2020 ENTAC
XVIII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído
Futuro da Tecnologia do Ambiente Construído e os Desafios Globais
Porto Alegre, 4 a 6 de novembro de 2020

ESTUDO DA VIABILIDADE ECONÔMICA DE UM SISTEMA DE AQUECIMENTO SOLAR DE ÁGUA EM UMA RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR EM LAGOA SANTA (MG) [1]

GEÁ, Luíza (1); LEMOS, Vinícius (2); OLIVEIRA, Raquel (3); LIMA, Frederico (4)

(1) Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG), Departamento de Engenharia Civil (DEC), luizagea@yahoo.com.br
(2) CEFET-MG Dep. de Engenharia Mecânica (DEM), glemos.vinicius@gmail.com
(3) CEFET-MG DEC, raqueldiniz@cefetmg.br
(4) CEFET-MG DEM, fredericoromagnoli@gmail.com

RESUMO

O avanço da tecnologia repercutiu em uma maior dependência de combustíveis fósseis para suprir a sua demanda energética. Em contrapartida, alternativas de obtenção de energia de forma mais sustentáveis estão sendo estudadas. O objetivo deste trabalho foi avaliar o uso do aquecimento solar em substituição ao chuveiro elétrico em residência unifamiliar de classe média, em Lagoa Santa (MG). Por meio de orçamento preliminar levantou-se o custo dos componentes, materiais e serviços para sua implementação. Complementarmente, estimou-se a demanda energética relacionada ao uso do chuveiro bem como a economia gerada pelo aquecedor solar. Posteriormente, aplicou-se os métodos do payback descontado e Taxa Interna de Retorno para a análise econômica. Os resultados indicaram viabilidade do uso do aquecedor solar com um retorno ao investidor a partir de aproximadamente 13 anos e meio. Conclui-se, portanto, que apesar do retorno ocorrer em um pouco mais da metade da vida útil do sistema (25 anos) o investimento inicial apresentou um peso significativo. Assim, para que esta tecnologia tenha um maior alcance seria relevante estudos que permitissem baratear o sistema bem como incentivos ficais por parte do governo para difundir a sua adoção, especialmente nas habitações de interesse social.

Palavras-chave: *Aquecimento solar de água. Análise econômica. Economia de energia.*

ABSTRACT

The advancement of technology has resulted in a greater dependence on fossil fuels to supply energy demand. On the other hand, alternatives for obtaining energy more sustainably are being studied. The objective of this study was to evaluate the use of solar water heating to replace the electric shower in a single-family residence, in Lagoa Santa (Brazil). A preliminary budget estimate was carried out considering the cost of components, materials, and services for its implementation. Besides, it was estimated the energy demand for shower use as well as the savings generated by the solar heater. Subsequently, the discounted payback and Internal Return Rate methods were applied for economic analysis. The results indicated the feasibility of using the solar heater with a return to investors from approximately 13 and a half years. It is concluded, therefore, that despite the return

[1] GEÁ, Luíza; LEMOS, Vinícius; OLIVEIRA, Raquel D.; LIMA, Frederico R. S. Estudo da viabilidade econômica de um sistema de aquecimento solar de água em uma residência unifamiliar em Lagoa Santa (MG). In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 18., 2020, Porto Alegre. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2020.

occurring in a little more than half of the system's lifespan (25 years), the initial investment presented a significant weight. Thus, further studies to enhance this technology reach or to make it cheaper should be done. Government's fiscal incentives could also contribute to spread its adoption, especially in social housing.

Keywords: *Solar water heating. Economical analysis. Energy-saving.*

1 INTRODUÇÃO

A energia renovável atualmente representa um dos assuntos de maior destaque no meio acadêmico e científico, conforme Google Trends ™. A ampla utilização de fontes energéticas poluidoras, associada ao aquecimento global e aos impactos ambientais decorrentes do desenvolvimento urbano são motivos de preocupação recorrente já que os modos de vida em âmbito global se mostram cada vez mais dependentes de quantidade crescente de energia (PATTO, 2009; LEVESQUE *et al*., 2018). Nesse cenário, Şerban *et al*.**,** 2016 destacam a relevância do sistema de aquecimento solar (SAS) de água para banho para reduzir o consumo de energia bem como as emissões de gases de efeito estufa, como o CO2. Mogawer e Souza (2004) complementam que a substituição do sistema de aquecimento elétrico por àquele solar se faz necessária uma vez que o chuveiro elétrico, por se tratar de uma opção mais barata inicialmente em virtude do seu custo de implantação se mostra como um vilão do sistema elétrico nacional.

