

DIMENSIONAMENTO DE SISTEMA DE AQUECIMENTO SOLAR DE PLACA PLANA PARA UMA RESIDÊNCIA LOCALIZADA EM BRASÍLIA

Thailys Campos Magalhães¹
Tertuliano Ferreira Moreno²

RESUMO

A busca por tecnologias renováveis e eficientes estão sendo constantes e a energia proveniente da radiação solar é um importante mecanismo para a diversificação da matriz energética nacional. Nesse contexto, várias formas de utilização desse mecanismo são buscadas, por especialistas. Dentre esses, pode-se citar o sistema de aquecimento solar, pois se trata de um sistema perene, mais rentável e sustentável, por se tratar de uma energia advinda da radiação solar. Assim, o objetivo propor um dimensionamento de um sistema de aquecimento solar para água utilizando coletores de placa plana na cidade de Brasília. O método utilizado para tanto foi baseada na norma ABNT NBR 15569:2020 e foi seccionada em duas partes as quais foram local de instalação e dimensionamento através da norma citada. Sendo assim, Com a análise dos cálculos do dimensionamento do sistema de aquecimento solar para uma residência localizada na cidade de Brasília, foi observado que a área coletora necessária foi de 3,15 m² e com isso serão utilizados 2 coletores para a residencia em questão, visto que a diferença de 0,15 m² não é viavel para a dição de outro coletor.

Palavras-chave: Energia renovável, Radiação solar, Sustentabilidade.

INTRODUÇÃO

As energias renováveis são fontes alternativas para o desenvolvimento sustentável de mecanismos que visam a diversificação da matriz energética nacional. Após suscetíveis acordos internacionais, tem sido constante a busca por tecnologias rentáveis e com certificação de sustentabilidade socioambiental. A demanda energética mundial está em constante aumento devido ao crescimento industrial, aumento populacional, mudanças de estilo de vida e mecanização do trabalho. (SINIGAGLIA, et al. 2016).

¹ Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química da Universidade Federal do Paraná - UFPR, thailys_magalhaes@hotmail.com;

² Graduando do Curso de Engenharia Química da Universidade Federal de Alagoas - UFAL, tertuliano.f.m@gmail.com.

Nesse contexto, o sol possui grande importância devido ao seu potencial para o aproveitamento da energia solar, além de ser uma fonte renovável, não poluente e gratuita. No Brasil, os investimentos em energia solar vêm crescendo exponencialmente. Essa radiação pode ser captada tanto através de painéis fotovoltaicos quanto por coletores térmicos. A escolha do tipo de captação irá depender da aplicação, eficiência e dos custos do investimento inicial. (SINIGAGLIA, et al. 2016).

Com isto, o emprego da energia solar visando o aproveitamento em energia térmica para aquecer água para atividades domiciliares e industriais vem aumentando ao longo dos anos. Existem diversas aplicações para essa fonte de energia, como aquecimento de água, refrigeração, produção de energia elétrica, secagem de grãos, geração de vapor de água, plantas de dessalinização (VIJAY, 2013).

Com a crescente demanda energética e a proposição de novas técnicas de geração de energia elétrica e no intuito de economizar a fatura de luz, têm-se investido em aquecedores de água domésticos para suprir essa demanda, bem como investir em tecnologias sustentáveis e de viabilidade econômica. Segundo Shukla (2012), o aquecimento de água nas residências é responsável por cerca de 20% do consumo de energia em uma família. Nesse contexto, o uso de um sistema de aquecimento solar (SAS) para redução do consumo energético doméstico é promissor.

Neste cenário, o objetivo do presente trabalho consistiu em propor um dimensionamento de um sistema de aquecimento solar para água utilizando coletores de placa plana na cidade de Brasília, obedecendo o método apresentado pela norma ABNT NBR 15569:2020.

METODOLOGIA

No que tange a metodologia, foi seccionada em duas partes as quais foram local de instalação e dimensionamento através da norma ABNT NBR 15569:2020.

