



XXVI CREEM

Congresso Nacional de Estudantes
de Engenharia Mecânica

ILHÉUS/ITABUNA - BAHIA



XXVI Congresso Nacional de Estudantes de Engenharia Mecânica,
CREEM 2019
19 a 23 de agosto de 2019, Ilhéus, BA, Brasil

PROPOSTA DE UM SISTEMA DE AUTOMAÇÃO PARA CHUVEIROS RESIDENCIAIS

Henri Luiz Haut Baldissera, henri09@hotmail.com

Universidade de Araraquara - Uniara

Av. Maria Antonia Camargo de Oliveira, 170 - Vila Suconasa, Araraquara - SP, 14807-120

Resumo. Este trabalho aborda a eficiência de chuveiros elétricos e unidades de aquecimento para o banho. O chuveiro elétrico, que está presente em 73% das residências brasileiras, é responsável pelo pico de demanda energética que ocorre das 18h às 21h. Diante disso, com a demanda atual pela grande necessidade de economia, analisando o grande desperdício de energia elétrica, principalmente causado pelo chuveiro elétrico, propõe-se um sistema de automação capaz de aquecer o volume de água desejado e na temperatura certa definida pelo usuário, agregando funções ainda não existentes no funcionamento de um chuveiro, que em sua aplicação diminua o consumo de energia elétrica e água. O sistema é composto basicamente por um tanque de armazenamento, onde são instalados: uma resistência para aquecimento da água, sensores de nível e temperatura. Válvulas solenoides e sensores de vazão controlam a entrada e saída de água do reservatório. Um microcontrolador é responsável por controlar todo o sistema, atendendo os parâmetros definidos pelo usuário (volume de água e temperatura), com isso conseguimos obter uma redução de até 45,8% na conta de energia elétrica e até 16,5% na conta de água.

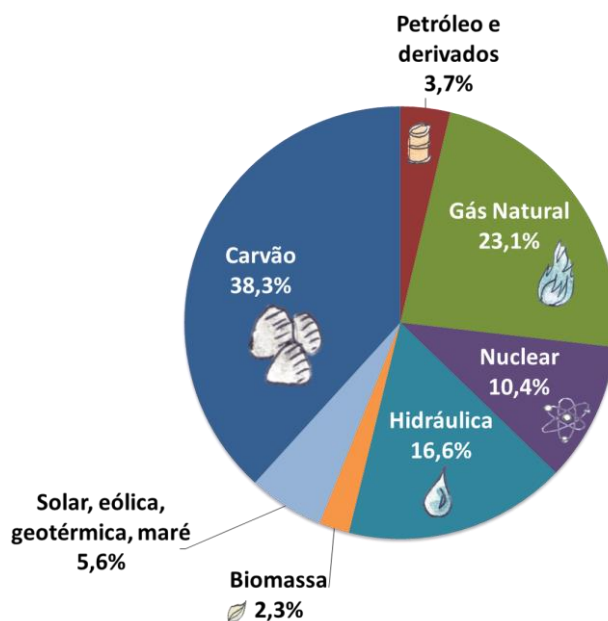
Palavras chave: Automação. Energia. Água. Eficiência. Aquecimento. Consumo.

1. INTRODUÇÃO

Devido a crescente demanda residencial por energia elétrica, busca-se um aumento de eficiência energética nos sistemas de aquecimento já existentes. Dados de novembro de 2018, divulgados pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE), apontam um consumo de eletricidade total na rede de 39.742 gigawatts-hora (GWh) em outubro de 2018, com uma variação de +1,1% perante ao mesmo mês do ano de 2017. Na classe residencial, o consumo teve crescimento de 2,1%, com as maiores taxas no Centro-Oeste (+7,3%) e no Nordeste (+4,2%), nas demais regiões a variação foi menos intensa.

