



PROTÓTIPO DE COLETOR SOLAR DE POLIETILENO DE BAIXO CUSTO VISANDO A ACESSIBILIDADE À POPULAÇÃO DE BAIXA RENDA

LOW COST POLYETHYLENE SOLAR COLLECTOR PROTOTYPE AIMING AT ACCESSIBILITY TO LOW INCOME POPULATION

MARCELLA EDUARDA DUARTE SOUSA

Engenheira Química pela Faculdade Municipal Professor Franco Montoro, Mogi Guaçu, São Paulo.

marcellaeduardaeq@gmail.com

CARLOS CAETANO DE ALMEIDA

Doutor em Engenharia Mecatrônica pela UNICAMP/FEM, Mestre em Engenharia Mecânica pela UNICAMP/FEM, MBA em Engenharia e Inovação pela UAITEC/MG, Especialista em Projetos Mecânicos por Computador pela UNICAMP/CTC, Especialista em Gestão de Qualidade e Produtividade pela UNICAMP/CTC, Especialista em Automação Industrial pela UNICAMP/CTC, Especialista de Gestão em Administração Pública pela Universidade Federal Fluminense/UFF, Especialista de Gestão em Saúde Pública pela Universidade Federal Fluminense/UFF, Engenheiro de Controle e Automação (Mecatrônica) pela UNICAMP/FEM, Graduado em Sistemas de Computação pela Universidade Federal Fluminense/UFF, Especialização em Ciência de Dados pelo IFSP, Professor Universitário e Professor de Pós-graduação

ccaetanoa@gmail.com

MISAEL VICTOR NICOLUCI

Administrador, Mestre em Administração pela UNIMEP Universidade Metodista de Piracicaba, Especialização em marketing pela PUC/SP, Consultor Empresarial, Pós-Graduado em Gestão Industrial, Graduação em Administração, Economia, Contábeis e Pedagogia, Professor Universitário.

misaeln@gmail.com

MARINA BORSUK FOGAÇA

Doutoranda em Engenharia Mecânica na área de Manufatura – UTFPR; Mestra em Engenharia Mecânica na área de Fabricação Mecânica e Materiais – UTFPR-PG; Bacharela em Engenharia Mecânica – UTFPR-PG; Licenciada em Matemática – FIAR; Especialista em Engenharia de Produção – UNIBF; Especialista em Tópicos em Matemática – FACULDADE FUTURA; Especialista em Metodologia de Ensino de Matemática e Física – FACULDADE FUTURA; Pesquisadora nas áreas de Preparação e Caracterização de Nanofibras Vegetais e de Materiais Compósitos; Professora Universitária.

marinaborsuk@hotmail.com

RESUMO

O aquecedor solar é uma alternativa muito procurada atualmente, já que não causa impactos ambientais e contribui com a economia de energia elétrica. Dentre os sistemas que têm sido desenvolvidos, o mais utilizado possui placas formadas por uma tubulação de aço inox ou cobre, no entanto há a busca por materiais igualmente eficientes, que consigam desempenhar o mesmo papel com um custo menor. O tipo de aquecedor solar de baixo custo apresentado no presente funciona de forma simples; o seu princípio de funcionamento é basicamente o mesmo implantado no aquecedor solar tradicional, no qual a radiação solar se torna mais atuante à medida que a tinta se aproxima da cor preta. O protótipo desenvolvido nesta pesquisa atingiu o objetivo desejado, e a temperatura pode ser maximizada com a instalação de mais unidades, potencializando-se assim a sua eficiência.

Palavras-chave: coletores solares; energia renovável; viabilidade; polietileno.

ABSTRACT

The solar heater is a very popular alternative nowadays, since it does not cause any impact and helps saving electricity, and many such systems have been developed. The most widely used has plates made up of stainless steel or copper tubing, and the search for equally efficient materials that can perform the same role at a lower cost has increased greatly. The type of low cost solar heater presented in this research work works in a simple way, the principle of operation is basically the same as that implemented in the traditional solar heater, and the solar radiation acts and becomes increasingly present as the dye gets closer to the black color. The prototype developed here reached the desired goal, and the temperature can be maximized with the installation of more units, thus increasing its efficiency.

