

SISTEMA ECONÔMICO DE AQUECIMENTO SOLAR COM COLETOR DE PLACAS PLANAS PARA O SEMIÁRIDO

José Felismino Neto, Rafaela Ramos Barbosa, Monica Carvalho

Centro de Energias Alternativas e Renováveis, Universidade Federal da Paraíba. Caixa Postal 5115, Cidade Universitária, João Pessoa, Brasil. CEP 58051-970.

felismino.jose@cear.ufpb.br, rafaela.barbosa@cear.ufpb.br, monica@cear.ufpb.br

Resumo: Preocupados com a emissão de gases de efeito estufa proveniente da queima de combustíveis sólidos e também pressionados pelos tratados mundiais (Conferência de Estocolmo, Eco-92, Rio +10, Rio +20, etc.) os governos começaram a incentivar as pesquisas por energias mais limpas e com fontes renováveis. O sol, por exemplo, é uma fonte inesgotável de energia e sua luz pode ser usada para aquecimento de água (ou outro fluido) e também para geração de eletricidade. Esse trabalho busca chamar atenção para o aproveitamento energético de fontes renováveis para o dia a dia das pessoas, com aplicação para o semiárido. A aplicação abordada para o semiárido será o aquecimento de água por meio de sistemas de aquecimento solar formado pelo conjunto (placas planas, boiler e conexões) que capta a luz do sol provocando o aquecimento da água. Tendo em vista a necessidade de diversificação da matriz energética nacional, da racionalização do uso da eletricidade, da busca de eficiência energética nos vários setores de atividade, o objetivo desse trabalho é de explorar outras formas de aproveitamento da água quente proporcionada pelos sistemas de aquecimento solar na região semiárido brasileiro, além do aquecimento de água para o banho. Mais especificamente, este trabalho trata da incorporação de energia solar térmica para aquecimento de água em restaurantes do semiárido. Este artigo desenvolveu uma análise técnica e econômica para o aquecimento solar da água de carros de self-service, comparando com a utilização convencional da resistência elétrica. Demonstra-se que o sistema de aquecimento tem aplicabilidade mesmo em regiões quentes como é o caso da região semiárida do país onde a maior parte compreende o nordeste brasileiro. Este trabalho comprovou a viabilidade econômica de um sistema de aquecimento solar para utilização em carrinhos de self-service em restaurantes, com aplicação específica para a cidade de Sousa.

Palavras-Chave: Energia solar, água quente, semiárido, coletor de placa plana.

1. INTRODUÇÃO

Recentemente tem se buscado um melhor aproveitamento dos recursos naturais e esta busca tem sido impulsionada globalmente por campanhas de conscientização ambiental e incentivos à necessidade de redução das emissões de gases de efeito estufa, devido a preocupações com as mudanças climáticas (CARVALHO; SERRA; LOZANO, 2011).

O Brasil é um país privilegiado quando se trata do potencial de exploração de energias renováveis, com destaque para o potencial solar da região nordeste (BARBOSA, 2017). A incidência solar abundante do Brasil e sua insolação pode ser comparada às regiões desérticas do mundo que são as mais bem favorecidas de recursos solares; o mesmo favorecimento é encontrado

no Brasil, principalmente na região semiárida (TIBA, 2000). Esse potencial energético pode ser aproveitado pelas tecnologias já conhecidas de aproveitamento da luz sol para geração de eletricidade ou para o aquecimento de água.

Segundo o Ministério do Meio Ambiente, o Brasil compromete-se a reduzir as emissões de gases de efeito estufa em 37% abaixo dos níveis de 2005, até 2025 e também reduzir em 43% avaliando o mesmo padrão de 2005 até 2030 (BRASIL, 2017a). Com isso o país se compromete em investir em energias renováveis buscando alcançar até 2030 em sua matriz energética um percentual de 45% dessa energia limpa (BRASIL, 2017a). Essa medida foi tomada após a participação brasileira no Acordo de Paris, na 21ª Conferência das Partes (COP21) (BRASIL, 2017b).