Segundo Pesquisa de Posse e Hábitos de Uso de Equipamentos Elétricos na Classe Residencial, aproximadamente 57% dos domicílios brasileiros não possuem água quente para banho. O aquecimento elétrico é predominante (40,90%) ao passo que as demais opções, como por exemplo, solar, gás, outros (querosene ou álcool) e lenha apresentam pouca representatividade (0,96, 0,51, 0,06 e 0,03%, respectivamente). Nas regiões mais frias, tais como Sul e Sudeste, o aquecimento elétrico representa 96,3% e 81,9%, respectivamente (BRASIL, 2019). O uso predominante deste sistema para aquecimento de água gera pico de demanda instantânea de energia, ocasionando horários de sobrecarga do sistema elétrico nacional. Sendo assim a distribuição da eletricidade neste período se torna mais complexa por parte das Companhias Energéticas em virtude da necessidade de acionamento das usinas termelétricas movidas a combustíveis e, portanto, mais cara para o consumidor (PASSOS; CARDEMIL; COLLE, 2014).

Nas residências de baixa renda, o chuveiro elétrico representa, em média, 23% do total da conta de energia elétrica (NASPOLINI; MILITÃO; RÜTHER, 2010). Silveira e Gardolinski (2016) demonstraram que 60% de representatividade por parte de um chuveiro de 5.400W na eletricidade mensal consumida (abaixo da faixa de 220kWh) de uma família de baixa renda composta por 4 pessoas, conforme simulação para o estado do Rio de Janeiro, considerando 1 banho diário de 10 minutos para cada um. Assim, a substituição deste sistema pode possibilitar um grande potencial de economia por meio de fontes alternativas. De acordo com Vasconcellos e Limberger (2012), a utilização da energia solar térmica como fonte principal no aquecimento de água para banho propicia benefícios para os consumidores, concessionárias de energia elétrica, governo e também para o meio ambiente. Projeções apresentadas no Plano Nacional de Energia indicam que, em 2050, os chuveiros elétricos participarão com 31,9% no aquecimento de água para banho ao passo que o aquecimento solar apresentará 20,2% de participação. Os domicílios sem água quente representarão 16,4% já as outras fontes e o gás natural, 3,8 e 27,7%, respectivamente (EPE, 2014). Contudo, apesar dos benefícios e do

grande potencial de uso da tecnologia solar em virtude do seu alto nível de incidência no território brasileiro, a sua difusão ainda é bastante reduzida em comparação com outros países com menor potencial como a Alemanha, por exemplo (REIS; TIBA, 2016).

Considerando a durabilidade média estimada de 20 anos (240 meses), Silveira e Gardolinski (2016) demonstraram viabilidade financeira de um sistema de aquecimento solar de água para uso residencial em comparação com aquele elétrico indicando 137 meses (11 anos e 5 meses) para recuperar o investimento realizado, considerando custo da tarifa social de eletricidade com desconto para baixa renda no estado do Rio de Janeiro, bem como o custo para a implantação do sistema. Já Oliveira (2017) indicou viabilidade econômica da implantação de um sistema de aquecimento solar para água de banho, com *backup* elétrico de 2kW de resistência para os períodos não atendidos (de maio a agosto). A implantação deste sistema foi analisada para o vestiário de um alojamento militar em Porto Alegre (RS), em substituição ao uso de chuveiros elétricos com potência de 5.500W nos meses mais frios e 2.500W, naqueles mais quentes. Foram considerados 200 banhos diários de 8 minutos, no horário fora de ponta. O tempo de retorno encontrado pela autora, considerando o *payback* descontado, foi de 10,96 anos (~132 meses), para uma vida útil do sistema estimada de 20 anos. ŞERBAN *et al*. (2016) complementam que caso haja subsídios governamentais de até 50% para aquisição de SAS o *payback* descontado poderia reduzir de 6,8 a 8,6 anos para 3,1 a 3,9 anos, além de ocasionar aumento da economia líquida das famílias romenas. Esses resultados indicam que o investimento nesses sistemas pode ser rentável desde que os subsídios governamentais aumentem.