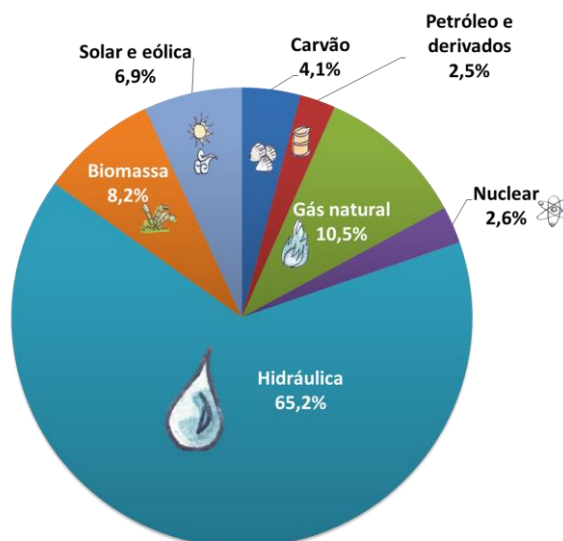
A matriz elétrica é composta pelo conjunto de fontes disponíveis para a geração de energia elétrica. (EPE, 2018). Na figura 1 podemos observar a matriz elétrica mundial.

Figura 1: Matriz Elétrica Mundial 2016 (EPE, 2018)



A matriz elétrica brasileira possui a maior parte renovável, devido à grande parte da energia elétrica gerada no Brasil vir de usinas hidrelétricas. A energia eólica com seu crescimento também contribuiu para que a matriz elétrica brasileira continue sendo em sua maior parte renovável. (EPE, 2018). Na figura 2 podemos observar a matriz elétrica brasileira.

Figura 2: Matriz Elétrica Brasileira 2017 (EPE, 2018)



2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Chuveiro Elétrico

Segundo uma pesquisa realizada pela Eletrobras Procel (ELETROBRAS, 2009), 80,9% dos domicílios brasileiros aquece a água do banho de alguma forma, sendo que 73,5% dos sistemas de aquecimento utilizavam energia elétrica como fonte de aquecimento e apenas 0,4% usava aquecimento solar. Dos sistemas que usavam energia elétrica como fonte de aquecimento, o chuveiro elétrico respondeu pela quase totalidade, com a parcela de 99,6%. Isto torna o chuveiro elétrico um dos principais responsáveis pelo gasto de energia elétrica em uma residência, chegando a consumir 24% da energia elétrica. Como mostra a figura 4. O chuveiro elétrico também é responsável pelo pico energético do sistema elétrico brasileiro, que ocorre das 17h às 21h. Como podemos observar na figura 5.

Figura 4: Participação dos eletrodomésticos no consumo domiciliar no Brasil (ELETROBRAS, 2009)

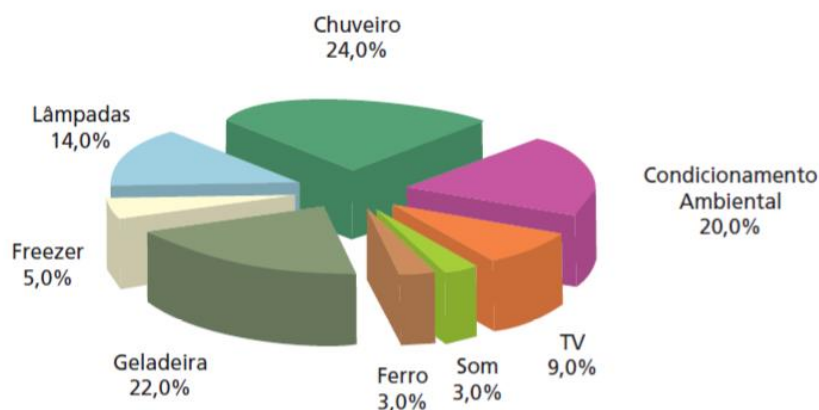
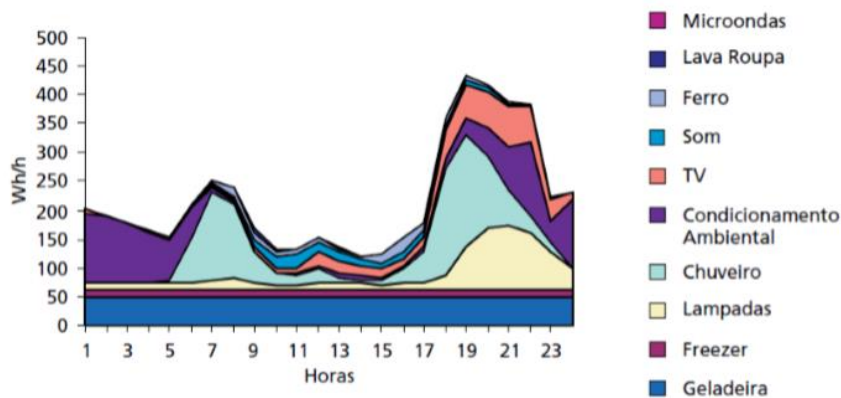
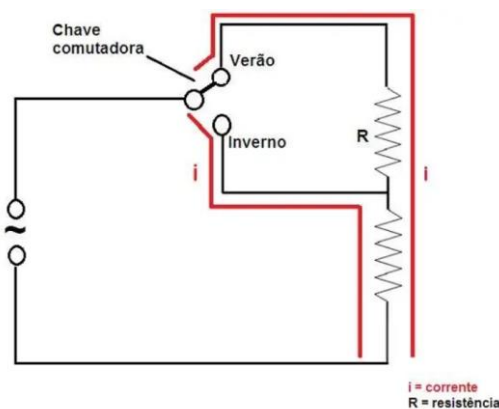