A Tabela 1 mostra linha do tempo a partir de 1992, para os tratados mundiais de proteção ao clima e ao meio ambiente e o compromisso brasileiro, mesmo sem obrigatoriedade com cada um deles, além do controle de desmatamento da floresta amazônica legal que deve ser uma preocupação de todos os países que fazem fronteira como Brasil e possuem esse bioma adentrando suas fronteiras.

Tabela 1 Linha do tempo, a partir de 1992, para tratados mundiais de meio ambiente.

1992	Rio 92: criação da convenção da ONU sobre Mudança do Clima, da qual 193 países são signatários.
1997	Protocolo de Kyoto: Metas obrigatórias para os países desenvolvidos reduzirem 5% das emissões.
2002	Adesão Voluntária do Brasil no Protocolo de Kyoto.
2004	Implantação do Plano de Ação para a Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal (PPCDAM).
2005	Entrada em Vigor do Protocolo de Kyoto.
2009	Anúncio da meta voluntária brasileira de Reduzir entre 36,1% e 38,9% suas emissões projetadas até 2020.
2012	Menor taxa de desmatamento na Amazônia legal (4.571 km ²), redução de 83% em relação aos índices de 2004, ano de implantação do PPCDAM.
2015	Acordo de Paris: esforço para limitar o aumento da temperatura da Terra em até 1,5°C até 2100.
2020	Início da vigência do acordo de Paris.
2025	Compromisso brasileiro para redução de 37% das emissões, com base nos dados em 2005.
2030	Indicativo brasileiro de reduzir em 43% as emissões com base nos dados de 2005.

Fonte: Brasil, 2017.

A crise no setor elétrico em 2001 alertou para a necessidade de outras formas de energia para compor a matriz energética nacional, no intuito de diminuir a dependência das hidroelétricas (LAMBERTS *et al.*, 2010). Essa também é uma energia renovável, contudo necessita de grandes investimentos e causa inundação de grandes áreas devido à construção de barragens. Por isso é importante investir em tecnologias que diminuam a demanda elétrica: os sistemas de aquecimento de água, por exemplo, substituem o chuveiro elétrico, que por sua vez pode ser responsável por até

24% do consumo de energia elétrica em uma residência (LAMBERTS *et al.*, 2010). A incorporação de energias renováveis contribui para a redução em sistemas de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica promovida pelas hidroelétricas, que também tem custos elevados com turbinas. Não se pode deixar de mencionar as termoelétricas que causam grandes poluições devido à queima de combustíveis fósseis (e.g., carvão, óleo diesel e gás natural) (MAGRIN *et al.*, 2007).

Esse trabalho busca chamar atenção para o aproveitamento energético de fontes renováveis para o dia a dia das pessoas, com aplicação para o semiárido. Apesar da cultura regional não ser adepta ao hábito de banhos quentes, como no semiárido brasileiro, existem períodos do ano nos quais há possibilidade da utilização de água quente nos banhos. Mas a água aquecida pelo sol usando um sistema de aquecimento solar não atende apenas a finalidade de banho. É preciso que as pessoas desenvolvam o hábito de fazer o aproveitamento energético para outros fins: por exemplo, pode-se utilizar água quente provida de aquecimento solar para reduzir o tempo de aquecimento dos alimentos, economizando o gás de cozinha. Ou seja, não é necessário aquecer a água a temperatura ambiente (26°C a 30°C) até a temperatura de ebulição (aprox. 100 °C), pois o sistema de aquecimento solar de água consegue fornecer água em média a 60 °C, o que reduz quase a metade o tempo necessário ao aquecimento.

Os sistemas solares térmicos são capazes de suprir total ou parcialmente a demanda de calor, dependendo das condições estabelecidas no projeto: o primeiro passo para estabelecer tais condições é a determinação das temperaturas necessárias seguido da determinação da localização da instalação, análise das condições climáticas local, área para instalação do sistema, investimento disponível e escolha da tecnologia (BARBOSA, 2017).

