

COMPARATIVE STUDY OF RESIDENTIAL WATER HEATING SYSTEMS.

ESTUDO COMPARATIVO DE SISTEMAS RESIDÊNCIAIS DE AQUECIMENTO DE ÁGUA
ESTUDIO COMPARATIVO DE SISTEMAS DE CALENTAMIENTO DE AGUA RESIDENCIAL .

George Matheus Silva Alves¹
Brenda Emanuele Cardoso Barroso²
Eduardo Henrique Costa Barbosa³
Leonardo Dirmo Morais Azevedo⁴
Marcos Gomes da Silva Rocha⁵
Juliana Marise da Silva Matias de Lira⁶

DESCRIPTORS
Electri Shower

DESCRITORES
Solar Heater

DESCRIPTORES
Domestic Heaters

ABSTRACT:

This work is based on the comparison between three domestic water heater systems, taking into account mainly economic performance, when analyzing implementation and operation costs. However, it's also seen as a comparison of subjective issues, such as user comfort and the source of energy sources and their conformation to sustainability. The objective of this work is to show the consumer what are the best options at beneficial cost, allowing a backed choice. The research is described as qualitative and quantitative, because it has the purpose of collecting, analyzing and interpreting data, using descriptive statistics through excel software, for generating graphs and tables for future application of results. Three cases were analyzed for each of the heating methods chosen for this scientific work (popular residence, medium standard residence and chitinetes). It is noteworthy that for the residential building contains the number of 8 kitchens. As an acquired result, it's observed the study of the different energy sources, as well as the types of domestic heaters: electric shower, electric boiler and the solar heater with the use of electric boiler. In view of the problem raised at the beginning of this work, bringing the parameters related to the economy and which system has the highest economic return by weighing the costs of installation and operation over time.

RESUMO:

O Presente O trabalho fundamenta-se na comparação entre três sistemas de aquecedores de água domésticos, levando principalmente em consideração o desempenho econômico, ao analisar-se os custos de implementação e operação. No entanto, também é visto como uma comparação de questões subjetivas, como o conforto do usuário e a fonte de fontes energéticas e sua conformação com a sustentabilidade. O objetivo é mostrar ao consumidor quais são as melhores opções em custo benéfico, permitindo uma escolha respaldada. A pesquisa descreve-se como qualitativa e quantitativa, pois tem a finalidade de levantar, analisar e interpretar dados, utilizou de estatísticas descritivas por meio do software Excel, para geração de gráficos e tabelas para futura aplicação dos resultados. Analisou-se 3 casos para cada um dos métodos de aquecimento escolhidos para este trabalho científico (residência popular, residência de médio padrão e quitinetes). Ressalta-se que para o edifício residencial contém o número de 8 quitinetes. Como resultado do adquirido, constata-se a realização do estudo das diferentes fontes de energia, bem como os tipos de aquecedores domésticos: chuveiro elétrico, boiler elétrico e o aquecedor solar com uso de boiler elétrico. Tendo em vista a problemática levantada no início do trabalho, trazendo os parâmetros referente a economia e qual o sistema tem o maior retorno econômico ponderando os custos de instalação e operação ao longo do tempo.

RESUMEN:

El trabajo se basa en la comparación entre tres sistemas de calentadores de agua domésticos, teniendo en cuenta principalmente el rendimiento económico, al analizar los costos de implementación y operación. Sin embargo, también se ve como una comparación de cuestiones subjetivas como la comodidad del usuario y la fuente de las fuentes de energía y su cumplimiento con la sostenibilidad. El objetivo es mostrar al consumidor cuáles son las mejores opciones rentables, permitiendo una elección sustentada. La investigación se describe como cualitativa y cuantitativa, ya que tiene como objetivo recopilar, analizar e interpretar datos, utilizando estadísticas descriptivas a través del software Excel para generar gráficos y tablas para la aplicación futura de los resultados. Se analizaron tres casos para cada uno de los métodos de calefacción elegidos para este trabajo científico (residencias populares, residencias de nivel medio y cocinas). Cabe señalar que para el edificio residencial hay 8 cocinas. Como resultado de lo adquirido se realizó el estudio de las diferentes fuentes de energía, así como los tipos de calentadores domésticos: ducha eléctrica, termo eléctrico y calentador solar con uso de termo eléctrico. Ante el problema planteado al inicio del trabajo, traer los parámetros relacionados con la economía y que sistema tiene mayor retorno económico, ponderando los costos de instalación y operación en el tiempo.

¹Graduado em Engenharia Civil pelo Centro Universitário de Ciências e Tecnologia do Maranhão-UniFacema.

²Discente do Curso Bacharelado em Engenharia Elétrica pelo UniFacema. Caxias, Maranhão - Brasil

³Mestre em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Piauí - UFPI - UniFacema. Caxias, Maranhão - Brasil.

⁴Docente no curso de Engenharia Elétrica. Mba em Projeto Execução E Controle Da Engenharia Eletrica pela instituição Ipgog- UniFacema. Caxias, Maranhão - Brasil

⁵Docente do cursos de análise e desenvolvimento de sistemas. Especialista em Engenharia Web e Móbile - UNIFACEMA.

