

## AVALIAÇÃO DE UM SISTEMA DE AQUECIMENTO SOLAR DE BAIXO CUSTO (ASBC): DISSEMINAÇÃO DE TECNOLOGIA SOCIAL

DOI: <http://dx.doi.org/10.55449/congea.15.24.X-005>

Rafael João Pedro Scheremeta (\*), Gerson Araujo de Medeiros

\* Universidade Estadual Paulista (Unesp), Campus de Sorocaba – SP, e-mail: rafael.scheremeta@unesp.br.

### RESUMO

O aumento da demanda energética e a consequente necessidade de atendê-la tem estimulado a busca por fontes alternativas de energia renovável e que minimizem as emissões de gases de efeito estufa, além de incluir o acesso de regiões mais remotas do país. Levando em consideração o chuveiro elétrico como sendo o maior consumidor de energia dos lares brasileiros, o objetivo do presente trabalho foi construir e avaliar um aquecedor solar de Tecnologia Social (TS). Foram analisadas a eficiência, vantagens e desvantagens do sistema TS em relação a alternativas de aquecimento do chuveiro por energia solar com Tecnologia Convencional (TC), considerando uma residência no meio rural. A metodologia de construção do sistema de aquecimento solar foi baseada nas instruções presentes no Manual ASBC. Os custos da construção e operação do sistema foram levantados para a estimativa do retorno de investimento do projeto. Ao comparar os custos envolvidos com o projeto, constatou-se que apresenta menor retorno de investimento simples em relação a opções similares do mercado, entre 14 e 15 meses. O sistema TS teve sua temperatura da água analisada e comparada com a água não aquecida da casa, com diferença de 17,7°C de temperatura e atingindo até 43,3°C, no verão. Sua eficiência foi estimada a partir de dados da energia da radiação solar incidente em uma área e calculado com o valor experimental, sendo 50% de eficiência de conversão em calor.

**PALAVRAS-CHAVE:** gestão ambiental, impacto ambiental, energia renovável.

### INTRODUÇÃO

Com o aumento da população mundial, e a demanda energética crescendo em uma proporção dobrada a cada 30 anos, o maior desafio da sociedade é atender a tal demanda reduzindo os impactos sobre o meio ambiente. Dentre as principais alternativas, emerge a expansão das fontes mais limpas de energia, como a solar, pois mitiga as emissões de gases de efeito estufa (GEE), utilizando fontes renováveis (Donev et al., 2012)..

Levantar a pauta das energias alternativas vem sendo cada vez mais necessário, e uma das fontes mais viáveis de energia limpa é a solar, que é manifestada em diversas tecnologias atuais como: geração de energia elétrica, transporte, iluminação, aquecimento e movimentação de componentes mecânicos. Quando comparada à distribuição de combustíveis fósseis pelo mundo, a energia solar é uma fonte que evita a oscilação de preço e democratiza o acesso da população global. Como desvantagem, é uma fonte de energia que não é gerada de noite e em situações climáticas desfavoráveis, pelo bloqueio das luzes solares (Penereiro, 2010).

A democratização do acesso à energia é uma questão relevante em países com dimensões territoriais como o Brasil. Neste país, existem 237 localidades isoladas, a maior parte nos estados de Roraima, Rondônia, Amapá, Amazonas e Pará. Nessas localidades, o consumo de energia representa menos de 1% da carga energética total do país. Em 2020, estimava-se que cerca de um milhão de pessoas vivendo na Amazônia Legal não tinham acesso ao serviço público de energia elétrica, destacando-se aquelas que viviam na área rural e terras indígenas (Ferreira & Silva, 2021). Essas populações acabam sendo reféns dos altos preços de combustíveis fósseis e de lenha, para garantir apenas algumas horas de iluminação noturna. Por consequência, esses cidadãos acabam não tendo acesso à educação de qualidade, à comunicação e a melhorias em sua produção agroextrativista. Como não é possível o acesso à eletricidade pela via tradicional de distribuição de energia para esse segmento da população, exige investimentos em fontes de energia renovável descentralizada e gerada no local de consumo.

Nesse contexto, tecnologias devem ser desenvolvidas para o enfrentamento da demanda energética de comunidades isoladas. As opções disponíveis no mercado podem ser classificadas em Tecnologia Convencional (TC) e Tecnologia Social (TS). A TC possui padrões orientados pelo mercado de alta renda, sendo necessário aquisição de equipamentos mais modernos e de alto valor agregado, além de exigir a terceirização da instalação. Isso monopoliza a tecnologia com grandes empresas e tira autonomia do usuário final, alienando-o ao serviço terceirizado. Já a TS é definida como a tecnologia menos discriminatória, e traz mais autonomia ao usuário final, pois ele deve ser capaz de viabilizar economicamente os empreendimentos auto gerenciáveis e se não for competitivo (ou não tiver sustentabilidade) em relação ao TC, não vai conseguir constituir uma alternativa econômica, nem chegar a ser uma alternativa real de inclusão social para a população que mais necessita (Dagnino et al, 2004).