Kalogirou (2004) divide os sistemas de aquecimento solar de água em cinco tipos, sendo dois passivos (Termossifão e Coletor Integrado) e três ativos (Sistemas de Circulação Direta, Sistemas de Circulação Indireta e Sistemas a Ar). No presente estudo considerou-se um sistema passivo com termossifão, que dispensa o uso de bombas e utiliza da diferença de densidade para movimentar o fluido em seu interior. Desta forma, apresenta-se um estudo dos impactos econômicos gerados pelo o uso do sistema de aquecimento solar (SAS) em substituição ao chuveiro elétrico em residência unifamiliar, em Lagoa Santa (MG).

2 METODOLOGIA

A metodologia desta pesquisa divide-se em três etapas. A primeira trata do levantamento das características da residência selecionada como objeto de estudo. A segunda consistiu na estimativa do custo total de implantação bem como a economia gerada pela substituição da fonte elétrica usada no chuveiro pela utilização do SAS. Realizou-se consulta de preços a 3 fornecedores dos componentes associados ao SAS e sua instalação para definição do preço médio do sistema. Para o cálculo da economia utilizou-se o dado médio tarifário obtido (kWh) a partir das contas de energia elétrica da edificação, entre os meses de abril de 2016 e abril de 2017. A Análise da viabilidade econômica realizada na terceira etapa aplicou os seguintes métodos: *payback* simples e descontado, valor presente líquido e taxa interna de retorno.

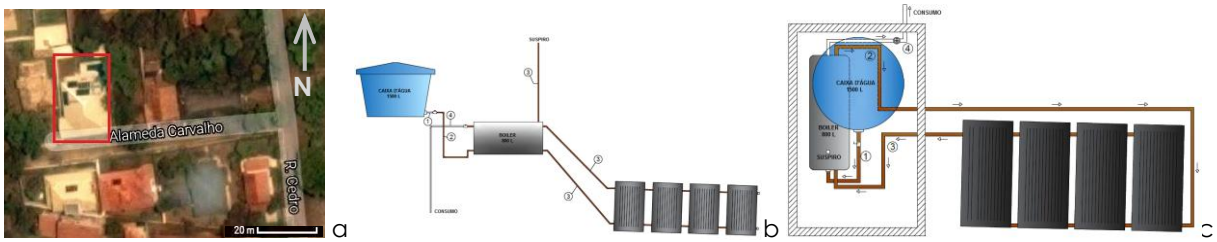
3 ESTUDO DE CASO

O estudo de caso foi realizado em uma residência unifamiliar de 269 m², localizada em um Condomínio de alto padrão, na cidade de Lagoa Santa (MG), Região

Metropolitana de Belo Horizonte (Figura 1). A edificação é dotada de quatro quartos, sendo um suíte, dois banheiros, lavabo, sala de estar e de jantar conjugada, cozinha, despensa e área de serviço para uso de três moradores. O SAS existente (Figura 2 e 3) conta com quatro conjuntos de placas aquecedoras, três voltados para o Norte e um para o Oeste, sendo que apenas um dos conjuntos voltado para o Norte, composto por quatro placas solares (cada uma com 1x2m e 8m² de área total), atende às necessidades da residência, enquanto os outros são utilizados para o aquecimento da piscina. O SAS, objeto da presente análise de viabilidade, é conectado a dois chuveiros, uma ducha externa e três torneiras. A análise restringiu-se apenas à economia gerada pelo uso do SAS nos chuveiros, em comparação à utilização do aquecimento elétrico.

Em relação ao orçamento do SAS, o preço médio cotado para os seus insumos foi de R$ 5.282,11 ao passo que o custo médio da sua instalação foi de R$550,00. O valor total do investimento desse sistema foi, portanto, de R$ 5.832,11 e utilizaremos o valor de R$5.840,00 como arredondamento.

Figura 1 – Implantação e Esquema em corte e em planta (sem escala) do SAS da residência analisada



Fonte: Adaptado de GOOGLE MAPS (2020). Legenda: 1) Tubo de PVC (Ø 32mm) para água fria saindo da caixa entrando na parte inferior do boiler; 2) Tubo de Cobre (Ø 28mm) para água fria saindo do boiler e passando pelas placas de aquecimento solar; 3) Tubo de Cobre (Ø 22mm) para água aquecida saindo das placas e entrando na parte superior do boiler, e 4) Tubo de Cobre (Ø 22mm) para água quente saindo da parte superior do boiler para consumo.