⁶ Mestre em Engenharia de Materiais pelo Instituto Federal do Maranhão - IFMA. UNIFACEMA. Caxias, Maranhão - Brasil.

1. INTRODUÇÃO/CONSIDERAÇÕES INICIAIS

As fontes de energia consumidas pelos seres humanos tornaram-se objeto de discussão, pois a maioria das fontes de energia consumidas pela sociedade são limitadas e o problema ambiental está em discussão porque o uso desses recursos energéticos põe em risco o meio ambiente. Por esse motivo, empresas estão à procura de fontes alternativas para que possam substituir fontes de energia esgotáveis ⁽¹⁾.

As energias renováveis são fontes de energias, geralmente elétrica, de recursos naturais quase que infinitos e, portanto, podem ser bem aproveitadas pela sociedade. As formas de energia renováveis podem ser definidas pela energia do sol (solar), vento (eólica), água (hídrica), marés (maremotriz) e calor da terra (geotérmica). Diante de todas as fontes de energia renováveis, destaca-se a solar por ser a mais produtiva. Se 0,01% da energia solar que atinge à Terra fosse usada e transformada em uma eficiência de 10%, com isso propiciaria quatro vezes a possibilidade mundial de produção de energia ⁽²⁾.

Tais dados mostram como é importante substituir as fontes elétricas atuais por novas fontes alternativas, para obter o aquecimento da água, especialmente durante os períodos de racionamento de energia, e assim, obtém-se contornos substanciais, uma vez que as opções brasileiras de recursos hídricos que geram eletricidade possam acabar-se em breve ⁽³⁾.

A demanda de água quente para o banho e, conseqüentemente, o consumo de energia para aquecer a água ainda é fortemente

dependente do comportamento do consumidor. Tal consumo é influenciado por características econômicas e socioculturais, o que requer um estudo abrangente para caracterizar o perfil de consumo das diversas regiões do país ⁽⁴⁾.

Transformar a água fria em água quente para banho pode ser através do uso da eletricidade, gás, energia solar ou sistemas híbridos, que agregam os aquecedores com placas solares e energia elétrica. No Brasil, a área de eletricidade é a fonte de energia para o esquentamento de água para banho mais usada, por conta seu baixo custo de aquisição, apesar do alto custo de funcionamento ⁽⁵⁾.

Com isso optou-se em fazer uma comparação entre 3 objetos similares para se estabelecerem as respectivas diferenças entre os sistemas de água quente em residências. Para isto, foram realizados levantamentos bibliográficos acerca do tema no objetivo de recolher dados necessários para pesquisa.

Nesse contexto, o intuito geral deste trabalho foi analisar entre três aparelhos de aquecimento de água residencial (chuveiro elétrico, boiler elétrico e aquecedor solar com uso de boiler elétrico), apresentando parâmetros pertinentes, qual o sistema tem o maior retorno econômico ponderando os custos de instalação e operação. Logo, procurou-se expor os resultados de modo a possibilitar uma estimativa do tempo de retorno para o investimento de cada sistema.

Tendo em vista que atualmente a dependência do uso da energia elétrica está gradativamente mais intensa pela população, pois seu emprego intervém no seu cotidiano em inúmeras questões que vão a partir do seu bem-estar até mesmo a sua sobrevivência. Pesquisas mostram que o consumo brasileiro de energia elétrica, especificamente no estado do Maranhão em 2018 registrou um aumento de 2,8%, ao comparar-se com o ano de 2017, sendo as esferas que mais contribuíram para essa ampliação foram o residencial e o industrial ⁽⁶⁾.

2. METODOLOGIA

2.1 Características da pesquisa

Quanto a sua condição a pesquisa descreve-se como qualitativa e quantitativa, pois tem a finalidade de levantar, analisar e interpretar dados se utilizou de estatísticas descritivas por meio do software Excel, para geração de gráficos e tabelas para futura aplicação dos resultados.

A pesquisa qualitativa enquadra-se no levantamento e avaliação dos dados relacionados à vida útil dos equipamentos empregados nos três modelos de aquecedores domésticos de água.

A pesquisa quantitativa permite verificar as diferenças financeiras e econômicas resultantes da instalação e uso dos três sistemas de aquecimento doméstico de água em três tipos de residências.

2.2 Base de Projetos

Analisou-se 3 casos para cada um dos métodos de aquecimento escolhidos para este trabalho científico (residência popular, residência de médio padrão e quitinetes). Ressalta-se que para o edifício residencial contém o número de 8 quitinetes. Sendo assim:

Tabela 01. Informações do Projeto Base

Residências	Pavimento	Pessoas	Quartos	Banheiros
Popular	1	4	2	2
Médio padrão	2	6	3	4
Ed. Residencial	2	16	8	8

Fonte: Autor (2020)

2.3 Dimensionamento

O dimensionamento para o consumo de água se dá pela quantidade de quartos de cada residência, considerando os seguintes aspectos: para quartos - 2 pessoas; para quarto de empregados (caso seja necessário) 1 pessoa ⁽⁷⁾. Considerou-se 15 minutos de banho para cada sistema e 2 banhos diários para o estudo em questão.

