muitas vezes é tido como o vilão da energia, é o mais econômico dentre os sistemas avaliados se considerado que a sua taxa de vazão é menor do que a dos demais. O que ocorre é que a energia necessária para aquecer a água que será utilizada para consumo nas residências tem uma importantíssima contribuição para o gasto total de energia e o chuveiro elétrico é o sistema mais utilizado, como se pode comprovar na tabela 1.

Avaliando uma série de fatores relacionados ao chuveiro elétrico: a proveniência da fonte energética, a utilidade para suavizar o sistema de distribuição de energia, o conforto proporcionado por uma maior vazão e a facilidade para ter maior número de pontos com disponibilidade de água quente, dentro do escopo dos projetos analisados e similares, o sistema solar com reforço elétrico é, com certeza, o mais indicado. O custo por banho é maior no sistema central, como o sistema solar, que no sistema com aquecedor local, como o chuveiro elétrico (21% superior). Entretanto, essa diferença acontece porque a vazão média de uma ducha é cerca de 50% maior que a de um chuveiro elétrico, o que acaba gerando um aumento no consumo de água. Se apenas a energia consumida for levada em conta o custo do sistema solar é bem menor, menos de 40% do valor gasto com o chuveiro elétrico.

Os valores encontrados dizem respeito à região escopo do trabalho, Distrito Federal, e podem variar de acordo com a relação entre o preço da energia elétrica e o preço da água. Porém, dificilmente irá se inverter e considerando o fato de que o uso de uma fonte alternativa e sustentável, como a solar, gera uma suavidade ao abastecimento urbano e deveria ter incentivos fiscais, além de ser mais condizente com os padrões sustentáveis predominantes atualmente.

Levando em consideração os outros sistemas analisados, boiler elétrico e aquecedor de passagem a gás, observou-se que eles apresentam um desempenho inferior aos outros dois em termos de custo. Entretanto, podem ser uma boa opção para situações onde não é possível a

instalação de um sistema solar e se requer uma vazão mais confortável de água. Pontua-se aqui que o aquecedor a gás tem que contar com toda a infraestrutura de segurança prevista em norma e que o boiler elétrico é extremamente caro sem o uso do timer para desliga-lo em momentos de menor utilização.

Além de permitir a identificação clara dos melhores sistemas, este trabalho definiu um método claro e objetivo de se analisar um tipo de projeto específico visando concluir qual o sistema de aquecimento mais indicado. O processo pode ser explicitamente visualizado na figura 13 e eventualmente a planilha utilizada para a comparação entre os sistemas pode ser trabalhada de forma a se tornar um software que permita que com poucos inputs se obtenha o sistema mais indicado para dada situação.

Apesar de o trabalho ter alcançado seus objetivos definidos ainda há espaço para uma continuação e pesquisas futuras relacionadas ao tema. Primeiramente seria interessante validar as considerações feitas sobre o desempenho, o tempo médio de banho, a vazão e o tempo de utilização de cada um dos sistemas na prática e não ficar refém da literatura. É uma sugestão que demandaria tempo, mas seria muito benéfica para o cálculo mais exato do impacto financeiro.

Outro ponto que seria interessante para pesquisas futuras é a extrapolação do resultado não apenas para residências, mas sim para edifícios residenciais onde o impacto de uma decisão incorreta afeta ainda mais a saúde financeira do investimento. Por fim, sugere-se também o desenvolvimento do simulador utilizado para que a partir de poucos dados inseridos já fosse possível obter uma resposta sobre o sistema mais interessante.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABINEE. Associação Brasileira de Indústria Elétrica e Eletrônica. Disponível em: <<http://www.abinee.org.br/>>. Acesso em: 05/02/2016

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15575/2013. Edificações habitacionais – Desempenho. Rio de Janeiro. 2013

BOHN. R. Apostila Instalação Predial de Água quente. Disponível em <<http://www.labeee.ufsc.br/~luis/ecv5644/apostilas/aq.pdf>>. Acesso: 05/02/2016

CBIC. Câmara Brasileira da Indústria da Construção. Desempenho de Edificações Habitacionais – Guia Orientativo para atendimento à norma ABNT NBR 15575/2013. Brasília. 2013.