Pode-se estender o uso da água quente para aplicações, por exemplo, em restaurantes *self-service* que precisam manter os alimentos sempre quentes. A água usualmente aquecida pela resistência elétrica pode ser substituída pela água quente vinda de um sistema de aquecimento de água. Contudo deve existir um projeto em cima dessa ideia para que essa sugestão se torne realidade.

Tendo em vista a necessidade de diversificação da matriz energética nacional, da racionalização do uso da eletricidade, da busca de eficiência energética nos vários setores de atividade, o objetivo desse trabalho é de explorar outras formas de aproveitamento da água quente proporcionada pelos sistemas de aquecimento solar na região semiárido brasileiro, além do aquecimento de água para o banho. Mais especificamente, este trabalho trata da incorporação de energia solar térmica para aquecimento de água em restaurantes do semiárido.

2. METODOLOGIA

As potencialidades energéticas do tipo solar foram identificadas por Ramalho, Silva e Cândido (2013) no Sertão paraibano, pela alta incidência de luz solar mais especificamente nas cidades de Coremas, Catolé do Rocha e Sousa. Peculiaridades no desenvolvimento das atividades sociais e econômicas das referidas cidades confirma a possibilidade da implementação de energia renovável, com provável abrangência espacial para outros municípios, proporcionando uma integração econômica no território (RAMALHO, SILVA, CÂNDIDO, 2013).

O estudo de caso será direcionado para o semiárido do estado da Paraíba, e a cidade escolhida será Sousa, que fica no alto sertão do estado. Os dados meteorológicos fornecidos pelo INMET estão dispostos na Tabela 2, para a estação de São Gonçalo (Latitude -6.75° , Longitude -38.21°).

Tabela 2 Dados meteorológicos da estação de São Gonçalo, Paraíba.

Data	Insolação Média (h)	Insolação Total (h)	Temp. Max. Média (°C)	Temp. Min. Média (°C)
Maio/2016	9,24	286,4	34,15	21,82
Junho/2016	9,31	279,0	34,36	20,99
Julho/2016	10,01	310,4	34,39	20,91
Agosto/2016	10,91	338,2	35,02	21,10
Setembro/2016	10,88	326,3	36,25	22,42
Outubro/2016	10,93	339,1	36,95	23,72
Novembro/2016	10,98	329,4	36,85	24,40
Dezembro/2017	8,46	262,4	36,00	24,71
Janeiro/2017	9,33	289,1	36,23	24,58
Fevereiro/2017	8,59	240,5	33,44	23,69
Março/2017	8,07	250,1	32,60	23,51
Abril/2017	9,17	275,0	32,71	23,16

Fonte: Brasil, 2017.

O recurso solar dessa região do semiárido, que é tão intenso, pode ser aproveitado para geração de calor. Os coletores solares térmicos são trocadores de calor que promovem o aquecimento de um fluido de trabalho por meio da conversão da radiação eletromagnética incidente em energia térmica, e são o principal componente do sistema solar térmico (BARBOSA, 2017).

Estes podem ser classificados em três categorias: coletores planos, coletores de tubos de vácuo e concentradores.

O sistema de aquecimento aqui proposto caracteriza-se por ter coletores do tipo placa plana e por um reservatório (boiler) onde fica armazenada a água quente. Os coletores planos utilizam uma superfície absorvedora para captar a radiação solar e a converter em energia térmica, apresentando facilidade construtiva, operação simples e baixo custo em relação aos concentradores, sendo os de uso mais difundido no mundo todo (KLUPPEL, 2016).

O coletor solar é formado por cobertura vítrea (responsável por deixar passar a radiação solar e por impedir que o calor saia do interior da placa facilmente), por placa absorvedora de alumínio ou cobre (que é aquecida pela radiação solar e transmite calor para os tubos de cobre), por tubos de cobre (que tem a finalidade de conduzir o fluido e transmitir a calor absorvido pela placa absorvedora para esse mesmo fluido), por isolamento térmico que pode ser de poliuretano expandido, lã de rocha ou fibra de vidro (que é responsável por reduzir as perdas de calor) e pela caixa externa de alumínio (que é uma estrutura que protege que protege as partes internas do coletor da ação do meio) (Figura 1).