Os principais dados do desenvolvimento do estudo de cada sistema foram desenvolvidos individualmente para cada tipo de projeto e serão apresentados a seguir. Cada sistema foi dimensionado de acordo com as diretrizes que lhe são aplicáveis.

2.4 Chuveiro Elétrico

Existem várias potências de chuveiro elétrico no mercado. Quão maior for a potência, maior será a capacidade de aquecimento, assim suporta confortavelmente um grande fluxo de água aquecida. Geralmente os chuveiros elétricos possuem uma vazão de 4 a 6 litros de água por minuto, para esse estudo foi adotado a vazão de 5 litros de água por minuto, pois nele próprio encontra-se o controle de vazão para seu determinado volume de água aquecida ⁽⁸⁾.

Como a base de comercialização de energia elétrica é quilowatt-hora (kWh), com os dados operacionais e o uso da potência nominal, multiplica-se com número de horas que se utilizou o chuveiro, para estimar-se o consumo. Uma vez que o custo da tarifa é calculado em kWh, basta multiplicá-la posteriormente pelo valor do imposto no município de Caxias - MA.

O design do sistema de chuveiro elétrico é o mais simples, pois são necessários somente tubos de água fria e o aquecimento é dimensionado ponto a ponto, isto é, no próprio chuveiro. Geralmente seus aquecimentos de água não são normalmente usados em todos os pontos das residências, o que aumentaria consideravelmente os custos de instalação. Portanto, foi desconsiderado neste sistema alguns pontos como torneiras para uma análise justa.

Vale ressaltar que o dimensionamento do edifício residencial, foi feito de forma individual obtendo o resultado pela multiplicação da quantidade real de quitinetes.

Tabela 02. Quantidade e potência da Residência Popular.

Ambiente	Equipamento	Quantidade (und)	Potência (W)
Banheiro Suíte	Ch. Elétrico	1	5500
Banheiro Social	Ch. Elétrico	1	5500
Cozinha	Ponto de Água	1	-

Fonte: Autor (2020)

Tabela 03. Quantidade e potência da residência de Padrão Médio.

Ambiente	Equipamento	Quantidade (und)	Potência (W)
Banheiro Suíte 1	Ch. Elétrico	1	5500
Banheiro Suíte 2	Ch. Elétrico	1	5500
Banheiro Suíte 3	Ch. Elétrico	1	5500
Banheiro Social	Ch. Elétrico	1	5500
Cozinha	Ponto de Água	1	-
Churrasqueira	Ponto de Água	1	-
Área de Serviços	Ponto de Água	2	-

Fonte: Autor (2020)

Tabela 04. Quantidade e potência da Residência Multifamiliar, Quitinetes.

Ambiente	Equipamento	Quantidade (und)	Potência (W)
Banheiro Social	Ch. Elétrico	1	5500
Cozinha	Ponto de Água	1	-

Fonte: Autor (2020)

2.5 Boiler Elétrico

Para avaliar o custo de aquisição e instalação de sistemas de aquecimento, foram realizadas pesquisas de preços na Internet e uma sondagem do custo dos materiais.

É necessário saber a vazão que as duchas apresentam, é em média entre de 8 a 12 litros de água por minuto, para assim dimensionar o consumo durante o banho. No entanto para as duchas que possuem uma alta vazão, podem chegar até a 60 litros por minuto, adotou-se uma vazão de 10 litros por minuto. ⁽⁹⁾.

Para o dimensionamento dos reservatórios de água, é necessário estimar o consumo diário de água com base no tipo de edificação e quantidade de habitantes da moradia em que

será instalado o sistema.

Calculou-se o volume diário e obteve-se os resultados pela multiplicação da demanda pela vazão.

De acordo com o QiSuporte ⁽¹⁰⁾, a plataforma QiBuilder efetua o dimensionamento do reservatório de acumulação analisando o cálculo da sua capacidade de reservatório, que necessita do consumo de água quente, e da potência adequada ao aquecimento da água em um determinado período. A capacidade de armazenamento do volume do aquecedor é calculada a partir da equação abaixo:

$$V_{ap} = Cd_{AQ} * Fcr \quad (\text{Eq. 01})$$

Onde: V_{ap} = volume do aquecedor, em m³; Cd_{AQ} = consumo diário de água quente na residência, em m³; Fcr = fator de percentual da quantidade de volume do reservatório em virtude do consumo de água quente.

O fator percentual da capacidade de volume do aquecimento corresponde à fração do consumo diário de água quente. Como referência, é possível adotar os valores sugeridos na tabela indicada a seguir:

Tabela 05. Fator de Capacidade do reservatório.

Tipo do Edifício	Capacidade em função do consumo diário
Residências	1/5
Apartamentos	1/5
Hotéis	1/5

Fonte: Adaptado QiSuporte (2020)

Exemplo: para um consumo diário de água quente (Cd_{AQ}) de 1200L, $\text{logo}(V_{ap}) = 1200 * 1/5$, assim o $V_{ap} = 240L$. A capacidade de armazenamento do boiler dependerá do

volume (V_{ap}). A quantidade de boilers deverá adequar-se ao volume e ao custo benefício para o usuário.