CREDER, H. Instalações hidráulicas e sanitárias. Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora, 6ª Edição. 423p. il.. 2006.

FERREIRA, I. Eficiência de sistemas de aquecimento. Tecnologia. USP Online. 2015. Disponível em, <http://www.usp.br/agen/>>. Acessado em: 05/02/2016

KRIGGER. J.; Dorsi, C. Residential Energy: Cost Savings and Comfort for Existing Buildings. Saturn Resource Management. 2004

MARQUES, 2014. Aquecimento de água por meio da captação de energia solar. Disponível em < <https://periodicos.set.edu.br/>>. Acesso: 05/02/2016.

ROCKY MOUNTAIN Rocky Mountain Institute. Brief nº 5 Water Heating. 2004

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

Bandeiras tarifárias. Disponível em <<http://www.aneel.gov.br>>. Acesso: 05/02/2016

CAESB. “Tarifas e Preços”. Disponível em: <https://www.caesb.df.gov.br>. Acesso em 05/02/2016.

Catálogo de produtos. Disponível em <<http://www.lorenzetti.com.br/pt/Produtos.aspx>>. Acesso: 05/02/2016)

“Chuveiro ou ducha? Acerte na escolha e desfrute um banho delicioso”. Revista Casa. 13/09/2012. Disponível em: <<http://casa.abril.com.br>>. Acesso em: 05/02/2016.

GEROLA. G. Entre conforto e custos. Revista aU. Outubro 2005. Disponível em <<http://au.pini.com.br/arquitetura-urbanismo/>> Acesso em: 05/02/2016.

HALLIDAY D. RESNICK R. e MERRIL J. Fundamentos de Física, vol. 2. 7ªed. LTC. 2006. PUC Minas. Grupo de Estudos de energia. Disponível em: <http://www.pucminas.br/green/>. Acesso: 05/02/2016

ROCHA. A. P. Pesquisa conclui que banho com chuveiro híbrido solar é o mais barato. Revista Pini. 21/10/2010. Disponível em <http://www.piniweb.com.br/construcao/tecnologia-materiais/>. Acesso em: 05/02/2016.

ANEXOS

Anexo A1 – Quantitativo de materiais e orçamento de implantação

Orçamento			
Material	Quantidade	Preço Un.	Preço Total
Torneira do Tanque de Lavar (25mm)	2	40,00	80,00
Vaso Sanitário c/ cx acoplada	3	404,80	1214,40
Torneira lavatório	1	38,90	38,90
Registro de Gaveta 1.1/2"	1	99,90	99,90
Registro de Gaveta 2"	1	99,90	99,90
Registro de Gaveta 3/4"	3	37,90	113,70
Registro de pressão c/ canopla 3/4"	2	50,90	101,80
Adap. Sold curto c/ bolsa p/ registro 25mm	8	43,90	351,20
Adap. Sold curto c/ bolsa p/ registro 50mm	4	100,00	400,00
Bucha de redução 50-25mm	2	2,69	5,38
Cruzeta soldável 50mm	1	36,90	36,90
Joelho 90° soldavel 20mm	1	0,68	0,68
Joelho 90° soldavel 25mm	33	0,79	26,07
Joelho 90° soldavel 50mm	4	3,19	12,76
Luva soldavel 25mm	5	0,92	4,60
Luva soldavel 50mm	1	1,50	1,50
Tubos 20mm	0,13	-	12,59
Tubos 25mm	45,22	-	133,25
Tubos 50mm	10,8	-	113,70
Te 90° soldável 25mm	13	7,09	92,17
Te 90° soldável 50mm	4	8,39	33,56
			2972,96
Adicional projeto de A.Q.			
R.G. CPVC 28mm	1	60,90	60,90
Misturador Pia Cozinha	1	249,90	249,90
Registro de gaveta 28mm	2	53,90	107,80
Misturador Ducha	2	286,90	573,80
Ducha banheiro**	2	85,90	171,80
Registro de pressão CPVC	2	53,90	107,80
			1272,00
Total A.Q + A.F.			4244,96

Tabela A1: Orçamento materiais básicos