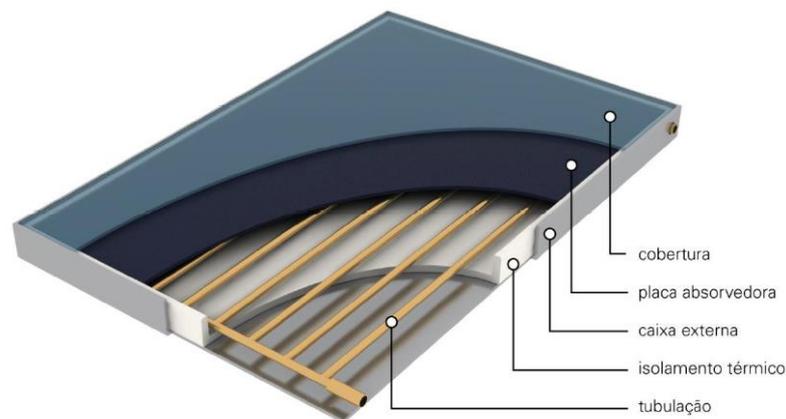


Figura1 Coletor Solar Plano

Fonte: Brasil, 2009.

Já o boiler (Figura 2) tem a função de armazenar a água quente provinda dos coletores solares. Dessa forma o usuário pode fazer uso dessa água quente durante o dia e anoite, graças ao isolamento térmico que ele possui. O reservatório térmico também deve possuir resistência elétrica e termostato para dias que não houver sol.

O arranjo de um sistema de aquecimento solar de água, segundo ABNT NBR 15569 (2008), pode ser composto apenas por coletores solares para aquecimento ou preaquecimento de um fluido

ou pode operar de forma integrada com outra fonte de energia para garantir o funcionamento quando a radiação solar estiver indisponível. O arranjo solar mais auxiliar é muito utilizado principalmente em SAS localizados em regiões com oscilações significativas de radiação solar e em situações onde o abastecimento de energia não pode ser interrompido, como ocorre em alguns processos industriais.

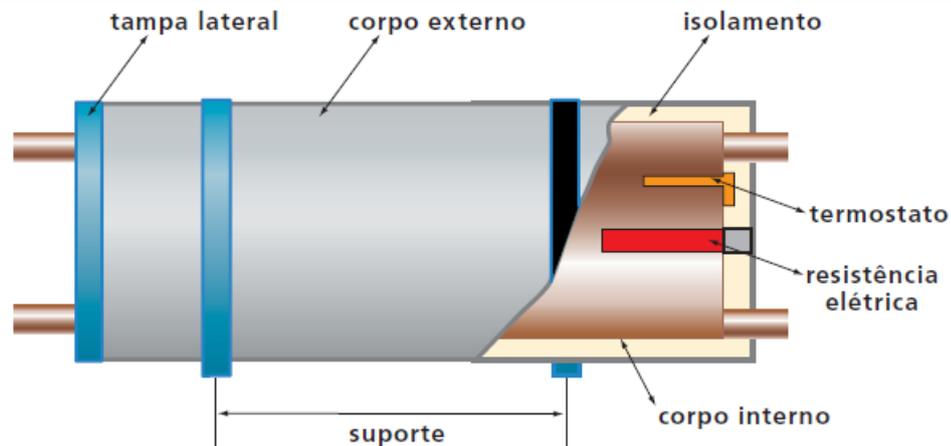


Figura 2 Reservatório Térmico (Boiler).

Fonte: Brasil, 2009.

A partir dos elementos mínimos necessários exigidos pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT NBR 15569, 2008; ABNT NBR 10185, 2013) e utilizando o roteiro proposto pela Associação Brasileira de Refrigeração, Ar Condicionado, Ventilação e Aquecimento (ABRAVA, 2008) como um direcionador, a Figura 3 mostra um fluxograma que representa um roteiro para a execução de um projeto de sistema de aquecimento solar de água.