Tabela 06. Dimensionamento para Boiler Elétrico.

Tipo de construção	Capacidade de Armazenamento(L)	Potência (W)
Casa Popular	250	2000
Residências	400 (2 * 200)	4000 (2*2000)
Apartamento	1000 (4 * 250)	8000 (4*2000)

Fonte: Autor (2020)

2.6 Aquecedor Solar Com Uso de Boiler Elétrico

O dimensionamento do aquecimento solar requer um conhecimento particular das placas coletoras utilizadas e da capacidade de captação de energia solar em caso de mudanças estacionais. No entanto, para a finalidade deste estudo, não foi necessário tratar desse assunto para dimensionar o sistema com aquecimento solar. Várias empresas oferecem um dimensionamento baseada no número de habitantes da residência, e na definição de pontos de utilização de água quente. Portanto, as fontes para a implementação do sistema foram consultadas em sites de venda especializados, obteve-se os seguintes resultados:

Tabela 07. Dimensionamento feito pelo site da Empresa Heliotek

Tipo de construção	Capacidade de Armazenamento(L)	Potência (W)	Módulo Solar
Casa Popular	400	2500	3
Residências	600	2500	4
Apartamento	1600 (2x800)	8000 (2x4000)	12 (2x6)

Fonte: Autor (2020)

3. Resultados e Discussão

3.1 Chuveiro Elétrico

Com base nos dados apresentados na metodologia deste trabalho, os resultados atingidos do sistema de aquecimento, chuveiro elétrico, obteve-se de forma a compor a Tabela 08, de custos para as respectivas residências do estudo.

Para calcular o custo mensal de energia quanto o de água, basta multiplicar a tarifa da concessionária respectiva e aos consumos respectivos diários, assim multiplica por 30 (dias do mês). Para calcular o valor do consumo diário de energia, multiplica-se o número de pessoas, o tempo de banho em horas, o número de banhos diários e a potência do chuveiro em kW. Já para o cálculo de consumo diário de água multiplica-se o número de pessoa, o tempo de banho em minutos, o número de banhos, a vazão do chuveiro (vazão em m^3/min), e assim chegou-se em um consumo de água em m^3/dia . Tarifa de energia bandeira vermelha - patamar 1 = R\$4,169 para cada 100kWh consumidos ⁽¹¹⁾; Tarifa de água: até 20 m^3 = R\$1,93, entre 20 m^3 e 30 m^3 = R\$2,55 ⁽¹²⁾. Desenvolveu-se assim a tabela 07.

Tabela 08. Consumo e custos do chuveiro elétrico para as 3 residências

Item	Inf.	Residência Popular	Residência Médio Padrão	Ed. Residencial	Uni
01	Número de Pessoas	4	6	16	Pessoas
02	Tempo de Banho	15	15	15	Min
03	Número de Banhos	2	2	2	banhos/dia
04	Potência do Chuveiro	5,5	5,5	5,5	kW
05	Vazão Média	5	5	5	L/min
06	Tarifa de Energia	0,41	0,41	0,41	R\$/kWh
07	Tarifa de Água	1,93	2,55	2,55	R\$/m ³
08	Consumo Diário de Energia	11	16,5	44	kWh/dia
09	Consumo Diário de Água	0,60	0,90	2,40	m ³ /dia
10	Custo de Energia no Mês	R\$135,30	R\$202,95	R\$541,20	
11	Custo de Água no Mês	R\$34,74	R\$68,85	R\$183,60	
12	Custo Mensal Total	R\$170,04	R\$271,80	R\$724,80	
13	Quantidade de Chuveiros	2	4	8	Und
14	Custo do Chuveiro Elétrico	R\$130,00	R\$130,00	R\$130,00	
15	Custo Material	R\$260,00	R\$520,00	R\$1.040,00	

Fonte: Autor (2020)

Tabela 09. Comparativo dos valores para chuveiro elétrico por residência

Meses	Popular	Médio Padrão	Ed. Residencial
1	R\$430,04	R\$791,80	R\$1.764,80
6	R\$1.280,24	R\$2.150,80	R\$5.388,80
12	R\$2.300,48	R\$3.781,60	R\$9.737,60
18	R\$3.320,72	R\$5.412,40	R\$14.086,40
24	R\$4.340,96	R\$7.043,20	R\$18.435,20

Fonte: Autor (2020)

Ao analisar a Tabela 09 e o Gráfico 01, observa-se que ao longo dos meses o chuveiro elétrico não tem uma disparidade tão grande entre as 3 residências, mesmo assim a residência popular tem um menor valor de custo para esse tipo de aquecedor, tendo uma curva não tão inclinada, já o edifício residencial do tipo quitinetes tem um custo bem acentuado ao longo de 5 anos, olhando para o Gráfico 01 pode-se perceber tal fato.