Figura 5: Curva de carga (ELETROBRAS, 2009)



O chuveiro é um aparelho da rede hidráulica, composto por orifícios por onde sai a água para fins de higiene pessoal. As peças que o compõem são basicamente o resistor e uma membrana de borracha. O resistor é uma peça metálica de cromo, níquel ou uma liga metálica destes dois metais. Estes metais chegam a altas temperaturas sem se danificar, desde que tenha fluxo de água corrente, fazendo com que a água que passa por eles seja aquecida. A água exerce pressão sobre a membrana, que faz o acionamento do contato elétrico, o que permite o funcionamento do chuveiro.

Figura 6: Como funciona um chuveiro elétrico (MUNDO DA ELÉTRICA, 2015)



A chave comutadora orienta o caminho que a corrente irá percorrer, se for um caminho longo, a corrente vai circular por uma resistência maior, gerando menor quantidade de calor para aquecer a água. No chuveiro elétrico para aquecer bem a água, o chuveiro precisa de uma grande quantidade de calor gerado, este calor é gerado pela corrente elétrica, assim quanto mais tempo durar o banho e quanto mais quente ele for, maior o gasto de energia elétrica.

2.2. Aquecimento Solar

O sistema de aquecimento solar utiliza a energia proveniente do Sol. A energia solar é uma fonte de energia renovável e sustentável, é uma forma limpa e que não causa danos ao meio ambiente, por ser uma fonte de energia baseada no Sol, possui grande aproveitamento como fonte de calor, sendo uma das mais aproveitáveis e promissoras no mundo.

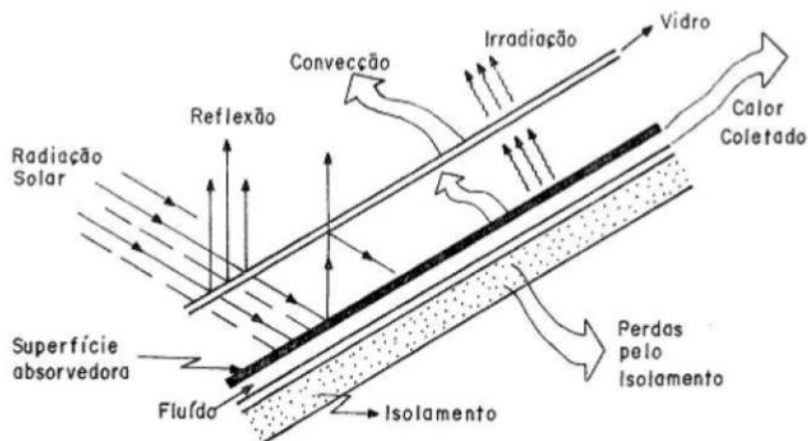
Um sistema de aquecimento solar simples possui os seguintes equipamentos:

- Um reservatório térmico para armazenamento da água aquecida
- Uma caixa d'água, que recebe a água da rede de abastecimento
- Coletores solares que aquecem a água

Alguns sistemas possuem também dentro do reservatório térmico uma resistência elétrica industrial para aquecimento da água em períodos noturnos e em dias nublados ou chuvosos, os quais são chamados de boilers.