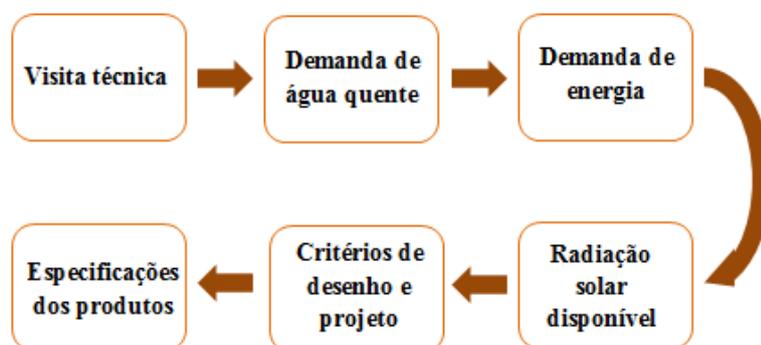


Figura 3 Roteiro para execução de projeto de um SAS (BARBOSA, 2017).

Partindo do princípio de que o sistema de aquecimento solar substitui a função de aquecimento elétrica da água, aqui será mostrada a possibilidade de utilizar o sistema de aquecimento de água em substituição a resistência elétrica de carros de *self-service*.

2.1 Análise técnica

Os dados principais para um carro *self-service* usado em restaurantes que vendem comida no peso são: dimensões das cubas - 325 x 265 x 100mm, dimensões externas - 1461 x 624 x 1927mm, nº de cubas- 10, tensão - 110 / 220V, e potência instalada - 2000 W.

A energia elétrica consumida anualmente pode ser calculada pela Equação 1, onde E é energia consumida em kW, P é a potência em kW, H indica o número de horas em funcionamento por ano e D é número de dias por ano em que o equipamento funcionou.

$$E_{\text{consumida}} = P * H * D \quad (1)$$

Aqui considerou-se que o restaurante precisa estar com o balcão ligado por 4 horas por dia, durante 303 dias do ano (não funcionando em domingos e durante 10 feriados anuais).

2.2 Análise econômica

A análise de viabilidade econômica compara os custos de se utilizar um balcão de *self-service* exclusivamente com energia elétrica, com os custos associados a utilização de um sistema de aquecimento solar para água. Considera-se que o balcão de *self-service* já se encontra instalado, com a opção de utilizar energia elétrica ou água quente obtida do aquecedor solar.

Os custos anuais fixos associados ao sistema de energia solar (SAS), foram obtidos a partir do fator de amortização de capital (FAM), taxa de juros (iyr) e vida útil do equipamento (nyr):

$$fam = \frac{iyr \cdot (1 + iyr)^{nyr}}{(1 + iyr)^{nyr} - 1} \quad (2)$$

$$Custos_{SAS} = fam \cdot C_{inv} \quad (3)$$

Considerou-se um custo de investimento (C_{inv}) igual a R\$5.000,00, uma vida útil de 20 anos, e uma taxa de juros igual a poupança da Caixa Econômica Federal (0,5%).

O custo associado a energia elétrica é calculado como sendo o produto entre a energia consumida pela tarifa da concessionária de energia local. Nesse artigo, a fonte tarifária foi a concessionária Energisa (ENRGISA, 2017), considerando-se a modalidade tarifária convencional - baixa tensão, tarifa B2, comercial serviços e outros-0,44026 R\$/kWh. Logo o custo em energia anual para um carro de *self-service* atendido exclusivamente por energia elétrica é expresso pela Equação 4:

$$\text{Custo}_{ee} = E_{consumida} * \text{Tarifa} \quad (4)$$

De todos os métodos disponíveis para a avaliação de investimentos, utilizou-se aqui o tempo de retorno do investimento (TRC ou *payback*), que é o número de anos necessários para que o capital investido seja excedido pelos benefícios econômicos gerados:

$$\text{TRC} = \frac{\text{Investimento}}{\text{Benefícios}} \quad (5)$$

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Equação (1) quando resolvida com $P = 2000 \text{ W}$, 4 horas de uso diário, e 303 dias de uso anual, retorna um valor de $E_{consumida} = 2424 \text{ kWh/ano}$.