Gráfico 01. Comparativo dos valores para chuveiro elétrico por residência



Fonte: Autor (2020)

3.2 Boiler Elétrico

O método de estimativa do consumo diário do boiler elétrico é o mesmo do chuveiro elétrico. No entanto, como o dispositivo não funciona continuamente, possui a variável estimada, que é o tempo de operação por dia. De acordo com os experimentos de Sowmy⁽¹³⁾, os boilers têm em média 82% do tempo de repouso, isso levando em conta as 24h do dia, assim a estimativa de tempo de funcionamento é 4,3h diárias. A maioria das fontes pesquisadas, além de entrar em contato via ligação com um representante, estimou-se um consumo médio que corresponde ao boiler ligado durante 4,5 horas diárias⁽¹⁴⁻¹⁵⁾. Com base nessas informações adotou-se 4,5h de funcionamento para este estudo.

Diante disso, todos os dados apresentados a seguir estão listados na Tabela 10, desta mesma seção. Sendo assim, para obter o custo mensal do boiler elétrico é necessário saber o número de horas do seu funcionamento diário

multiplicando pela potência em kW, pela tarifa de energia e pelos 30 dias do mês. Já para o cálculo do consumo diário de água é necessário o número de banhos multiplicado pela quantidade de pessoas, vazão da ducha (m³/min) e com o tempo médio por banho (min), assim seguindo os mesmos passos do chuveiro elétrico para demais cálculos.

Ressalta-se que o dimensionamento do edifício residencial, foi feito por dupla de quitinetes, sendo assim 4 boilers para todo edifício. A empresa Aquece Norte varia seus boilers elétricos de 75L a 500L de armazenamento de água. O cálculo da quantidade de boilers deu-se a partir do volume calculado para consumo diário de água (Tabela 10), com base na Equação 01 e Tabela 05, da Seção 3.5. De acordo com os dados coletados da empresa Aquece Norte ⁽¹⁴⁾, que é especializada em vendas de boiler elétricos, referente à sua capacidade de armazenamento e potência (Item 13 e 05 da Tabela 10, respectivamente) obteve-se os seguintes resultados para compor a Tabela 10.

Tabela 10. Consumo e custos do boiler elétrico para as 3 residências

Item	Inf.	Res. Popular	Res. Méd. Padrão	Apê	Uni
01	N. de Pessoas	4	6	16	pessoas
02	Tempo de Banho	15	15	15	min
03	Qnt de Banho	2	2	2	banho/dia
04	Funcionamento Diário	4,5	4,5	4,5	h/dia
05	Pot. do Boiler	2	2	2	kW
06	Vazão Media	10	10	10	L/min
07	Tarifa de Energia	0,4	0,41	0,4	R\$/kWh
08	Tarifa de Água	1,93	2,55	2,55	R\$/m ³
09	Cons. Diário de	9,00	13,50	36	kWh/dia

Item	Inf.	Res. Popular	Res. Méd. Padrão	Apê	Uni
Energia					
10	Cons. Diário de Água	1,20	1,80	4,8	m ³ /dia
11	Custo Mensal	180,18	303,75	810	R\$
12	Qnt de Boiler	1	2	4	und
13	Capacidade do Boiler	250	200	250	litros
14	Custo de Energia no Mês	110,70	R\$166,05	R\$442,80	R\$
15	Custo de Água no Mês	69,48	R\$137,70	R\$367,20	R\$
16	Custo do Boiler Elétrico	2.099,99	R\$1.793,59	2.099,99	R\$
17	Custo Material	2.099,99	3.587,18	8.399,96	R\$

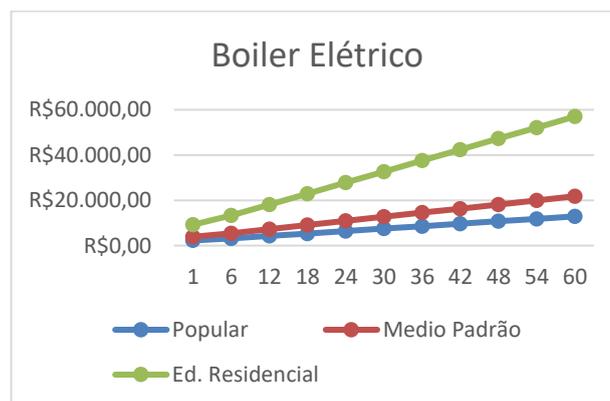
Fonte: Autor (2020)

Tabela 11. Comparativo dos valores para boiler elétrico por residência

Meses	Popular	Médio Padrão	Ed. Residencial
1	R\$2.280,17	R\$3.890,93	R\$9.209,96
6	R\$3.181,07	R\$5.409,68	R\$13.259,96
12	R\$4.262,15	R\$7.232,18	R\$18.119,96
18	R\$5.343,23	R\$9.054,68	R\$22.979,96
24	R\$6.424,31	R\$10.877,18	R\$27.839,96

Fonte: Autor (2020)

Gráfico 02. Comparativo dos valores para boiler elétrico por residência



Fonte: Autor (2020)

Ao verificar a Tabela 11 e o Gráfico 02, observa-se que o boiler elétrico gera uma pequena proporção entre as residências popular e de médio padrão, também é perceptivo que ao longo dos meses o consumo do edifício residencial ultrapassa o consumo das demais, assim tem-se o boiler elétrico como mais vantajoso para a residência popular e de médio padrão.