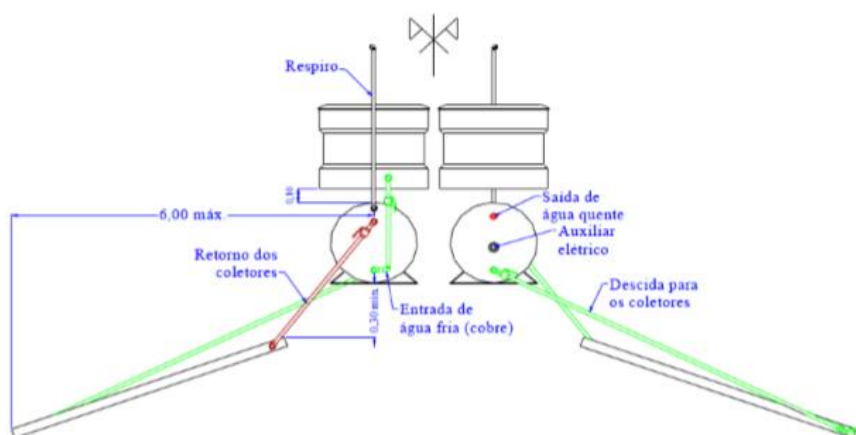
Os coletores solares são os principais equipamentos do sistema, eles absorvem a radiação solar e transferem esta energia, convertida em calor, para a água. Os coletores são compostos por uma tubulação de cobre e uma placa absorvedora pintada de preto. Na parte frontal do coletor existe uma cobertura transparente de vidro e na parte de trás existe um isolamento térmico para evitar perdas de calor para o ambiente (KALOGIROU, 2009). Podemos observar o mecanismo de transferência de calor na Figura 7.

Figura 7: Mecanismos de transferência de calor no coletor solar (PASSOS, 2011)



O reservatório térmico é um componente essencial para um funcionamento adequado do sistema. É um tanque destinado a armazenar a água quente, proveniente do coletor solar, de modo que o mesmo atenda a demanda diária, mesmo fora dos horários de incidência solar (DUFFIE; BECKMAN, 1980). Segundo Carvalho o reservatório deve ter um baixo coeficiente de trocas térmicas, ser resistente à corrosão e suportar temperaturas de até 80°C. Podemos observar o funcionamento do sistema na Figura 8.

Figura 8: Sistema de aquecimento solar por termossifão (CUMULUS, 2009)



Segundo Lasso, no aquecimento solar temos quatro grandes problemas. Primeiro pelo fato de ser um sistema acumulativo, nos dias de baixa insolação, ou no inverno, o aquecedor solar não esquentará a água adequadamente. Segundo, para que a água quente chegue até o banheiro é preciso esgotar toda a água fria do cano, jogando fora dezenas de litros de água, estima-se que até 20% da água do banho é desperdiçada até a água atingir a temperatura ideal, gerando um prejuízo enorme para o meio ambiente. Terceiro, o reservatório (boiler) é dimensionado para o número de banhos diários, ou seja se a família recebe visitas, os primeiros tomam banho quente, e os últimos restará apenas água fria, para contornar este problema, o usuário acaba tendo de instalar uma resistência elétrica dentro do reservatório,

gerando um custo á mais em sua conta de energia elétrica. Quarto, se seu boiler tem capacidade para 200 litros de água quente e um banho consome em média 50 litros, para um quinto usuário tomar banho, terá de aquecer os 200 litros para consumir apenas 50 litros, desperdiçando a energia elétrica gasta para aquecer os outros 150 litros. (LASSO, C. 2010)

2.3. Controlador Arduino

O controlador Arduino foi criado em 2005, com o objetivo de criar um dispositivo barato, funcional e fácil de programar, dessa forma sendo acessível a estudantes e projetistas amadores. Foi adotado também o conceito de hardware livre, este conceito permite com que qualquer um possa montar, modificar, melhorar e personalizar o arduino.