Os custos associados a utilização de energia elétrica para funcionamento do balcão de *self-service* são obtidos pela solução da Equação (4), resultando em $\text{Custo}_{ee} = \text{R\$ } 1067,20/\text{ano}$.

Para o sistema de aquecimento solar de água, obteve-se da Equação (2) o valor do fator de amortização do capital investido como $fam = 0,0523$, e para os custos anuais associados ao sistema de aquecimento solar de água, a resolução da Equação (3) retornou o valor de $\text{Custo}_{SAS} = \text{R\$ } 263,33/\text{ano}$.

O tempo de retorno do investimento foi calculado pela Equação (5), considerando-se o investimento inicial de R\$5.000,00 e o benefício econômico sendo a diferença entre os custos anuais obtidos ($\text{R\$ } 1067,20 - \text{R\$ } 263,33 = \text{R\$ } 803,87$), resultando em 6 anos e 3 meses.

Ou seja, ao se investir em um sistema de aquecimento de água para atendimento de um balcão *self-service*, o investimento se paga em pouco mais de 6 anos, em comparação a utilização direta de energia elétrica da concessionária. O cliente ainda desfrutará dos benefícios econômicos ao longo de mais quase 14 anos, totalizando a vida útil de 20 anos para a instalação.

O aproveitamento energético proporcionado pela captação da luz do sol pode ser usado para muitos fins, no caso do aquecimento de água por meio de placas planas, foi mostrado que é necessário uma mudança de comportamento no intuito de fazer uso dessa água quente de forma complementar ou total no dia a dia das pessoas. Além de diminuir a sobrecarga na matriz energética nacional, também está em sintonia com a preocupação mundial com a emissão de poluentes provocados pelo uso energias não renováveis, onde foi apontado em tratados mundiais e que obriga que os principais países poluidores desenvolvam e incentivem formas de aproveitamento energético de fontes renováveis. O Brasil por sua vez não tendo obrigatoriedade, mas se candidatou de forma voluntária e hoje tem um plano nacional de não emissão de gases poluentes onde uma das medidas é o incentivo de novas formas de geração de energias renováveis.

Existem limitados estudos publicados sobre a exploração de recursos energéticos renováveis no semiárido, e este artigo pretendeu contribuir para a base de conhecimentos e disseminar outros pontos de vista e aplicações. O estudo de Borges Neto e Carvalho (2006) abordou a energia solar fotovoltaica no semi-árido, dentro do Programa de Desenvolvimento Energético dos Estados e Municípios (PRODEEM), uma importante iniciativa do Governo Federal principalmente para a difusão de fontes renováveis de energia. Marinho *et al.* (2012) estudaram a viabilidade técnica de um destilador solar no processo de dessalinização de água para consumo humano constituído de um coletor solar para aquecimento de água salina. Guerra e Varella (2014) analisaram o desempenho térmico de um sistema de aquecimento solar de baixo custo em uma cidade do semiárido.

O trabalho de Ramalho, Silva e Cândido (2013) discursou sobre o aproveitamento sustentável das potencialidades energéticas do semiárido paraibano, evidenciando a gestão das ações e mecanismos que podem dinamizar o desenvolvimento do semiárido, já para superar os obstáculos rumo ao desenvolvimento sustentável exigem-se diferentes competências e recursos para implantação de fontes de energias alternativas. Valer *et al.* (2014) listou os desafios atuais para a difusão de sistemas fotovoltaicos de bombeamento de água no semiárido brasileiro, e o trabalho de Silva, Rodrigues e Barbosa (2016) focou em diretrizes construtivas para cidade em clima semiárido, traçando estratégias bioclimáticas que podem ser utilizadas como embasamento para profissionais que pretendam projetar de acordo com a bioclimatologia.