3.4 Aquecedor Solar Com Uso De Boiler Elétrico

O aquecedor solar, em divergência com os outros modelos de aquecedores estudados, este sistema conta com o sol como forma de energia é uma fonte sustentável, sendo uma fonte de energia quase que inesgotável e limpa, assim oferecendo um consumo menor. Para obter o custo mensal de energia elétrica do boiler solar com reforço elétrico, assim como o boiler elétrico é necessário saber o número de horas do seu funcionamento.

Com base nos estudos de Medeiros et. al. ⁽¹⁶⁾, considera que a partir das 18h a temperatura diminui acentuadamente devido ao consumo de água quente e não mais incidência da radiação solar, com isso o autor verificou em 1h, a resistência auxiliar ligada para permitir o consumo de água na temperatura desejada.

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 é necessário o apoio elétrico no boiler por 2 hora diária para o aquecimento do volume de água armazenada ⁽¹⁷⁾. Para o cálculo dessa pesquisa adotou-se para qualquer volume do reservatório será necessário o funcionamento do boiler por 1,5h diária, conforme citato acima.

O dimensionamento do edifício residencial (quitinetes), realizou-se a partir do

cálculo da quantidade necessária de litros total dividido pela quantidade de pavimentos, sendo assim 2 boilers para todo pavimento. A mesma empresa disponibiliza boilers de 200L à 1000L de armazenamento de água quente. Dito isso todos os cálculos seguem a mesma base do boiler elétrico, logo obteve-se os resultados para compor a Tabela 12.

Tabela 12. Consumo e custos do aquecedor solar com boiler elétrico para as 3 residências

Item	Info.	Res. Popular	Res. Méd. Padrão	Ed. Residencial	Uni.
01	Número de Pessoas	4	6	16	peessoas
02	Tempo de Banho	15	15	15	min
03	Quantidade de Banhos	2	2	2	banhos
04	Funcionamento Diária	1,5	1,5	1,5	hora/dia
05	Potência do Boiler	2,5	2,5	4	kW
06	Vazão Média	10	10	10	L/min
07	Tarifa de Energia	0,41	0,41	0,41	R\$/kWh
08	Tarifa de Água	1,93	2,55	2,55	R\$/m ³
09	Consumo Diário de Energia	3,75	3,75	6	kWh/dia
10	Consumo Diário de Água	0,9	1,35	3,6	m ³ /mês
11	Custo de Energia no Mês	46,13	46,13	73,80	R\$
12	Custo de Água no Mês	52,11	103,28	275,40	R\$
13	Custo Mensal	98,24	149,4	349,20	R\$
14	Quantidade de Boiler	1	1	2	und
15	Capacidade do Boiler	400	600	800	litros
16	Quantidade de Módulos	3	4	12	und
17	Custos do Boiler + Módulos Solares	3.899	5.599	8.199	R\$
18	Custo Material	3.899,00	5.599,00	16.398,00	R\$

Fonte: Autor (2020)

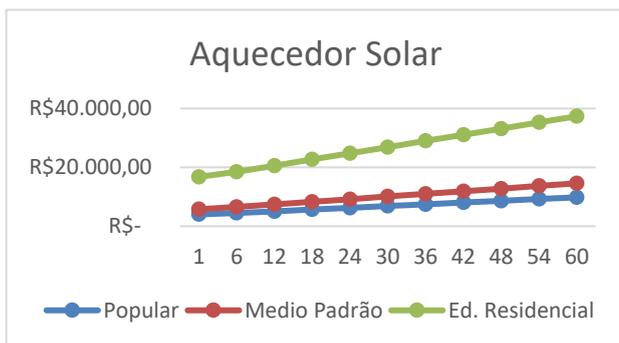
Tabela 13. Comparativo dos valores para aquecedor solar por residência

Meses	Popular	Médio Padrão	Ed. Residencial
1	R\$ 3.997,24	R\$ 5.748,40	R\$ 16.747,20
6	R\$ 4.488,41	R\$ 6.495,40	R\$ 18.493,20
12	R\$ 5.077,82	R\$ 7.391,80	R\$ 20.588,40
18	R\$ 5.667,23	R\$ 8.288,20	R\$ 22.683,60
24	R\$ 6.256,64	R\$ 9.184,60	R\$ 24.778,80

Fonte: Autor (2020)

Conforme na Tabela 13 e o Gráfico 03, o aquecedor solar com reforço de boiler elétrico gera uma pequena variação de valores entre as residências de médio padrão e popular, para o edifício residencial tem uma inclinação mais acentuada ao longo do tempo, por conta do alto valor de investimento.