Keywords: solar collectors; renewable energy; feasibility; polyethylene.

1 - INTRODUÇÃO

Atualmente é grande a busca por novas formas de gerar energia através de fontes que não causem nenhuma poluição ou mal ao meio ambiente; isso se deve ao esgotamento das fontes atuais e à busca pela diminuição do valor pago pelo consumidor final, que aumenta cada vez mais. A utilização de equipamentos que dependem da energia para seu funcionamento tem aumentado

consideravelmente ao longo dos anos, elevando exponencialmente a demanda de produção de energia. A forma mais abundante de energia presente no planeta Terra é a radiação solar, que pode ser explorada como energia térmica ou elétrica, porém ainda é pouco acessível devido ao seu alto custo para aquisição.

No Brasil esse tipo de energia é ainda mais abundante, já que se trata de um país tropical onde se tem radiação solar na maioria

dos dias do ano, no entanto a busca por essa alternativa ainda é baixa devido aos altos preços das placas solares convencionais, que ainda estão longe de serem acessíveis a todos os públicos. Considerando tanto os fatores econômicos quanto os ambientais, optar por gerar energia elétrica ou térmica através da radiação solar no Brasil é muito rentável e proveitoso.

Na matriz energética brasileira as hidrelétricas dominam a geração de eletricidade e mesmo sendo renováveis ainda são muito agressivas ao meio ambiente, já que interferem diretamente na qualidade de vida de toda a população que habita a área em que serão instaladas. O represamento é a maior causa desses impactos; devido a ele, muitas pessoas são obrigadas a se realocarem, além disso a atividade traz consequências negativas à fauna e à flora do local.

A origem da matriz elétrica brasileira é predominantemente renovável representando 81,7% da oferta interna de eletricidade, tendo a geração hidráulica como método de maior destaque correspondente a 68,1% da geração interna, conforme a Figura 1 (EPE, 2017).

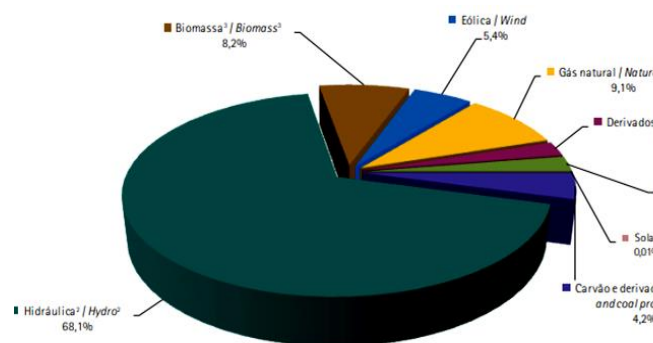


Figura 1: Oferta Interna de Energia Elétrica por Fonte
Fonte: EPE (2017)

Devido ao alto custo da energia elétrica que é consumida, buscam-se diariamente novas formas de economizar este bem tão precioso para a humanidade (OLIVEIRA et al., 2018). O aquecedor solar é uma alternativa muito procurada, já que não causa impactos ao meio ambiente e contribui com a economia de

energia elétrica, assim, têm-se muitos desses sistemas sendo desenvolvidos e aperfeiçoados. O mais utilizado possui placas formadas por uma tubulação de aço inox ou cobre por onde passa o líquido que será aquecido; porém esse tipo de aquecedor embora seja mais acessível, ainda demanda um investimento relativamente alto, por isso a busca por materiais igualmente eficientes, que consigam desempenhar o mesmo papel com um custo menor tem aumentado muito.

A substituição do material utilizado nos coletores, tradicionalmente tubos de cobre, por um material mais acessível e eficiente é uma das maiores dificuldades encontradas na redução de custos; por isso a pesquisa a respeito de materiais e métodos com esta finalidade tem se tornado importante (STEFANELLI, 2011).