Local de instalação

Os cálculos de expectativa de geração do SAS foram realizados considerando como base a série histórica da irradiação solar incidente na cidade de Brasília, no Distrito Federal, cujas coordenadas geográficas são latitude 15° 46' 48" Sul e longitude 47° 55' 45" Oeste. O Quadro 1 que está a seguir, representa os valores diários médios mensais (em kWh/m².dia) na cidade

de Brasília, extraídos do programa SunData disponibilizado pelo Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio Brito (CRESESB).

Quadro 1: Irradiação solar diária média mensal incidente na cidade de Brasília (kWh/m².dia).

Irradiação solar diária média mensal (kwh/m ² .dia)												
Ângulo	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
Horizontal	5,74	5,05	5,06	4,83	4,70	4,95	5,77	5,70	5,59	5,08	5,44	5,28
Latitude	5,50	5,10	5,46	5,56	5,61	5,83	6,47	5,91	5,45	4,75	4,98	5,47

Fonte: CRESESB (2021).

Dimensionamento através da norma ABNT NBR 15569:2020

Para o dimensionamento do SAS foi utilizado a metodologia da norma ABNT NBR 15569:2020, - Sistemas de Aquecimento Solar de Água em Circuito Direto - Projeto e Instalação que estabelece os requisitos para sistemas de aquecimento solar, esta norma é aplicada em sistemas constituídos de coletores solares planos, com a presença ou ausência de reservatórios térmicos, além de sistemas onde a circulação da água no coletor é dada por circulação forçada ou termossifão e o fluido de transporte é a água.

Esta norma considera uma fração solar de 70% e que não há sombreamento sobre os coletores. É recomendada para um dimensionamento em residências unifamiliares. O procedimento de cálculo se dá através de quatro etapas fundamentais: o primeiro passo é a determinação do volume de água requerido para o abastecimento da residência, a segunda etapa é estabelecer o volume de armazenamento dos reservatórios térmicos, o terceiro passo é o cálculo da demanda de energia útil e a última etapa se dá por meio da definição da área de captação solar necessária para o coletor solar.

Sendo assim, a primeira etapa consiste em apurar o volume de consumo (Equação 1) para atendimento dos vários pontos de utilização, levando em consideração a vazão das peças de utilização e o tempo de utilização, considerando a frequência de uso.

$$V_{consumo} = \Sigma(Q_{pu} * T_u * \text{frequência de uso}) \quad \text{Eq. 1}$$

Onde $V_{consumo}$ é o volume total de água quente que será consumida diariamente e é expresso em metros cúbicos (m³), Q_{pu} é a vazão da peça que irá consumir água, expressa em metros cúbicos por segundo (m³/s), T_u é tempo médio de uso da peça de utilização diariamente

em segundos (s) e a frequência de uso é a quantidade de usos da peça dos membros da casa por dia.

Obtendo-se o volume total de consumo diário da residência é possível calcular o volume do sistema de armazenamento requerido ($V_{\text{armazenamento}}$), conforme a Equação 2 a seguir, expressa em metros cúbicos (m^3):

$$V_{\text{armazenamento}} = \frac{V_{\text{consumo}} * (T_{\text{consumo}} - T_{\text{ambiente}})}{(T_{\text{armazenamento}} - T_{\text{ambiente}})} \quad \text{Eq. 2}$$

No qual T_{consumo} corresponde a temperatura de consumo em que a peça será utilizada, expressa em graus Celsius ($^{\circ}\text{C}$), segundo a NBR 15569:2020 recomenda-se adotar a temperatura de 40°C . A temperatura ambiente T_{consumo} é a temperatura anual média do local onde será instalada o SAS. A temperatura ambiente (T_{ambiente}) é a estimativa da temperatura média anual no local estudado. Para a temperatura de armazenamento da água, sugere-se que $T_{\text{armazenamento}} \geq T_{\text{consumo}}$, foi adotado a temperatura de 50°C para o trabalho.