Segundo o Atlas Solarimétrico de Minas Gerais (REIS; TIBA, 2016), a radiação anual média na região de Lagoa Santa está entre 5,2 e 5,6 kWh/m², tendo sido considerado o menor valor da faixa, como referência. Por meio da radiação solar média diária anual (Rm) e da superfície de aquecimento da placa (S) obteve-se a quantidade de energia máxima produzida pelo sistema (Ep) conforme disposto nas Equações 1 a 3 (PATTO, 2009), também é importante citar que todo o sistema está sujeito a perdas, dessa forma a energia máxima não será atingida por esse conjunto.

$$\mathrm{E_p} = \mathrm{R_m} \,.\, \mathrm{S} = 5{,}2 \frac{\mathrm{kWh}}{\mathrm{m^2.dia}} \,.\, 8\ \mathrm{m^2} = 41{,}6\ \frac{\mathrm{kWh}}{\mathrm{dia}} \quad (1)$$

$$\mathrm{E_{p,mensal}} = 41{,}6\ \frac{\mathrm{kWh}}{\mathrm{dia}} \,.\, 30 \frac{\mathrm{dias}}{\mathrm{mês}} = 1.248 \frac{\mathrm{kWh}}{\mathrm{mês}} \quad (2)$$

$$\mathrm{E_{p,anual}} = \mathrm{E_{p,mensal}} \,.\, 12\ \mathrm{meses} = 1.248 \,.\, 12 = 14.976\ \frac{\mathrm{kWh}}{\mathrm{ano}} \quad (3)$$

Para o cálculo da energia consumida (Ec) pela utilização do chuveiro elétrico (kWh), considerou-se a Equação 4 (PATTO, 2009) que utiliza a potência máxima do chuveiro (P) que dispunha de 4 temperaturas e 6400W de potência (LORENZETTI,

2016), o tempo médio de banho (t) de 12 minutos, conforme média informada pelos moradores, a frequência diária de (f) de um banho por morador e número de moradores (n) que no caso foi de três pessoas. A energia consumida para este sistema ao longo do ano foi sintetiza na Tabela 1.

$$E_c = P \ . \ t \ . \ f \ . \ n \qquad (4)$$

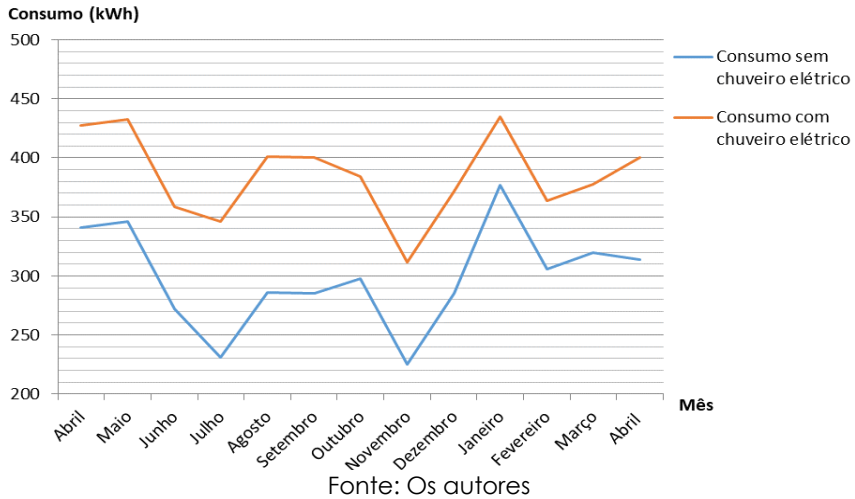
Tabela 1 – Cálculo de energia consumida

Época	Potência , P (kW)	Tempo médio, t (h)	Frequência de banhos, f	Número de moradores, n (pessoas)	Energia consumida, Ec (kWh/dia)	Energia cons. Mensal, Ec, (kW/mês)	Energia cons. Anual, Ec, (kWh/ano)
Verão	3,2	0,2	1	3	1,92	57,6	172,8
Inverno	6,4	0,2	1	3	3,84	115,2	345,6
Primav. E Out.	4,8k	0,2	1	3	2,88	86,4	259,2

Fonte: Os autores

Na Figura 2 observa-se, em azul, o consumo real de energia da residência entre abril de 2016 e abril de 2017, sem a utilização do chuveiro elétrico; e, em laranja, o consumo de energia estimado caso o chuveiro elétrico fosse utilizado.