Gráfico 03. Comparativo dos valores para aquecedor solar por residência



Fonte: Autor (2020)

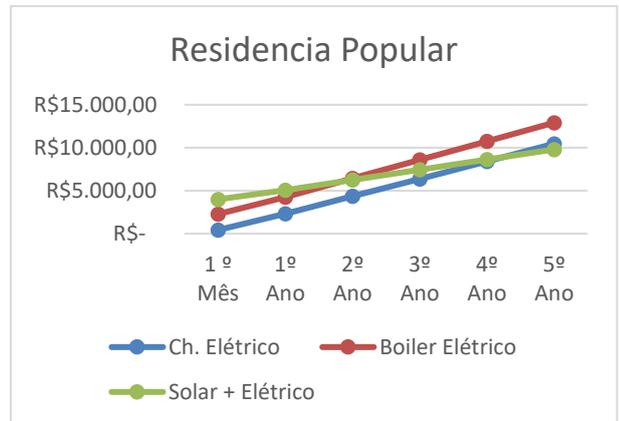
3.4 Comparativo por Residências

3.4.1 Residência Popular

Após o estudo característico de cada um dos sistemas, foi possível analisar de forma mais clara as pesquisas referenciadas no desenvolvimento deste trabalho. No Gráfico 04 apresentado abaixo, consta uma comparação, com isso observa-se uma mudança ao decorrer do tempo nos custos dos 3 tipos de aquecedores implantados. Para a residência popular o investimento inicial classificou-se da seguinte maneira: o chuveiro é mais econômico, seguindo do boiler elétrico e por fim o solar. No 2º ano observa-se que o boiler solar ultrapassa o elétrico e ao 4º ano ao comparar com o chuveiro,

o boiler solar se torna mais benéfico, por conta do seu baixo consumo mensal.

Gráfico 04. Custos em meses para residência popular

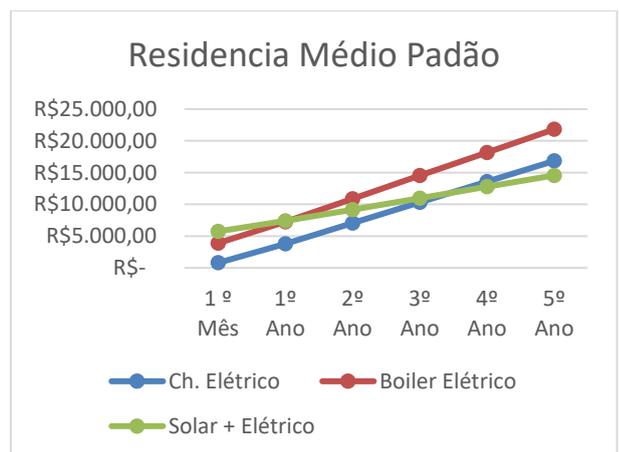


Fonte: Autor (2020)

3.4.2 Residência de Média Padrão

Depois das análises representativas dos sistemas para médio padrão, é notório no Gráfico 05 que em 1 ano o sistema solar equiparou-se ao boiler elétrico e com 3 anos e meio equiparou-se com o chuveiro elétrico. Toda via, o aquecedor solar, no decorrer dos 60 meses é um sistema de aquecimento mais rentável, visto que sua reta não apresenta uma inclinação acentuada.

Gráfico 04. Custos em meses para residência popular



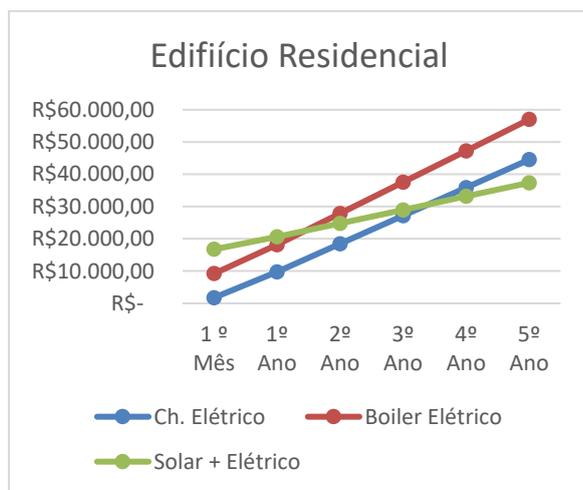
Fonte: Autor (2020)

3.4.3 Edifício Residencial

Tendo em vista todos os resultados dos 3 tipos de aquecedores para o edifício residencial, encontra-se um custo mensal bem diferenciado

e acentuado das outras residências em análise pois a demanda é maior. O boiler elétrico apresentou-se como o segundo melhor investimento para os primeiros 18 meses, e o chuveiro elétrico como melhor opção até os 36 meses de uso, quando analisa-se com atenção o Gráfico 06, logo, teve-se que em um médio prazo de investimento, o aquecedor solar torna-se mais viável para o edifício residencial.

Gráfico 06. Custos em meses para apartamentos tipo quitinetes



Fonte: Autor (2020)

4. Conclusão

Como resultado do adquirido, constata-se a realização do estudo das diferentes fontes de energia, bem como os tipos de aquecedores domésticos: chuveiro elétrico, boiler elétrico e o aquecedor solar com uso de boiler elétrico. Tendo em vista a problemática levantada no início do trabalho, trazendo os parâmetros referente a economia e qual o sistema tem o maior retorno econômico ponderando os custos de instalação e operação ao longo do tempo.