O presente trabalho apresenta uma alternativa de aquecedor solar de baixo custo produzido com materiais recicláveis, que tem como objetivo desenvolver e testar um método acessível para pessoas de todas as classes sociais, propondo uma forma alternativa e mais acessível para a obtenção de energia através de uma fonte renovável no Brasil.

1.1 - OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Os objetivos desta pesquisa são:

Buscar e apresentar um método alternativo para obtenção de energia com baixo custo e boa rentabilidade;

Tornar a energia alternativa, obtida de fontes renováveis, acessível para todos;

Analisar os impactos resultantes dessa mudança.

1.2 - OBJETIVOS GERAIS

Tornar a energia alternativa, obtida de fontes renováveis, acessível para todos.

2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Em 2015 o Brasil passou por uma crise energética nunca vista antes, resultante do pouco investimento no setor, do alto consumo de energia elétrica e da grande estiagem. Devido a isso, as usinas termoeletricas brasileiras que demandam um alto custo de geração foram ativadas, impactando significativamente não só os consumidores como também todos os setores da economia (THOMAZ, 2017). A energia é um tema de grande importância em relação aos impactos ambientais resultantes dos processos produtivos, transporte, armazenamento, conversão e uso final, e especialmente por ser um insumo essencial ao desenvolvimento da economia (VIEIRA *et al.*, 2017).

Dados históricos apontam que desde que se iniciou a civilização, o Sol era utilizado pelo ser humano em várias circunstâncias, desde a produção de alimentos até as necessidades para conforto térmico. O uso térmico da energia solar teve vários avanços tecnológicos com o passar do tempo e atualmente ela pode ser utilizada em diversas áreas classificando-as conforme a temperatura ou tipo de aplicação (MARTINS *et al.*, 2017).

De acordo com Bezerra (2021), a inserção da fonte solar na matriz elétrica do Brasil se deve à sua alta competitividade nos últimos anos, tornando-a assim uma das alternativas mais acessíveis para a geração de energia elétrica do país.

A maioria dos tipos de obtenção de energia, como a eólica, biomassa, combustíveis fósseis, entre outras, pode ser considerada como formas indiretas de energia solar. A radiação solar ainda pode ser diretamente usada, quando convertida em energia térmica, para aquecer fluidos ou ambientes (KEMERICH *et al.*, 2016).

Atualmente no Brasil, a energia solar é mais utilizada para aquecer a água a temperaturas menores que 100°C e

principalmente para substituir sistemas de aquecimento elétrico (os chuveiros) ou a gás. Isso ocorre devido à simplicidade da tecnologia utilizada para converter energia solar em energia térmica, além da ampla disponibilidade no mercado brasileiro, com vários fornecedores e fabricantes, bem como bons projetos que são economicamente viáveis (MARTINS *et al.*, 2017).

Anualmente o índice de insolação no Brasil varia em média de 4 a 8 horas diárias, dependendo da região (JUNIOR *et al.*, 2018). Segundo Cabral *et al.* (2013), a região com menor incidência solar no Brasil recebe um índice de radiação 40% acima do que a região com maior incidência na Alemanha. Contudo a Alemanha, mesmo com condições climáticas desfavoráveis em comparação às brasileiras, tem demonstrado capacidade de aproveitamento superior à do Brasil, investindo em tecnologias e mecanismos eficientes para incentivar a acessibilidade da energia no país.

Conforme uma pesquisa da Faculdade de Engenharia Elétrica da Universidade Estadual de Campinas, a responsabilidade por 23% do consumo residencial em horários de pico é dos chuveiros elétricos, sendo que estimativas de dados oficiais relatam que esse consumo pode chegar a 30% (TOMÉ, 2014).

Os temas ambientais e sociais são os maiores responsáveis por incentivar o uso de energias alternativas e no Brasil, que é um país que utiliza hidrelétricas como fonte de energia. O emprego de tecnologias de baixo custo para aquecimento da água para banho propicia não só a redução de gastos com energia elétrica à população de baixa renda, como também os impactos dos recursos naturais como a água (OLIVEIRA; MOURA, 2015).