Figura 2 – Gráfico do consumo mensal de energia com e sem utilização do chuveiro elétrico ao longo do ano



Fonte: Os autores

Para o cálculo do valor do montante anual economizado (Mae), considerou-se a economia de eletricidade gerada pelo sistema (Ea), sendo a diferença entre as medições com o uso do chuveiro elétrico e sem o mesmo, 777,8 kWh no período de abril a outubro e 432 kWh no período de novembro a abril. Considerou-se também um valor médio tarifário ™ de R$ 0,82029064/kWh conforme disposto na Equação 6 e para o montante médio mensal economizado (Mmme) fez-se uma média para 12 meses de acordo com a Equação 7 (PATTO, 2009).

$$Mae = Ea \,.Tm = \ 1.036{,}8 \ . \ 0{,}82029064 = R\$\ 850{,}47 \qquad (6)$$

$$Mmme = Mae \ \div 12\ meses = \ 850{,}47 \ \div 12 = R\$\ 70{,}87 \qquad (7)$$

Em síntese, o valor de R$5.840,00 no ano zero, referente ao investimento inicial foi o único desembolso considerado durante toda a vida útil do sistema estimada em 25 anos (ŞERBAN *et al.*, 2016) uma vez que a manutenção periódica de limpeza das placas pode ser realizada, sem custo, pelos moradores. Os fluxos positivos de caixa dos anos seguintes são iguais à economia gerada pelo sistema anualmente, aproximada em R$850,00. Assim, para estimar o *Payback* descontado considerou-se

o valor futuro (VF), em função do valor presente (VP), pela taxa de desconto (i) e pelo período do fluxo de caixa em relação ao ano zero (n) conforme disposto na Equação 9 (PATTO, 2009). Para a determinação da taxa de desconto, foi realizada uma média de diversos investimentos no tesouro direto, considerando apenas os de renda fixa, a qual retornou o valor de 11% a.a.

$$VF = VP\,(1+i)^n \;\rightarrow\; VP = \frac{VF}{(1+i)^n}, = \frac{850}{(1+0{,}11)^1} = R\$\,765{,}77 \qquad (9)$$

Assim, o VP dos fluxos de caixa para *payback* descontado durante a vida útil do sistema foi sintetizado na Tabela 2. Verificou-se, portanto, que o retorno lucrativo ocorreu entre os anos 13 e 14.

Tabela 2 – Valor Presente dos fluxos de caixa para *payback* descontado

Ano	Fluxos de Caixa (FC)	Valor Presente dos FC	Fluxo de Caixa Acumulado
0	-R$ 5.840,00	-R$ 5.840,00	-R$ 5.840,00
1	R$ 850,00	R$ 765,77	-R$ 5.074,23
2	R$ 850,00	R$ 689,88	-R$ 4.384,36
3	R$ 850,00	R$ 621,51	-R$ 3.762,84
4	R$ 850,00	R$ 559,92	-R$ 3.202,92
5	R$ 850,00	R$ 504,43	-R$ 2.698,49
6	R$ 850,00	R$ 454,44	-R$ 2.244,04
7	R$ 850,00	R$ 409,41	-R$ 1.834,63
8	R$ 850,00	R$ 368,84	-R$ 1.465,80
9	R$ 850,00	R$ 332,29	-R$ 1.133,51
10	R$ 850,00	R$ 299,36	-R$ 834,15
11	R$ 850,00	R$ 269,69	-R$ 564,46
12	R$ 850,00	R$ 242,96	-R$ 321,50
13	R$ 850,00	R$ 218,89	-R$ 102,61
14	R$ 850,00	R$ 197,20	R$ 94,59
15	R$ 850,00	R$ 177,65	R$ 272,24
16	R$ 850,00	R$ 160,05	R$ 432,29