Pereira et. al. (2017) afirmam que os gastos com aquecimento de água equivalem a 24% do consumo de energia elétrica pelo setor residencial, o qual atinge seu máximo entre 18h e 21h. Essa faixa de horário concentra uma demanda de carga elevada para o suprimento de energia e implica em altos custos com a geração, transmissão e distribuição da eletricidade. Nesse contexto, o aquecimento solar térmico torna-se uma alternativa sustentável ao chuveiro convencional, reduzindo o consumo de energia para esse fim e, conseqüentemente, nos gastos correntes de cada residência.

## OBJETIVO

Esse trabalho teve por objetivo estimar os potenciais impactos ambientais de um Centro de Conservação e Reprodução de Animais do setor zoológico, sob a perspectiva de ciclo de vida.

## METODOLOGIA

### 1. Descrição do Sistema

A parte experimental deste projeto foi desenvolvida na zona rural da cidade de Tatuí-SP (23°21'21" S, 47°51'25" W) com clima subtropical, 645 m de altitude. O sistema foi baseado no projeto desenvolvido pela Sociedade do Sol, pois pode ser facilmente construído e implementado em comunidades remotas e desprovidas de acesso a energia elétrica, como aquelas da região Norte do Brasil. Esse sistema de aquecimento tem como objetivos principais: a melhoria social, a conservação de energia, a preservação ambiental, a redução de emissões de GEE, além da possibilidade de gerar empregos e economia financeira familiar (SOSOL, 2012).

O princípio de funcionamento do ASBC se assemelha ao sistema tradicional de aquecimento solar de água, a diferença é o tipo de material utilizado e a possibilidade de construção por comunidades remotas.

O sistema foi dimensionado para uma casa com apenas um chuveiro elétrico, adaptado com um misturador de água quente e fria, que atende 2 moradores (Figura 1). Para a construção do sistema foram utilizados materiais disponíveis em lojas de materiais de construção, como: placa modular de PVC (1,25 m x 0,62 m), tubo de PVC de 25 mm, lixa, resina asfáltica, talco, massa plástica, cola, caixa d'água de 300 L, tinta esmalte preta, conexões e braçadeiras. O custo total do sistema atingiu R\$ 509,50, em 2019.



**Figura 1. Aquecedor solar instalado em residência da zona rural de Tatuí, estado de São Paulo.**

### 2. Avaliações do desempenho do sistema de aquecimento

Na avaliação de desempenho do sistema comparou-se o gasto de energia da residência no período de outubro de 2018 a maio de 2019 (sem o sistema instalado), com o período de outubro de 2019 a maio de 2020 (com o sistema instalado). Deve-se destacar que a residência possui outros eletrodomésticos que demandam energia, como: geladeira, bomba d'água, iluminação externa e interna, televisor, máquina de lavar, micro-ondas e aspirador de pó. Por esse motivo, considerou-se que o consumo de energia desses aparelhos foi o mesmo para os dois períodos.

Um teste de temperatura foi realizado, no período de 05 a 07 de janeiro de 2022, às 18h00, correspondendo ao horário de banho dos residentes. Nesse teste, realizado por meio de termômetro digital com sonda de 23 cm (-50°C a 300°C) e escala 0,1°C, foi medida a temperatura da água na condição sem aquecimento, e aquela com o sistema em funcionamento. Dez medidas foram realizadas para cada condição avaliada

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 1. Avaliação do consumo de energia

O tempo médio de banho diário para cada morador é de cerca de 15 minutos, correspondendo a um total de 30 minutos por dia na residência. Considerando a potência do chuveiro elétrico de 5,5 kW, estima-se um consumo de energia de 2,75 kWh diariamente, somente considerando o banho. Assim, o sistema proporcionaria uma economia total anual de 1.004 kWh ou uma economia efetiva de 750 kWh por ano. Esse valor corresponderia a uma economia financeira anual de R\$ 400,00, permitindo recuperar o investimento em 15,3 meses.

O consumo total de energia no período anterior à instalação das placas (outubro de 2018 a maio de 2019) foi de 3.263 kWh. Após a instalação do aquecedor solar (outubro de 2019 a maio de 2020) esse consumo atingiu 2.849 kWh, permitindo uma redução total no consumo de 412 kWh, ou 13%. Essa diferença de consumo entre os períodos avaliados representou uma economia estimada de R\$ 218,45. A média mensal de consumo foi reduzida em 52 kWh, ou R\$ 27,42, variando de 408 kWh para 356 kWh.

Siqueira (2009) avaliou o desempenho do mesmo modelo de aquecedor solar do presente trabalho, para atender ao consumo de quatro adultos e duas crianças em Uberlândia-MG. Nesse estudo, a instalação do sistema de aquecimento proporcionou uma redução de consumo mensal de energia de 114 kWh para 81 kWh, ou 29%.

### 2. Avaliação da temperatura

O levantamento no primeiro dia de coleta (05 de janeiro de 2022) foi em intervalos de uma hora, das 06h00 às 20h00 (Tabela 1). Nos demais dias, a medição foi realizada no horário de pico de temperatura, determinado pelos resultados do primeiro dia de medições, e coincidente com a rotina de banho dos residentes.

