

Exercício – Etapa 3

PEA 2200 / PEA 3100

Coletor solar : Aquecimento de água

1- Objetivos

Esta terceira etapa do exercício tem os seguintes objetivos:

- Substituir a tecnologia utilizada no aquecimento de água de banho por coletor solar plano
- Realizar o cálculo do dimensionamento de um coletor solar para atendimento da energia térmica necessária para aquecimento de água de banho
- Efetuar o cálculo da economia de energia com a substituição da tecnologia atual pelo coletor solar plano
- Efetuar uma análise econômica da substituição de tecnologias
- Apresentar comentários a cerca das vantagens/desvantagens, limitações e sugestões sobre o uso de coletor solar plano

2- Roteiro para levantamento de dados e dimensionamento do coletor solar plano

As seguintes informações devem ser levantadas:

Dados da tecnologia atual:

- Tipo de equipamento usado para aquecimento de água e sua fonte de energia
- Características do equipamento e fonte de energia: Potência, poder calorífico da fonte de energia, rendimento da tecnologia (quando for o caso)

Dados de hábito de consumo e nível de conforto: Necessários para cálculo do consumo diário de água quente.

- Número de moradores da residência
- Número de banhos
- Horários de banho
- Tempo de banho

- Consumo médio de água quente da ducha ou chuveiro utilizado – litros/min (estimar de acordo com modelo usado – consultar referência)

Dados adicionais necessários para dimensionamento do sistema:

- Localização da residência e latitude
- Área disponível para localização da instalação e ângulo de inclinação (para telhados)
- Radiação solar do local no ângulo de inclinação do coletor
- Norte geográfico do local e orientação do telhado (quando for o caso)
- Área do coletor solar escolhido e seu rendimento
- Temperatura de banho – adotar 30° C (temperatura na saída do coletor = diferença entre a temperatura da entrada (ambiente) e saída do coletor)
- Temperatura ambiente – adotar média anual

Dica: Pode-se manter o nível de conforto utilizando a mesma vazão ou optar por uma vazão menor (Por exemplo, mantendo e usando os chuveiros que têm menor vazão, desligando sua alimentação elétrica, ou comprando uma ducha de menor vazão (para quem usa aquecedor a gás)). Nesses tempos de falta de água, é importante “**matar dois coelhos com uma paulada só**”), ou seja, economizar água e energia elétrica ao mesmo tempo.

Dados para avaliação econômica da troca de equipamentos

- Preço do coletor solar: Inclui placa, reservatório térmico mais custo de instalação
- Preço da ducha nova, caso a ducha usada ou chuveiro sejam substituídos
- Tarifa de energia : elétrica ou de gás
- Taxa de desconto : 12 %
- Vida útil do novo equipamento (coletor solar)

Obs 1: É possível que residências que usam chuveiro não possuam instalação hidráulica de água quente. Quando se utiliza um sistema central de aquecimento, como o caso do coletor solar em estudo, é necessário a instalação da tubulação de água quente (origem: reservatório térmico) e tubulação de água fria (origem: caixa da água) para que localmente (nas torneiras) a água seja misturada de acordo com a temperatura de banho desejada por cada indivíduo.

Neste exercício, estamos desconsiderando o projeto e custo da instalação da turbulação de água quente. Assim sendo, toda a análise econômica será feita sem considerar o custo da tubulação interna de água quente.

Obs 2: Para facilitar o cálculo, considere, independente da área disponível na edificação, o uso de sistema termossifão, ou seja sem uso de bomba para circulação forçada.

Obs 3: Os reservatórios térmicos vendidos possuem sistema auxiliar de aquecimento elétrico ou a gás. Para facilitar a análise comparativa entre as residências dos membros da equipe, edificações que usam aquecimento a gás, optem por comprar reservatório térmico com sistema auxiliar a gás. Caso contrário, ou seja, se for adquirido, reservatório térmico com aquecimento elétrico auxiliar, o consumo de energia elétrica dessas residências irá aumentar e não diminuir.

Dica: Edificações que ficam na região sul e sudeste, assuma que com o uso do coletor solar haverá ainda 30% de consumo mensal de energia (gás ou elétrica) com relação ao consumo da tecnologia antiga.