Figura 9: Arduino Uno (Thompsen, A. 2014)



Depois de programado, o arduino pode ser usado de forma independente, você pode colocá-lo para controlar diversas coisas, como: um robô, uma lixeira, um ventilador, as luzes da sua casa, entre diversos outros projetos. Para realizar estes projetos, o arduino possui uma grande quantidade de sensores e equipamentos que você pode utilizar, tendo uma grande parte deste material em módulos, que são pequenas placas que contam com: sensores, resistores, capacitores e LED's.

3. METODOLOGIA DE PESQUISA

3.1 Características Metodológicas

O sistema é composto por:

- 1 Tanque de armazenamento de água quente de 100 Litros (boiler)
- 2 Sensores de vazão
- 2 Válvulas solenoides $\frac{3}{4}$
- 1 Sensores de temperatura PT-100
- 1 Resistência industrial 3000W
- 2 Sensores de nível
- Acionadores e controles (Arduino / Resistores)
- Tubulação
- Painel LCD para seleção de volume e temperatura de banho (25 á 44°C)

Custo total para o desenvolvimento do sistema é de aproximadamente: R\$ 1.147,05

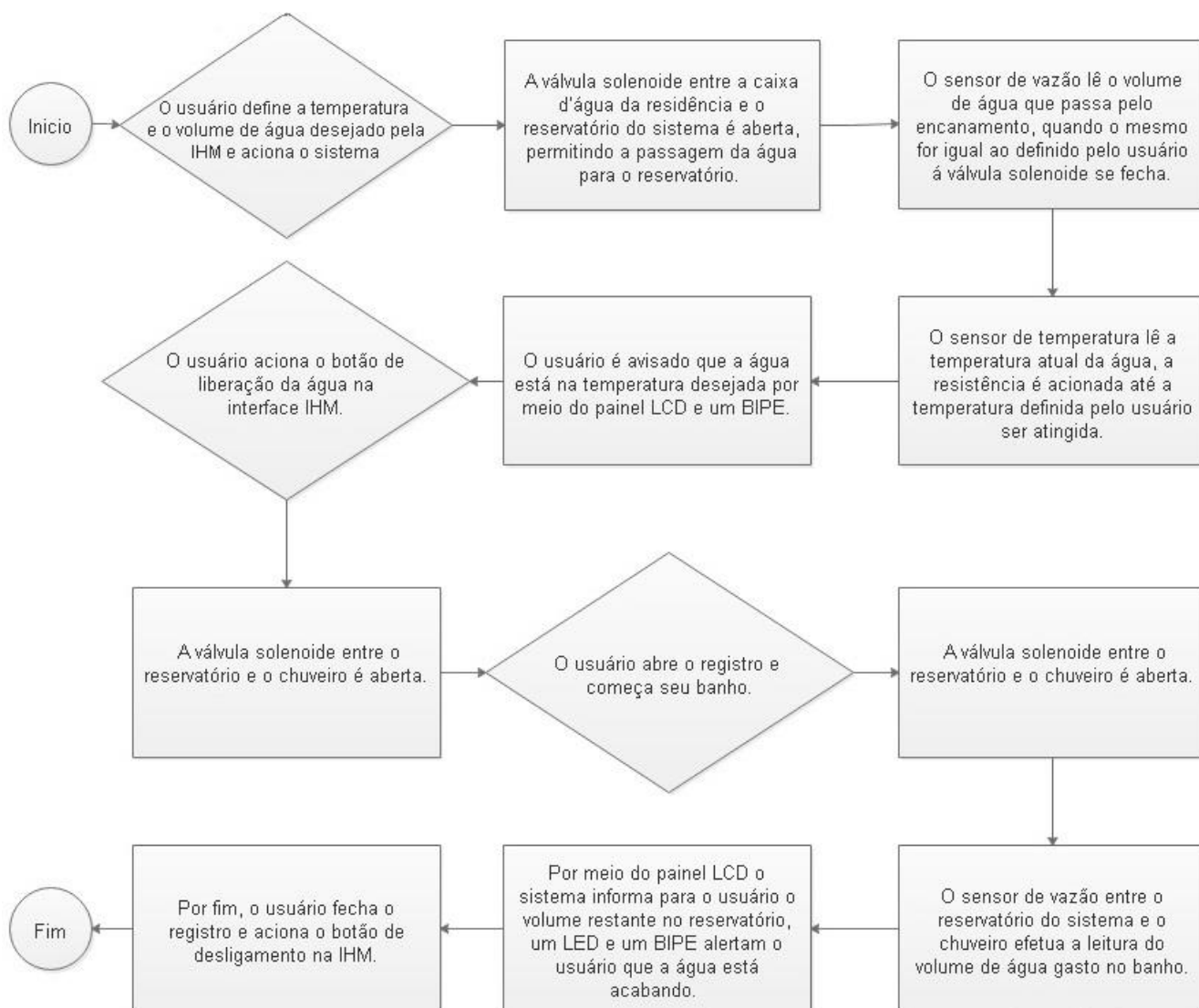
Todos estes equipamentos podem ser encontrados no mercado nacional, a escolha dos mesmos leva em consideração a adequação ao projeto e custo do mesmo. Os valores podem variar para mais ou para menos dependendo das instalações já existentes na residência.