Em seguida, é possível calcular a demanda de energia útil ($E_{\text{útil}}$), expressa em quilowatts hora por dia (kWh/dia), por meio da Equação 3. Onde ρ é a massa específica da água igual a 1000, dada em quilogramas por metro cúbico (kg/m^3) e C_p é o calor específico da água que é igual a 4,18, expresso em kilojoules por quilograma Kelvin (kJ/kg).

$$E_{\text{útil}} = \frac{V_{\text{armazenamento}} * \rho * C_p * (T_{\text{armazenamento}} - T_{\text{ambiente}})}{3600} \quad \text{Eq. 3}$$

A área de captação solar requerida para aquecer o volume de água consumido na residência, é influenciada pela qualidade do coletor solar e por sua produção média diária de energia específica. A área coletora (A_{coletora}) é expressa em metros quadrados (m^2) e é dada pela Equação 4.

$$A_{\text{coletora}} = \frac{(E_{\text{útil}} + E_{\text{perdas}}) * FC_{\text{instal}} * 4,901}{PMDEE * I_G} \quad \text{Eq. 4}$$

O valor da irradiação média global (I_G) anual para a cidade de Brasília é dada pelo Quadro 1, O somatório das perdas térmicas, tanto do circuito primário quanto secundário, pode ser calculado pela soma das perdas ou dada pela Equação 5 e é expresso em quilowatts hora por dia (kWh/dia).

$$E_{perdas} = 0,15 * E_{útil} \quad \text{Eq. 5}$$

O PMDEE é a produção diária média de energia específica do coletor solar, dada em quilowatts hora por metro quadrado (kWh/m²), que pode ser calculada por meio da Equação 6, onde $Fr\tau\alpha$ é o coeficiente de ganho do coletor e Fr_{UL} é o coeficiente de perdas do coletor

$$PMDE = 4,901 * (Fr\tau\alpha - 0,0249 - Fr_{UL}) \quad \text{Eq. 6}$$

O fator de orientação e correção da inclinação do coletor solar (FC_{instal}) é calculado através da Equação 7.

$$FC_{instal} = \frac{1}{1 - [1,2 * 10^{-4} * (\beta - \beta_{ótimo})^2] + 3,5 * 10^{-5} * \gamma^2} \quad \text{Eq. 7}$$

Onde β é a inclinação do coletor solar em relação ao plano horizontal, em graus (°), $\beta_{ótimo}$ é a inclinação ótima do coletor solar para o local de instalação escolhido, em graus (°) e γ é o ângulo de orientação, expresso em graus (°), do coletor solar em relação ao norte geográfico.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Considerando que os chuveiros tem a vazão de 6,6 L/min são utilizados 1 vez por dia durante 10 minutos para uma residência com 4 pessoas, para o lavabo foi considerado uma vazão de 3 L/min utilizado 2 vezes ao dia durante 2 minutos por 4 pessoas, já para a cozinha foi adotado 3 L/min durante 3 minutos de uso, utilizado 2 vezes ao dia, por 4 pessoas, é possível calcular o volume de consumo através da Equação 1, substituindo os termos teremos que:

$$V_{ducha} = (6,6L/min * 10min * 1 * 4) = 264 L;$$

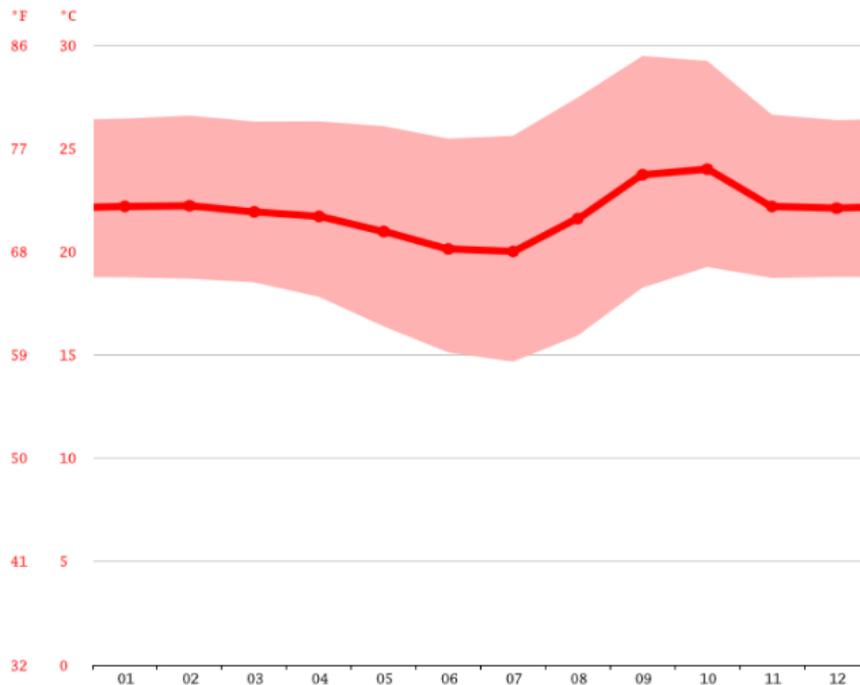
$$V_{lavabo} = (3,0L/min * 2min * 2 * 4) = 48 L;$$