A Embraer utiliza um sistema de aquecimento solar da água utilizada na cozinha do seu restaurante em São José dos Campos, que serve mais de dez mil refeições diárias, e utiliza água a uma temperatura de 60°C (ROCHA, 2013). O processo anterior utilizava caldeiras a gás para produzir 100% da água quente consumida, e com os coletores solares, a água passou a chegar pré-aquecida às caldeiras, gerando uma economia de 69% no consumo anual de gás. Em Las Vegas (E.U.A.), a agência de proteção ambiental (ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2014) menciona o restaurante *self-service* Buffet@Asia que obteve sucesso econômico com a instalação de aquecedores solares para água quente, utilizando a água não somente nos balcões de alimentos mas também para lavar mais de 20 mil pratos por dia, economizando US\$ 300 por mês na fatura de eletricidade.

Sistemas solares para o aquecimento de água podem substituir o chuveiro elétrico, e esse raciocínio pode ser estendido para outros fins. Este artigo desenvolveu uma análise técnica e econômica para o aquecimento solar da água de carros de *self-service*, comparando com a utilização convencional da resistência elétrica. Demonstrou-se como seria mais econômico e ecologicamente correta a utilização de um sistema de aquecimento de água por termossifão. Contudo sabe-se que tem que haver uma adaptação dessa tecnologia (carro de *self-service*) para esse uso.

5. CONCLUSÕES

Atualmente, impulsionado pelos impactos causados ao meio ambiente com a exploração desenfreada dos recursos naturais, pelo comportamento crescente do custo da eletricidade gerada a partir dos combustíveis fósseis e em busca da segurança energética do Brasil, tem-se buscado a utilização, desde pequenas escalas e de forma descentralizada até grandes sistemas de energias alternativas.

Tendo em vista o potencial solarimétrico do semiárido brasileiro e as necessidades energéticas dos mais diversos processos produtivos, aqui demonstrados economicamente viáveis para calor de processo, o setor comercial pode contribuir significativamente para a intensificação das aplicações da energia solar no semiárido brasileiro.

Este trabalho comprovou a viabilidade econômica de um sistema de aquecimento solar para utilização em carrinhos de *self-service* em restaurantes, com aplicação específica para a cidade de Sousa.

Trabalhos futuros dos autores incluem a realização de uma análise técnica e econômica mais detalhada, além da consideração de impactos ambientais por meio da aplicação da Avaliação de Ciclo de Vida.

6. FOMENTO

Os autores agradecem o apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (Bolsa de Produtividade em Pesquisa, nº 303199/2015-6).

7. REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE REFRIGERAÇÃO, AR CONDICIONADO, VENTILAÇÃO E AQUECIMENTO - ABRAVA. Manual de Capacitação em Projetos de Sistemas de Aquecimento Solar. [s.n.], 2008. 138 f. il. color. Disponível em: <<http://www.forumclima.pr.gov.br/arquivos/File/manual2008.pdf>>. Acesso em 17 ago 2017.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS _ ABNT. NBR 15569: Sistema de aquecimento solar de água em circuito direto – Projeto e instalação. Rio de Janeiro, 2008. 36p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 10185: Reservatórios térmicos para líquidos destinados a sistemas de energia solar – Determinação de desempenho térmico – Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2013. 12p.
- BARBOSA, R. R. Dimensionamento de um Sistema Termosolar Utilizando Coletores Planos: Estudo de Caso em uma Indústria Têxtil em João Pessoa/PB. Trabalho de Conclusão de Curso, Departamento de Eng. de Energias Renováveis, Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa: UFPB, 2017.
- BORGES NETO, M. R.; CARVALHO, P. C. Energia solar fotovoltaica no semi-árido: estudo de caso sobre a atuação do PRODEEM em Petrolina-PE. In: Encontro de Energia no Meio Rural AGRENER, 6., 2006, Campinas. Campinas: AGRENER, 2006.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (Org.). Qualidade em Instalações de Aquecimento Solar. 2009. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/documents/10584/1985241/Qualidade_em_Instalacoes_de_Aquecimento_Solar.pdf>. Acesso 01 agosto 2017
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC). 2017a. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/clima/convencao-das-nacoes-unidas>> Acesso 26 jul 2017.
- BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC). Acordo de Paris. 2017b. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/clima/convencao-das-nacoes-unidas/acordo-de-paris>> Acesso 26 jul 2017.
- BRASIL. Instituto Nacional de Meteorologia. 2017c. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/projetos/rede/pesquisa/mapas_mensal_sem.php> Acesso 30 jul 2017
- CARVALHO, M., SERRA, L.M., LOZANO, M.A. Optimal synthesis of trigeneration systems subject to environmental constraints. **Energy**, v. 36, p. 3779-3790, 2011.
- ELETROBRAS–CENTRAIS ELÉTRICAS, S. A. Avaliação do Mercado de Eficiência Energética no Brasil. **Pesquisa de Posse de Equipamentos e Hábitos de Uso** (ano base 2005). Classe Residencial–Relatório Brasil. Rio de Janeiro: [s.n.], 2007.