**Tabela 1. Temperatura da água no sistema de aquecimento solar (T1) e na condição ambiente (T2), na cidade de Tatuí-SP, em 05 de janeiro de 2022.**

Horário	T1 (°C)	T2 (°C)	$\Delta T$ (°C)
07h00	28,3	25,3	3,0
08h00	29,3	25,3	4,0
09h00	31,0	25,4	5,6
10h00	32,3	25,3	7,0
11h00	33,9	25,5	8,4
12h00	35,4	25,7	9,7
13h00	36,5	26,0	10,5
14h00	39,3	26,1	13,2
15h00	40,8	26,1	14,7
16h00	42,2	26,2	16,0
17h00	43,1	25,9	17,2
18h00	43,3	25,8	17,5
19h00	41,1	25,6	15,5
20h00	39,8	25,6	14,2

$$\Delta T = (T1 - T2)$$

A temperatura máxima atingiu 43,3°C às 18h00, pois o telhado está em uma orientação à sudoeste que favorece o aquecimento de água no fim do dia e com uma inclinação aproximada de 25°. Nessas condições o Sol do verão ainda está se pondo e incidindo nas placas.

Baseado nesse resultado, os dados de temperatura ao longo dos dias subsequentes foram coletados às 18h00 (Tabela 2). No período avaliado a amplitude de temperatura da água aquecida variou de 43,1 a 44,1°C, e a média atingiu 43,5°C. Já a água fria apresentou uma amplitude de 17,3 a 18,2°C, e alcançou uma temperatura média de 25,8°C, no período avaliado. Em média, a variação de temperatura média, com a introdução do sistema de aquecimento, alcançou 17,7°C às 18h00. Na literatura, um estudo de caso utilizando o sistema empregado no presente estudo reportou uma temperatura

máxima de 50°C e um  $\Delta T$  de 17,9°C às 16h20, no mês de novembro, em Campinas-SP (PENNEREIRO, 2010). Na mesma cidade, a temperatura máxima da água, aquecida pela tecnologia social do presente estudo, atingiu 50,0°C às 17h00 (PEREIRA, 2006).

**Tabela 2. Temperatura média da água às 18h00, no sistema de aquecimento solar (T1) e nas condições do ambiente (T2), na cidade de Tatuí-SP, de 05 a 07 de janeiro de 2022.**

Data	T1 (°C)	T2 (°C)	$\Delta T$ (°C)	n
05/jan./2020	43,3	25,8	17,5	10
06/jan./2020	44,1	25,9	18,2	10
07/jan./2020	43,1	25,8	17,3	10
MÉDIA	43,5	25,8	17,7	

$\Delta T = (T1 - T2)$ , n: número de medidas

## CONCLUSÃO

Foi possível verificar que o sistema ASBC instalado na chácara apresentou um tempo de recuperação do investimento de 15,3 meses. A economia atingiu 650 kWh e R\$ 344,50.

Os usuários do sistema relataram que nos dias nublados ou frios, a temperatura percebida indicou o pior desempenho do sistema, todavia, em dias de temperaturas mais elevadas o sistema ASBC foi bem avaliado pelos usuários, dispensando o uso do chuveiro elétrico.

O projeto demonstrou ser uma alternativa viável, tanto nas dimensões econômica, social e ambiental, especialmente para comunidades isoladas, como aquelas do meio rural, demonstrando o seu caráter de tecnologia social.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Dagnino, R. A tecnologia social e seus desafios. In: **Tecnologia Social: contribuições conceituais e metodológicas**. Campina Grande: EDUEPB, 2014, p. 19-34.
2. Donev, G. et al. Solar water heating potential in South Africa in dynamic energy market conditions. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 16, n. 5, p. 3009, 2012
3. Ferreira, A.L.; Silva, F.B. Universalização do acesso ao serviço público de energia elétrica no Brasil: evolução recente e desafios para a Amazônia Legal. **Revista Brasileira de Energia**, v.27, n.3, p.135-154, 2021
4. Penereiro, J.C.; Melo, L.P.; Coradi, T.B. Construção de um aquecedor solar de baixo custo sem cobertura: análise experimental da eficiência térmica para vários ensaios. **Revista de Ciência & Tecnologia (UNIG)**, v.10, p.18-34, 2010
5. Pereira, R.C. et al. **Eficiência térmica de coletores solares de baixo custo – CSBC**. 2006. Disponível em: <<http://www.metallum.com.br/17cbecimat/resumos/17Cbecimat-414005.pdf>>. Acesso em: 1 set. 2012.
6. Siqueira, D.A. **Estudo de desempenho do aquecedor solar de baixo custo**. 2009. 125f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2009..
7. SOSOL - Sociedade do Sol. **Manual de instrução de manufatura e instalação experimental do Aquecedor Solar de Baixo Custo ASBC**. Guarulhos: SOSOL, 2012.