$$V_{cozinha} = (3,0L/min * 3min * 2 * 4) = 72 L;$$

$$V_{consumo} = \Sigma(264 + 48 + 72) = 384 L/dia$$

O volume total de consumo diário da residência encontrado corresponde a 384 L de água, com isto se torna possível calcular o volume de armazenamento requerido. Para o valor da temperatura ambiente média anual para a cidade de Brasília foi encontrado aproximadamente 22°C, disponibilizado pelo Instituto Nacional de Meteorologia (Inmet), conforme explicitado pela Figura 2.

Figura 2: Temperatura média anual (Temperatura x Meses)



Fonte: CLIMADATE, 2021.

Substituindo os valores encontrados na Equação 2, temos que:

$$V_{\text{armazenamento}} = \frac{384 * (40 - 22)}{(50 - 22)}$$

O cálculo resultou em aproximadamente $V_{\text{armazenamento}} = 247$ L. Em seguida, calcula-se a demanda de energia útil por meio da Equação 3, realizando a substituição dos valores encontrados, temos que a $E_{\text{útil}}$ foi de 8,04 kWh/dia.

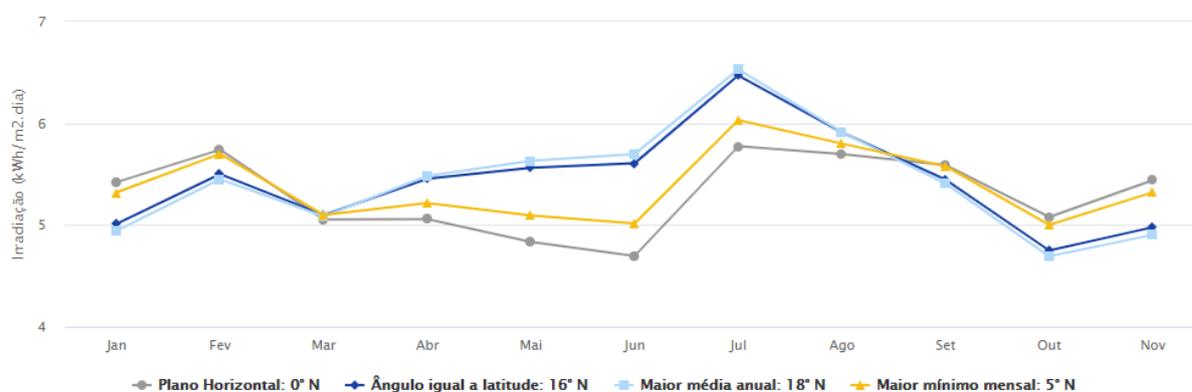
Após, calculou-se a produção média diária de energia específica (PMDEE) utilizando a Equação 6, onde $F_{r\alpha}$ foi igual a 0,6967 e F_{rUL} igual a 5,6508, encontrando um resultado de 2,72 kWh/dia. Substituindo $E_{\text{útil}}$ da Equação 5 foi obtido E_{perdas} correspondente a 1,2 kWh/dia.

.Para a residência avaliada, foi considerada a possibilidade de instalação dos coletores com $FC_{\text{instal}}=1$, ou seja, os coletores são orientados para o norte, sem desvio, e com ângulo de

inclinação de 25° em relação ao plano horizontal, pois considerou-se o ângulo ideal para os coletores de 10° somada a latitude do local (15° para Brasília).