Este novo tipo de aquecedor solar funciona de forma simples; o seu princípio de funcionamento é basicamente o mesmo implantado no aquecedor solar tradicional e a radiação solar vai agindo e se fazendo cada

vez mais presente à medida que a tintura fica próxima da cor preta (JUNIOR *et al*, 2018).

3 - MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 - Construção do sistema

Todos os materiais utilizados neste projeto foram obtidos em uma empresa de comércio de sucatas chamada Zuza Sucatas, exceto a mangueira de polietileno, que foi comprada; sendo assim todos os materiais utilizados são recicláveis e reutilizáveis.

Primeiramente foram reaproveitadas chapas de ferro para construir uma caixa retangular de dimensões 1,10 x 0,50 m, conforme a Figura 2.

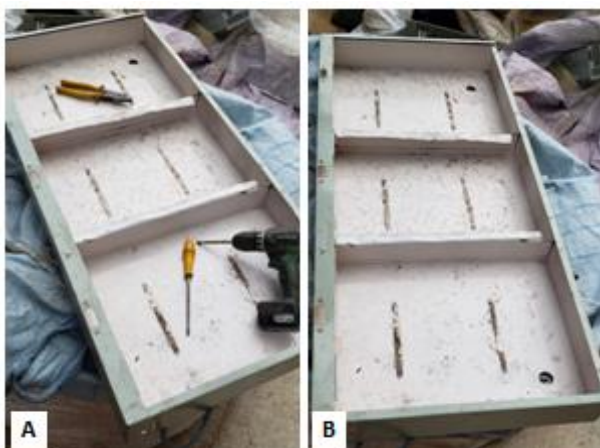


Figura 2: A) Estrutura da caixa do aquecedor em construção; B) Estrutura da caixa do aquecedor finalizada

Fonte: Próprio autor (2021)

Em seguida, com o auxílio de uma parafusadeira foram retiradas chapas laminadas do interior de calhas, utilizadas em instalações de lâmpadas de LED, para revestir o fundo da caixa construída (Figura 3), com o intuito de refletir a radiação solar e, dessa forma, otimizar o aquecimento da água.

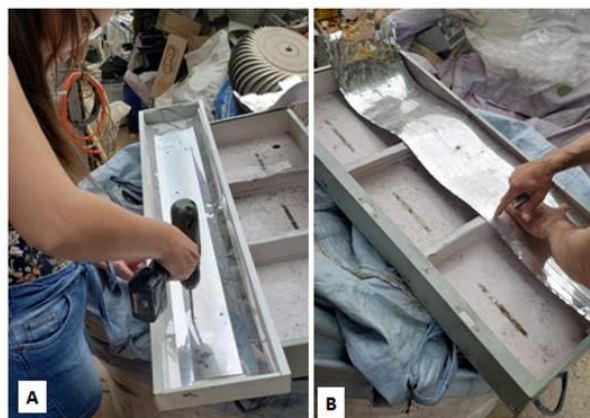


Figura 3: A) Remoção das chapas laminadas da calha de led; B) Medição para colocação da chapa na caixa
Fonte: Próprio autor (2021)

Utilizou-se uma furadeira, um martelo e rebites para fixar as chapas no local desejado, como pode ser visto na Figura 4.



Figura 4: A) Furação para fixação da chapa na caixa; B) Fixação das chapas utilizando rebites
Fonte: Próprio autor (2021).

A estrutura da caixa do aquecedor finalizada é apresentada na Figura 5.



Figura 5: Caixa retangular finalizada

Fonte: Próprio autor (2021)

De acordo com Tsilingiris (2002), os polímeros mais apropriados para a construção de um coletor solar, são o polietileno e o polipropileno, os quais geralmente são utilizados na fabricação de coletores poliméricos rígidos. Podem-se aplicar esses materiais poliméricos tanto em coletores que atuam em temperaturas de serviço consideradas baixas, entre 50°C e 80°C, quanto em coletores que atuam em temperaturas de serviço consideradas razoavelmente altas, acima de 80°C. No presente trabalho foram utilizados 17 metros de mangueira produzida com polietileno (Figura 6), para formar a serpentina destinada à passagem da água a ser aquecida.