Levando em consideração ao chuveiro elétrico, teve um aproveitamento melhor na residência popular nos 4 primeiros anos, na de médio padrão e no edifício residencial deu-se em

3 anos e meio do início do investimento.

Ao realizar-se o comparativo com a quantidade de pessoas e a demanda de pontos de água que o boiler elétrico pode atingir, gera um alto custo de consumo, logo percebe-se que ao longo do meses seria inviável sua aquisição, entretanto o mesmo tem a possibilidade de ter mais pontos de fornecimento de água além dos chuveiros elétricos.

Já o boiler solar, ao longo de 5 anos, baseado nas tabelas e os gráficos referentes a custos e consumos, é importante perceber que para a residência popular, padrão médio e edifício residencial é viável sua aquisição estabelecendo uma economia de médio e longo prazo, mesmo com seu alto valor inicial de aquisição.

As conclusões deparadas referentes a respeito do trabalho são de suma importância para os usuários dos respectivos sistemas de aquecimento, ao analisar-se o aquecedor solar de forma geral, o fato de utilizar de uma fonte sustentável, como a solar, concebe uma melhoria ao abastecimento de energia urbana, além de ser adequado com os padrões sustentáveis na atualidade.

6. REFERÊNCIAS

1. SILVA, S. C. **Estudo da Eficiência Energética em Aquecimento de Água para Chuveiros Domésticos**. 2007.
2. TORRICO, G. M; LIMA, J. D; BORTOLUZZI, S. C. **Análise Econômica Comparativa entre Aquecedores Solares de Baixo Custo e Aquecedores com Tubos de Vidro Evacuados**. 2016.
3. COSTA, R. N. A. **Viabilidades térmica, econômica e de materiais de um sistema solar de aquecimento de água a baixo custo para fins residenciais**. 2007. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.
4. NASPOLINI, H. F.; RÜTHER, R. **O efeito da resolução do tempo de medição no potencial de redução de demanda de energia no horário de pico dos sistemas domésticos de água quente solar**. *Energia Renovável*, v. 88, p. 325-332, 2016.
5. SANTOS, A. J. L. et al. **Análise da complementaridade entre sistemas fotovoltaicos e sistemas de aquecimento solar de água em unidades prosumidoras do sul de Santa Catarina**. 2019.
6. EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE. **Balanço Energético Nacional 2019:Relatório Síntese**. Rio de Janeiro, 2019.
7. SILVA, J. **Guia de boas práticas para projetos hidrossanitário**. 2020. Disponível em: <<https://maisengenharia.altoqi.com.br/>
8. BARION, I. **A ducha ideal: tudo que você precisa saber antes de comprar uma pro seu aquecedor**. 8 de novembro de 2018. Disponível em: <<https://aquecenorte.com.br/blog/a-ducha-ideal/>>. Acesso em: 25 maio 2020.
9. BARION, I. **A vazão de água influencia na escolha do aquecedor**. 226 de abril de 2017. Disponível em: <<https://aquecenorte.com.br/blog/vazao-de-agua/>>. Acesso em: 25 maio 2020.
10. QJSUPORTE. **Dimensionamento do boiler para água quente**. 2020. Disponível em: <<https://suporte.altoqi.com.br/hc/pt-br/articles/360001907214-Dimensionamento-do-boiler-para-acumula%C3%A7%C3%A3o-de-%C3%A1gua-quente>> Acesso em: 05 jun. 2020.
11. EQUATORIAL ENERGIA. **Bandeiras e tarifas**. 2020. Disponível em: <<https://ma.equatorialenergia.com.br/informacoes-gerais/bandeiras-tarifarias/>>. Acesso em: 25 maio 2020.
12. COMPANHIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL DO MARANHÃO - CAEMA. **Tarifa da CAEMA é a mais barata do Nordeste**. 2019. Disponível em:<http://www.caema.ma.gov.br/porta/caema/index.php?option=com_content&view=article&id=1854%3A2019-02-01-14-37-

53&catid=84%3Adestaque&Itemid=1>.

Acesso em: 25 maio 2020.

13. SOWMY, D. S. **Eficiência energética: metodologia para avaliação de aquecedores de água residenciais de acumulação elétricos.** 2007. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
14. AQUECENORTE. **Boilers Elétricos.** 2020. Disponível em:
<<https://aquecenorte.com.br/produto/boilers-eletricos/cumulus-boilers-eletricos/cumulus/boiler-eletrico-cumulus/>>. Acesso em: 25 maio 2020.
15. HELIOTEK. **Dimensione.** 2020. Disponível em:<<http://www.heliotek.com.br/Dimensione/default.aspx>>. Acesso em: 25 maio 2020.
16. MEDEIROS, M. et al. **Optimizing a mixed water heating system (solar and electric) for rural areas.** Acta Scientiarum. Technology, v. 35, n. 1, p. 69-74, 2013.
17. MONTU, T. M. S. **Estudo comparativo de sistemas residenciais de aquecimento de água.** 2016.