Na Figura 3, pode-se observar o gráfico da irradiação solar média (I_G) no plano inclinado para a cidade de Brasília, tendo como $I_G = 5,28 \text{ kWh/m}^2.\text{dia}$, pode-se observar que a irradiação solar tem seu pico no mês de julho e para o ponto de mínimo, nota-se que nos meses de junho e outubro ocorre os menores picos de radiação solar.

Figura 3: Gráfico da irradiação solar no plano inclinado para a cidade de Brasília.



Fonte: CRESESB, 2021.

Logo, substituindo os valores encontrados na Equação 4, têm-se o valor da área dos coletores solares a serem instalados correspondente a 3,15 m², totalizando serão utilizados dois coletores solares para a residência, devido a pequena diferença na área, uma vez que a viabilidade econômica não é satisfatória dada a diferença de 0,15 m² área.

De acordo com os dados do dimensionamento e da área necessária dos coletores, foi escolhido o coletor solar da empresa Komeco, empresa essa consolidada no mercado e que possui três linhas de placas coletoras: Princess, Ambient e Maxime, todas desenvolvidas com pintura especial para maior absorção de calor, isolamento térmico em poliuretano injetado na própria caixa, ou com lã PET, e vedação especial que não propaga chamas, garantindo vida útil prolongada.

Entre as peculiaridades da escolha estão: até 70% de economia referente à energia gasta para o aquecimento da água; chapa de absorção em alumínio; grande capacidade de aquecimento; cobertura vidro liso 3mm; opção de vidro termoendurecido com tratamento térmico, garantindo mais resistência contra impacto; acabamento externo em alumínio; vedação do vidro com silicone especial para juntas de dilatação; vedação nas conexões em borracha

antichama; serpentina em aço inox (linha ambiente); opção de vidro termoendurecido com tratamento térmico; opção de válvula anticongelamento; 3 anos de garantia contra defeitos de fabricação (KOMEKO, 2021).

Desta forma, serão utilizados 2 coletores solares com dimensões explicitadas na Quadro 2, do modelo KOCS PR 1.5,

Quado 2: Especificidades dos coletores solares KOCS PR 1.5

Linha	Princess
Classificação INMETRO	A
Tubos	10
Dimensão	1,5 x 1 m
Material	Cobre
Produção de Energia	131,7 kWh/mês
Garantia	3 anos

Fonte: KOMEKO (2021).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a análise dos cálculos do dimensionamento do sistema de aquecimento solar para uma residência localizada na cidade de Brasília, foi observado que a área coletora necessária foi de 3,15 m² e com isso serão utilizados 2 coletores para a residencia em questão, visto que a diferença de 0,15 m² não é viável para a dição de outro coletor.

Outrossim, o sistema proposto deve ser capaz de suprir a demanda de água para a residência do estudo e vale ressaltar a necessidade e aplicabilidade de tal forma de aquecimento, dado que se trata de uma forma de energia de natureza sustentável, além da economia atrelada a fatura de energia.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15.569: sistema de aquecimento solar em circuito direto - projeto e instalação. Rio de Janeiro, 2020.

CLIMADATE. **Brasília clima**. 2021. Disponível em: <https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/distrito-federal/brasil-852/>. Acessado em: 12 de janeiro de 2021

CRESESB - Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio Brito. **Potencial Solar - SunData** v **3.0**. Rio de Janeiro, 2021. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=sundata&>. Acessado em: 15 de janeiro de 2021.

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. **Dados históricos anuais**. Brasília, 2021. Disponibilizado em: <https://portal.inmet.gov.br/dadoshistoricos>. Acessado em: 12 de janeiro de 2021.

KOMEKO. **Aquecedor solar para banho**. Palhoça, SC. 2021. Disponível em: <https://www.komeco.com.br/> . Acessado em: 10 de janeiro de 2021.

SHUKLA, R.; SUMATHY, K.; ERICKSON, P.; GONG, J. Recent advances in the solar water heating systems: A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews** 19 (2013) 173–190. Published by Elsevier Ltda. 2012.

VIJAY, D.; MANSOOR, A.; SOMA, S. S. R. D.; ROBERT C. G.; DOUGLAS, N.; CRAIG N..Solar energy: Trends and enabling technologies. V. Devabhaktuni et al. / **Renewable and Sustainable Energy Reviews** 19 (2013) 555–564