3.2 Procedimentos operacionais

O sistema proposto utiliza a resistência elétrica como fonte de calor para aquecer á água, diferente do chuveiro elétrico que necessita de grande quantidade de calor para aquecer a água corrente, no sistema proposto á água é aquecida parada dentro do reservatório, o volume e temperatura da água serão definidos pelo usuário através da

Interface Homem-Máquina (IHM). Podemos observar o funcionamento do sistema conforme o fluxograma da Figura 10.

Figura 10: Funcionamento do sistema (Fonte: Elaborada pelo autor)



4. ANÁLISE DOS DADOS E RESULTADOS

Este projeto tem como objetivo propor um sistema capaz reduzir o consumo de energia elétrica causado pelo chuveiro elétrico e o desperdício de água causado pelo aquecimento solar nas residências. Além disso, conscientizar as pessoas do volume de água gasto em seus banhos, bem como proporcionar conforto com a seleção de volume e temperatura no painel pelo próprio usuário.

Como base de cálculo iremos considerar os valores de: Água R\$ 4,42/m³ e de Energia Elétrica R\$ 0,715/KW/H (referentes às contas do mês de abril de 2019, disponibilizado pelas empresas DAAE e CPFL, respectivamente), 50 litros de água por pessoa, tempo de aquecimento da água pelo sistema proposto de 15 minutos (para 100 litros a 44°C), tempo para estabilização do aquecedor solar de 2 minutos, economia do aquecedor solar em relação ao chuveiro elétrico de 70% na energia elétrica e um chuveiro elétrico de 5,5 KW. Podemos analisar os seguintes resultados:

Tabela 1: Análise de Resultados (Fonte: Elaborada pelo autor)

Equipamento	Nº de Pessoas	Tempo de banho /Pessoa	Vazão L/min	Total por mês (m ³)	Total por mês (KW/h)	Conta de Água	Conta de Luz	Total
Chuveiro Elétrico	2	10 min	5	3	55	R\$ 13,26	R\$ 39,32	R\$ 52,58
Aquecedor Solar	2	12 min	5	3,6	16,5	R\$ 15,91	R\$ 11,80	R\$ 27,71
Sistema Proposto	2	10 min	5	3	22,5	R\$ 13,26	R\$ 16,09	R\$ 29,35

Com base nos resultados analisados na Tabela 1, a economia de energia elétrica do sistema proposto em relação ao chuveiro elétrico será de 45,8% (R\$ 39,32 para R\$ 16,09) e uma economia de 16,5% na conta de água em relação ao aquecimento solar (R\$ 15,91 para R\$ 13,26), gerando uma economia anual de 7200L de água para cada duas pessoas.