Figura 6: Mangueira utilizada na serpentina

Fonte: Próprio autor (2021)

Para a sustentação da serpentina foram utilizadas ripas de madeira em ambos os lados da caixa, onde foram colocadas com o auxílio de uma marreta como mostrado na Figura 7.

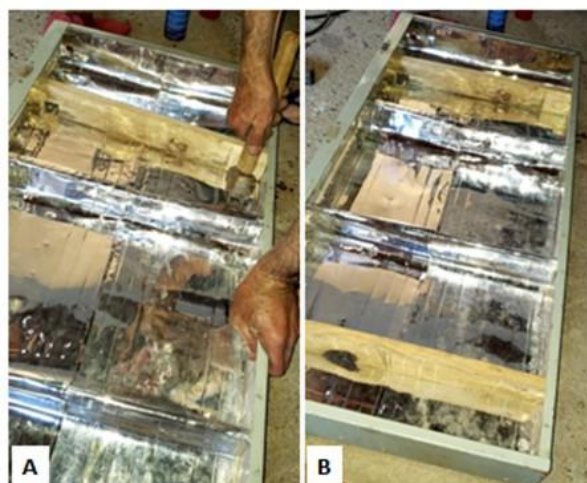


Figura 7: A) Inserção das ripas de madeira; B) Ripas de madeira colocadas

Fonte: Próprio autor (2021)

Utilizaram-se pregos, que foram fixados com o auxílio de um martelo, para segurar a mangueira no local adequado, auxiliando a formação da serpentina conforme a Figura 8.



Figura 8: A) Fixação dos pregos; B) Pregos fixados auxiliando a formação da serpentina
 Fonte: Próprio autor (2021)

A mangueira foi alocada entre os pregos, formando assim a serpentina por onde a água a ser aquecida escoará, como mostra a Figura 9.



Figura 9: Formação da serpentina
 Fonte: Próprio autor (2021)

Retirou-se um vidro de uma porta de geladeira expositora de bebidas, que foi encaixado para fechar a caixa retangular (Figura 10) visando-se a vedação e o maior aquecimento de seu interior.



Figura 10: Placa do aquecedor sendo fechada
 Fonte: Próprio autor (2021)

Para finalizar, foram utilizadas cantoneiras e silicone para vedar as quatro laterais da placa (Figura 11).



Figura 11: Placa do aquecedor finalizada
 Fonte: Próprio autor (2021)

Utilizou-se um tambor plástico com capacidade de 50L para armazenar a água e atuar na circulação do sistema. Este tambor possui uma entrada e uma saída de água, conectadas à mangueira do sistema por meio de flanges, conforme a Figura 12.



Figura 12: Tambor utilizado no armazenamento e circulação da água
 Fonte: Próprio autor (2021)

O sistema foi montado conectando-se o tambor à placa, e em seguida foi inserida a água para que o sistema pudesse funcionar, como mostra a Figura 13.

Quando a o sistema que possui água recebe a radiação solar, o mesmo passa a ser aquecido, diminuindo sua densidade. Com isso surge-se uma força de empuxo que empurra o líquido para cima. A água mais fria, presente na serpentina do aquecedor, irá ocupar o espaço deixado pela água ascendente mais quente, gerando assim as correntes de convecção (SILVA,2017).



Figura 13: Sistema em funcionamento
Fonte: Próprio autor (2021)

3.2 - Aferição da temperatura

O experimento foi realizado em dois dias. No primeiro dia aferiu-se a temperatura da água a cada 30 minutos durante um intervalo de 7 horas. Foram obtidos também a temperatura ambiente e a sensação térmica durante esse período.

No segundo dia a temperatura foi aferida a cada 1 hora durante um período de 8 horas. Assim como no primeiro dia, foram obtidas também a temperatura ambiente e a sensação térmica durante esse intervalo.

4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados obtidos no primeiro dia de aferição da temperatura estão expostos na Tabela 1 e no Gráfico 1.