Fonte: Os autores

Assim, considerando o último fluxo de caixa negativo proporcionalmente ao tempo a mais necessário para se igualar a entrada de recursos à saída, obteve-se aproximadamente 161 meses de *payback* descontado (Pd) no qual o projeto se pagará, conforme Equação 11 (PATTO, 2009).

$$Pd = 13\ anos + \frac{R\$\,102{,}61}{R\$\,218{,}89} = \ 13{,}47\ anos = 13\ anos,\ 5\ meses\ e\ 19\ dias \qquad (11)$$

A taxa interna de retorno (TIR) corresponde à taxa de desconto que é igual ao Valor Presente Líquido igual a zero, ou seja, igual ao valor presente das receitas obtidas ao desembolso inicial. Para que o projeto seja considerado viável, a TIR deverá ser igual ou maior à TMA aplicada. O cálculo é feito conforme a Equação 12, sendo i a variável a ser encontrada, correspondente à TIR do projeto.

$$0 = \ -VF_0 + \frac{VF_1}{(1+i)} + \frac{VF_2}{(1+i)^2} + \ \ldots + \frac{VF_n}{(1+i)^n} \qquad (12)$$

Para o presente projeto, obteve-se $TIR = 14{,}01\ \%$. Uma vez que a taxa de desconto aplicada foi menor do que a TIR encontrada (11,00% < 14,01%) verificou-se que o projeto se mostrou economicamente viável. A comparação entre os dois métodos foi sintetizada na Tabela 3.

Tabela 3 – Resultados do estudo econômico

Método	Resultado	Pré-requisito	Status
Payback Descontado	13 anos, 5 meses e 19 dias	Abaixo de 25 anos	Viável
Taxa Interna de Retorno	14,01 %	TIR > 11 % (TMA)	Viável

Fonte: Os autores

TMA: Taxa mínima de aplicabilidade.

O SAS em substituição ao chuveiro elétrico se mostrou economicamente viável para uma residência unifamiliar, em Lagoa Santa (MG) a exemplo de estudos prévios em outras localidades do Sudeste e Sul do Brasil (SILVEIRA; GARDOLINSKI, 2016; OLIVEIRA, 2017). A diferença entre a vida útil estimada de 25 anos neste estudo em comparação com os 20 anos considerados por Silveira e Gardolinski (2016) e Oliveira (2017) não impactaria no tempo de retorno do investimento, mas acarretaria, por outro lado, em uma maior economia acumulada ao longo do período considerado. O valor da radiação anual média incidente na localidade, a maior potência do chuveiro elétrico de referência, o tempo e a frequência de banhos diários além do valor médio da tarifa de Minas Gerais em comparação com a tarifa social do Rio de Janeiro (SILVEIRA; GARDOLINSKI, 2016) e tarifa convencional do Rio Grande do Sul (OLIVEIRA, 2017), em períodos distintos, podem ter contribuído para a obtenção de um maior tempo de retorno (161 meses) em comparação com àquele observado 137 meses para o estudo de Silveira e Gardolinski (2016) e, de aproximadamente 132 meses para o caso analisado por Oliveira (2017). O presente estudo, a semelhança do estudo realizado por Silveira; Gardolinski (2016) não demandou *backup* para os períodos não atendidos em virtude de temperaturas mais baixas como ocorreu em Porto Alegre (OLIVEIRA, 2017). Em todos os estudos a variabilidade do valor da tarifa ao longo da vida útil do sistema foi uma limitação comum. Entretanto, ainda que em diferente condição climática, porte e característica variada de residência e SAS, o sistema se mostrou viável para substituir o aquecedor elétrico de água para banho.

4 CONCLUSÃO

A metodologia adotada neste estudo possibilitou verificar a viabilidade econômica da utilização do sistema de aquecimento solar (SAS) em comparação com àquele elétrico, para uma residência unifamiliar na cidade de Lagoa Santa (MG). Os resultados obtidos demonstraram viabilidade financeira da adoção do SAS. Por meio do método do *payback* descontado verificou-se um retorno de 13 anos e meio, que equivale a pouco mais do que a metade da vida útil do sistema, que é de 25 anos. A Taxa Interna de Retorno (TIR) também indicou impactos econômicos positivos uma vez que a TIR foi maior do que a taxa de rendimento adotada.