5. CONCLUSÕES

Concluimos que, o sistema apresenta diversos pontos positivos para seu desenvolvimento, como:

- Economia de 45,8% na conta de energia elétrica em relação ao chuveiro elétrico de 5,5KW;
- Economia de 16,5% de água em relação ao aquecimento solar;
- Economia de 7200L anuais de água para cada duas pessoas, evitando o desperdício e preservando o meio ambiente;
- Novo conceito ainda não existente;
- Não emite CO₂;
- Controle preciso de temperatura desejada pelo usuário;
- Redução do consumo de combustíveis fósseis;
- Melhor custo benefício entre os três sistemas;
- Pode ser integrado a um sistema de aquecimento solar já existente na residência diminuindo ainda mais o consumo de energia elétrica.

6. REFERÊNCIAS

- ABNT. NBR 7198- Projeto e execução de instalações prediais de água quente. Rio de Janeiro, 1993. 1–6 p.
- CARVALHO, C. H. F. de., 2005 “Projeto de um Sistema de Aquecimento Solar de Água para Pousadas”
Disponível em: http://www.solenerg.com.br/files/monografia_carloshenrique.pdf
Acesso em 29/11/2018
- CUMULUS, 2009 “Manual de uso e instalação do sistema de aquecimento solar”.
Disponível em: http://www.cumulus.com.br/br/imagens/produtos/solar_manual.pdf
Acesso em 26/02/2019
- DUFFIE, J. A.; BECKMAN, W. A., 1980 - Solar engineering of thermal processes. 2. ed. New York, EUA: John Wiley e Sons, 1980. 1–919 p
- ELETRONBRAS, 2009 “Avaliação do Mercado de Eficiência Energética do Brasil”.
Disponível em: <http://www.procelinfo.com.br/main.asp?View=%7B5A08CAF0-06D1-4FFE-B335-95D83F8DFB98%7D&Team=¶ms=itemID=%7B99EBBA5C-2EA1-4AEC-8AF2-5A751586DAF9%7D;&UIPartUID=%7B05734935-6950-4E3F-A182-629352E9EB18%7D>
Acesso em 25/02/2019
- EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE), 2018 – “Matriz Energética e Elétrica”
Disponível em: <http://epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>
Acesso 27/02/2019
- KALOGIROU, S. A., 2009 – Solar Energy Engineering: Processes and Systems. 1. ed. EUA: Academic Press, Elsevier, 2009. 1–760 p.
- LASSO, Claudio O., 2010 – “As desvantagens do sistema de aquecimento solar”
Disponível em: <http://www.administradores.com.br/noticias/cotidiano/as-desvantagens-do-sistema-de-aquecimento-solar/33571/>

Acesso em 29/11/2018

MUNDO DA ELÉTRICA, 2015 – “Como funciona um chuveiro elétrico ? ”

Disponível em: <https://www.mundodaeletrica.com.br/como-funciona-um-chuveiro-eletrico/>

Acesso em 12/03/2019

MUNDO DA ELETRICA, 2015 “Chuveiro elétrico, vantagens e desvantagens”

Disponível em: <https://www.mundodaeletrica.com.br/chuveiro-eletrico-vantagens-e-desvantagens/>

Acesso em 29/11/2018

PASSOS, 2011 - “Cenários Econômicos de Impacto da Energia Solar para Aquecimento de Água Doméstico no Extrato de Consumidores de Baixa Renda Usuários de Chuveiros Elétricos no Brasil”

Disponível em: http://www.lepten.ufsc.br/producao/diss_luigi.pdf

Acesso em 15/12/2018

PORTAL SOLAR, 2014 – “Oque é energia solar ?”

Disponível em <https://www.portalsolar.com.br/o-que-e-energia-solar-.html>

Acesso em 06/03/2019

THOMPSEN, A.. 2014. “O que é arduino?”

Disponível em: <https://www.filipeflop.com/blog/o-que-e-arduino/>

Acesso em 08/06/2019

7. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

Os autores são os únicos responsáveis pelas informações incluídas neste trabalho.