Hora	T ambiente (°C)	Sensação Térmica (°C)	T água (°C)
11:00	27	28	27,5
11:30	27	28	30,1
12:00	28	29	32,4
12:30	29	30	33,3
13:00	29	30	33,2
13:30	29	30	32,8
14:00	28	29	33,4
14:30	29	29	32,7
15:00	29	30	34
15:30	29	29	36,3
16:00	28	29	37,1
16:30	28	29	35,9
17:00	28	29	35,8
18:00	28	28	33,5

Figura 14: Resultados obtidos no primeiro dia do projeto
Fonte: Próprio autor (2021)

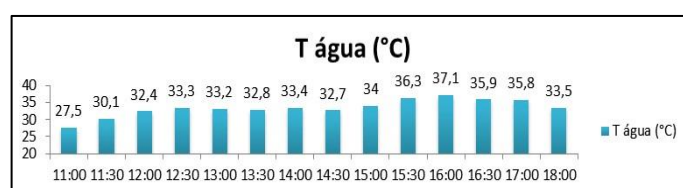


Figura 15: Variação da Temperatura (Dia 01)
Fonte: Próprio autor (2021)

Os resultados do segundo dia estão expostos na Tabela 2 e no Gráfico 2.

Hora	T ambiente (°C)	Sensação Térmica (°C)	T água (°C)
8:30	23	23	20,9
9:30	26	27	26,2
10:30	28	29	28,9
11:30	30	30	32,4
12:30	31	31	34,8
13:30	32	32	36,6
14:30	33	33	38,2
15:30	33	33	39,3
16:30	32	32	38,5

Figura 16: Resultados obtidos no segundo dia do projeto
Fonte: Próprio autor (2021)

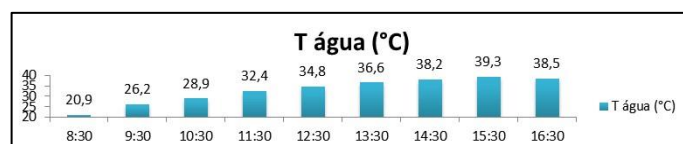


Figura 17: Variação da Temperatura (Dia 02)
Fonte: Próprio autor (2021)

Analisando-se os dados obtidos pode-se perceber que houve algumas oscilações na temperatura da água durante o dia. No

segundo dia foram registradas maiores temperaturas ambiente que auxiliaram no aumento da temperatura da água obtida no processo; em contrapartida, no primeiro dia houve momentos em que o clima ficou mais nublado interferindo também no aumento da temperatura. Segundo Toledo (2019) em seu protótipo é notável que a temperatura da água se mantém menor ou igual a radiação solar durante o período de incidência solar direta e se mantém acima do valor da radiação em períodos de incidência indireta, devido à presença de nuvens.

De acordo com Campeiro (2016) um sistema formado por 12 serpentinas que trabalham em série, dispostas em 4 baterias instaladas paralelamente contendo 3 serpentinas em cada uma delas atingiu temperatura máxima de 53,19°C, e o protótipo abordado no presente trabalho que é formado por apenas 1 serpentina atingiu temperatura máxima de 39,9°C.

5 - CONCLUSÕES

O objetivo geral da presente pesquisa foi viabilizar a construção de um coletor solar acessível a todos, utilizando materiais recicláveis e contribuindo com o meio ambiente.

Para se investigar se os materiais utilizados seriam adequados construiu-se o sistema. Primeiramente foi construída uma caixa retangular de ferro, onde foram fixadas chapas laminadas para auxiliar o aquecimento, em seguida foi formada a serpentina de mangueira de polietileno por onde passa a água a ser aquecida e para um maior aquecimento do sistema, foi colocado um vidro para vedar e segurar o calor obtido. A placa construída foi conectada a um tambor de armazenamento e a circulação da água se deu através das correntes de convecção.

Por meio dos resultados obtidos, percebe-se que o objetivo inicial foi atingido já

que a alteração na temperatura pode ser observada, portanto o protótipo é viável. No entanto, algumas alterações podem aperfeiçoar o processo, ajudando no alcance de resultados ainda melhores e mais satisfatórios.