Em síntese verificou-se que a utilização do SAS para o caso estudado se mostrou economicamente viável, reduzindo o consumo de eletricidade e os gastos com eletricidade. O estudo de viabilidade deste tipo de sistema contribui para disseminação de fontes alternativas de energia renovável, com menor impacto ambiental além de coadunar com as metas de redução de consumo de

eletricidade previstas Plano Nacional de Energia (PNE 2050). Além disto, a redução da demanda de energia instantânea no sistema elétrico nacional nos horários de ponta pode contribuir para melhorar a distribuição e os custos envolvidos neste processo. Estudos de viabilidade econômica e/ou de melhoria de eficiência de SAS ou outros sistemas alternativos ao chuveiro elétrico nesta ou em demais localidades podem contribuir para o aumento do uso destas alternativas no território nacional. A indicação de propostas e diferentes políticas de incentivo também poderão contribuir para ampliar o uso deste sistema na medida em que promove benefícios para a sua adoção.

AGRADECIMENTOS

Ao CEFET-MG, FAPEMIG, CAPES e CNPq pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

BRASIL. ELETROBRAS/PROCEL. **Pesquisa de Posse e Hábitos de Uso de Equipamentos Elétricos na Classe Residencial** – PPH Brasil 2019. Rio de Janeiro: ELETROBRAS/PROCEL, 2019.

EPE EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Demanda de energia 2050**. Série estudos da demanda de energia. Nota Técnica DEA 13/14. Rio de Janeiro: EPE, 2014.

KALOGIROU, Soteris A. Solar thermal collectors and applications. **Progress in Energy and Combustion Science**, v. 30, n. 3, 2004, p. 231-295.

LEVESQUE, A.; PIETZCKER, R. C.; BAUMSTARK, L.; DE STERCKE, S.; GRÜBLER, A.; LUDERER, G. How much energy will buildings consume in 2100? A global perspective within a scenario framework. **Energy**, 148, 2018, p. 514–527.

LORENZETTI. **Linha Duchas Top Jet**: Manual de Instruções de Instalação e Garantia. São Paulo: LORENZETTI, 2016.

MOGAWER, Tamer; SOUZA, Teófilo Miguel de. Sistema solar de aquecimento de água para residências populares. In: 5º Encontro de Energia no Meio Rural e Geração Distribuída – AGRENER GD 2004, Campinas. **Anais**... Campinas: UNICAMP, 2004. p. 01-09. Disponível em: <http://www.proceedings.scielo.br/pdf/agrener/n5v2/114.pdf>. Acesso em: nov. de 2016.

NASPOLINI, H. F.; MILITÃO, H. S. G.; RÜTHER, R. The role and benefits of solar water heating in the energy demands of low-income dwellings in Brazil. **Energy Conversion and Management**, v. 51, n. 12, p. 2835–2845, 2010.

OLIVEIRA, Taciana Rodrigues de. **Análise da viabilidade econômica da implantação de um sistema de aquecimento solar para banho em vestiário de instituição pública.** 2017. Monografia (especialização). Eficiência energética aplicada aos processos produtivos. Novo Hamburgo, Universidade Federal de Santa Maria, 2017.

PASSOS, L.; CARDEMIL, J. M.; COLLE, S. Feasibility study of using domestic solar hot water systems as alternative to reduce the electricity peak demand in Brazil. **Energy Procedia**, v. 57, p. 2487–2495, 2014.

PATTO, Francisco Rodrigues. **Aquecedor solar em substituição ao chuveiro elétrico. Lavras:** Universidade Federal de Lavras, 2009.

ŞERBAN, Alexandru; BĂRBUȚĂ-MIŞU, Nicoleta; CIUCESCU, Nicoleta; PARASCHIV, Simona; PARASCHIV, Spiru. Economic and environmental analysis of investing in solar water heating systems. **Sustainability** 2016, 8(12), 1286, p.1-21.

SILVEIRA, Marcos Ribeiro da; GARDOLINSKI, Maria Terezinha Hanel Antoniazzi. O sistema de aquecimento solar e a tarifa social de energia elétrica. **Uninter**, Caderno Gestão Pública, v. 9, n. 5, 2016. p. 40-57

REIS, Ruibran Januário dos; TIBA, Chigueru (Org.). **Atlas Solarimétrico de Minas Gerais**. Belo Horizonte: Editora Futura Express, 2016. v. II. 236 f.