- ENERGISA. Modalidade tarifária convencional - baixa tensão. 2017. Disponível em: <<http://www.energisa.com.br/Paginas/informacoes/taxas-prazos-e-normas/tipos-tarifas.aspx>> Acesso em 07 ago 2017.
- ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY - EPA.2014. Las Vegas restaurant hits jackpot with solar water heating. Disponível em: <<https://www.epa.gov/sites/production/files/2014-12/documents/restaurant-case-study.pdf>>. Acesso 07 ago 2017.
- GUERRA, M.I.S.; VARELLA, F.K.O.M. Análise do desempenho térmico de um sistema de aquecimento solar de baixo custo na cidade de Mossoró (RN). **Holos**, v. 4, 2014.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Municípios localizados na Região Semiárida do Brasil, 2005. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geografia/semiarido.shtm?c=4>> Acesso 28 jul 2017.
- KLUPPEL, R. P. **Curso de Conversão Térmica da Energia Solar**. João Pessoa: CEAR/UFPB, 2016.
- LAMBERTS, R. *et al.* **Casa eficiente: consumo e geração de energia**. Florianópolis: UFSC/LABEE, 2010.
- MAGRIN, G., C. GAY GARCÍA, D. CRUZ CHOQUE, J.C. GIMÉNEZ, A.R. MORENO, G.J. NAGY, C. NOBRE AND A. VILLAMIZAR, **Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability**. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: University Press, 2007.
- MARINHO, F.J.L. et al. Destilador solar destinado a fornecer água potável para as famílias de agricultores de base familiar. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 7, n. 3, p. 53-60, 2012.
- RAMALHO, A. M. C.; SILVA, S. S. F.; CÂNDIDO, G. A. Aproveitamento sustentável das potencialidades energéticas do semiárido paraibano. **Polêm!ca**, v. 12, n. 3, p. 545-553, 2013.
- ROCHA, A.P. Restaurante solar. Embraer implanta sistema com 180 coletores solares para preaquecer água usada em cozinha industrial e reduzir o consumo de gás natural. 2013. Disponível em: <<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/195/restaurante-solar-embraer-implanta-sistema-com-180-coletores-solares-294045-1.aspx>>. Acesso 07 ago 2017.
- SILVA, M. F.; RODRIGUES, E. R. S. ; BARBOSA, R. V. R. Diretrizes construtivas para cidade em clima semiárido: estudo de caso em Arapiraca-AL. In: Encontro nacional de tecnologia do ambiente construído, 16., 2016, São Paulo. São Paulo: [s.n.], 2016.
- TIBA, C. *et al.* (Coord.). **Atlas Solarimétrico do Brasil: Banco de dados solarimétrico**. Recife: Ed. Universitária da UFPE, 2000.
- VALER, L. R et al. Desafíos actuales para la difusión de sistemas fotovoltaicos de bombeo de agua en el semiárido brasileño: observaciones de campo. In: REUNIÓN DE TRABAJO DE LA ASOCIACIÓN ARGENTINA DE ENERGÍAS RENOVABLES Y MEDIO AMBIENTE, 37., 2014, Buenos aires. Buenos aires: [s.n.], 2014.
- VASCONCELLOS, L.E.M.; LIMBERGER, M.A.C. (Org.). **Energia solar para aquecimento de água no Brasil: contribuições da Eletrobras Procel e parceiros**. Rio de Janeiro: Eletrobrás, 2012.