O protótipo foi elaborado em pequena escala, apenas uma unidade do coletor solar; portanto se a quantidade de coletores for aumentada, e conseqüentemente, a área de absorção, o projeto poderá apresentar melhores resultados. Outro fator a ser observado é o reservatório utilizado, que se for produzido com um material que conserve melhor a temperatura, poderá auxiliar na eficiência do sistema.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BEZERRA, Francisco Diniz. Energia solar. Caderno Setorial ETENE, n. 174, 2021.
- CABRAL, Isabelle de Souza; TORRES, Adriana Cazelgrandi; SENNA, Pedro Rocha. Energia solar análise comparativa entre brasil e alemanha. In: IV Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, Salvador, 2013.
- CAMPEIRO, Leandro Melo. Performace de um aquecedor solar de baixo custo aplicado a uma prisão. In: XIV International Conference on Engineering and Technology Education, 2016, Salvador.
- EPE – Empresa de Pesquisa Energética. Balanço Energético Nacional 2017: Anobase 2016. Empresa de Pesquisa Energética – Rio de Janeiro: EPE, 2017.
- KEMERICH, Pedro Daniel da Cunha et al. Paradigmas da energia solar no Brasil e no mundo. Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental, v. 20, n. 1, p. 241-247, 2016.

- MARTINS, Fernando Ramos et al. Atlas brasileiro de energia solar 2. 2017.
- MOURA, Murillo Ribeiro; OLIVEIRA, Ramon Alves. CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA: UMA ANÁLISE DE FONTE ALTERNATIVA DE COLETOR SOLAR DE BAIXO CUSTO. *Perspectivas Online: Humanas & Sociais Aplicadas*, v. 5, n. 13, 2015.
- OLIVEIRA, Bruno Alberto Soares et al. Avaliação de uma rede neural artificial como estimador temporal pluviométrico no sistema de abastecimento cantareira. *Revista de Informática Aplicada*, v. 14, n. 1, 2018.
- PEREIRA JR., Antônio Carlos et al. Sistema de aquecimento solar com mangueira de polietileno: estudo de caso. *Revista Estudos & Pesquisas Unilins*, v. 1, n. 1, p. 91-97, 2018.
- SCARAMELLI, Douglas dos Santos. Estudo do desempenho de um coletor solar flexível de baixo custo. 2019. Tese de Doutorado.
- SILVA, Sandro Araujo da Silva. Mini aquecedor solar de água para o ensino de calor e suas transmissões. 2017. Dissertação (Pós-Graduação no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF) - UFF – Universidade Federal Fluminense, [S. l.], 2017.
- STEFANELLI, Anderson Thiago Pontes; SCALON, Vicente Luiz. Eficiência em coletores solares para piscina feitos com tubos de polietileno. In: V Seminário da Pós-graduação em Engenharia Mecânica, Bauru, 2011.
- THOMAZ, Rodrigo Alan. Demanda de energia elétrica no Brasil: 1995-2015. 2017. Dissertação (Pós-Graduação em Economia) - UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ, [S. l.], 2017.
- TOLEDO, Cristian Epifanio. Protótipos De Aquecedores Solares Artesanais De Baixo Custo Para Uso Rural. *Revista de Engenharia e Tecnologia*, v. 11, n. 3, páginas 94-101, 2019.
- TOMÉ, Maurício de Castro. O chuveiro na curva do consumo: Simulações revelam que banhos são responsáveis por 23% da carga no horário de pico. *Jornal da Unicamp*, [S. l.], p. 1-1, 19 maio 2014. Disponível em: https://www.unicamp.br/unicamp/sites/default/files/jornal/paginas/ju_597_paginacor_07_web.pdf. Acesso em: 11 out. 2021.
- TSILINGIRIS, P. Back absorbing parallel plate polymer absorbers in solar collector design, *Energy Conversion and Management*, v. 43, n. 1, p. 135-150, 2002.
- VIEIRA, Lara Werncke et al. Proposta de microgeração fotovoltaica e energia solar térmica para uma edificação hoteleira. In: 6º SICT-Sul-Simpósio de Integração Científica e Tecnológica do Sul Catarinense. 2017.