Com base nas informações, dicas, observações e no conteúdo da aula dada sobre coletor solar, efetuem os seguintes cálculos e precedimentos:

- ✓ Calcule o consumo diário de água quente e escolha o reservatório térmico (boiler) necessário para atendimento deste consumo. Dica: consulte fabricante, vendedor e identifique os tamanhos disponíveis no mercado escolhendo o reservatório com volume mais próximo do consumo diário calculado de água quente.
- ✓ Dimensione a capacidade de área necessária para instalação dos coletores solares. **Utilize a equação (dada em aula) do balanço de energia.**
- ✓ Em função do tipo e área do coletor solar escolhido, calcule o número de coletores necessários.
- ✓ Apresente um layout simplificado da instalação do coletores

Obs: Será necessário identificar na edificação as seguintes condições para instalação e projeto do sistema:

- Local e área para instalação dos coletores
- No caso de instalação em telhado: área, orientação e inclinação.

Observação importante: Não recomendamos que ninguém suba no telhado para o levantamento dessas informações. Façam uma estimativa de área, inclinação e orientação com base na planta (se houver) ou através de uma observação em solo. Quem tiver bússola, pode identificar o norte magnético. Porém os coletores são voltados para o norte geográfico (verdadeiro). É necessário conhecer a declinação magnética do local que é a diferença entre o norte magnético e o norte geográfico

O seguinte site fornece a declinação magnética dos locais:

<http://magnetic-declination.com/>

Como base na observação da orientação e inclinação do telhado é bem provável que o mesmo não esteja orientado exatamente para o norte geográfico. A tabela 1 do anexo, apresenta fatores para compensação de área para coletores lisos em função do desvio da orientação do mesmo.

Caso seja necessário utilizar estes fatores será necessário refazer o cálculo da área necessária e número de coletores. Lembrando que a indevida inclinação e orientação dos coletores resulta em perda de eficiência dos mesmos.

Para quem vai usar a laje para instalação dos coletores solares, os mesmos podem ser instalados diretamente na orientação e inclinação recomendados.

Tabela para correção da área do módulo em função do desvio

| DESVIO DO NORTE | ÂNGULO DE INCLINAÇÃO | | | | | | | | |
|-----------------|----------------------|------|------|------|------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 |
| 0 | 1,24 | 1,17 | 1,09 | 1,05 | 1 | 1,08 | 1,15 | 1,24 | 1,36 |
| 10 | 1,26 | 1,17 | 1,11 | 1,05 | 1,02 | 1,06 | 1,15 | 1,24 | 1,35 |
| 20 | 1,26 | 1,18 | 1,12 | 1,06 | 1,03 | 1 | 1,12 | 1,21 | 1,32 |
| 30 | 1,29 | 1,21 | 1,15 | 1,11 | 1,06 | 1,05 | 1,03 | 1,03 | 1,03 |
| 40 | 1,30 | 1,24 | 1,18 | 1,14 | 1,12 | 1,09 | 1,09 | 1,09 | 1,11 |
| 50 | 1,33 | 1,27 | 1,23 | 1,20 | 1,18 | 1,17 | 1,15 | 1,17 | 1,18 |
| 60 | 1,36 | 1,32 | 1,29 | 1,26 | 1,24 | 1,24 | 1,24 | 1,26 | 1,27 |
| 70 | 1,39 | 1,38 | 1,35 | 1,33 | 1,33 | 1,33 | 1,35 | 1,36 | 1,39 |
| 80 | 1,44 | 1,44 | 1,42 | 1,42 | 1,44 | 1,45 | 1,47 | 1,50 | 1,54 |

Dica: Os dados de radiação solar podem ser encontrados no seguinte formato:

Ex: **dados fictícios (chute):** radiação diária , média mensal: kWh/m² : Plano horizontal.

| Mês | Jan | Fev | Mar | Abr | Mai | Jun | Jul | Ago | Set | Out | Nov | Dez |
|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Rad. | 5 | 4,5 | 4 | 4,3 | 3,9 | 3,5 | 3,4 | 3,7 | 4 | 4,2 | 4,8 | 5,2 |

Obs 1: Necessário usar a radiação solar no plano de inclinação do coletor e não na horizontal como foi indicado na tabela. Não é recomendável instalar o coletor na horizontal, mesmo nas edificações que ficam localizadas em regiões próximas ao equador tendo em vista o acúmulo de sujeiras. **Sugestão:** usar [ângulo de inclinação em torno do valor da latitude para as edificações situadas nas regiões sul e sudeste e ângulo para obtenção da maior média anual de radiação calculado no site fornecido abaixo para regiões mais próximas do equador.](#)

Para simplicidade dos cálculos e para que todos os membros utilizem o mesmo critério de dimensionamento, use um valor de radiação considerando o valor médio dos 12 meses.

Para pesquisar dados de radiação solar e realizar o cálculo no plano inclinado de acordo com as coordenadas do local acesse:

<http://www.cresesb.cepel.br/sundata/index.php>

Latitude Sul Longitude Oeste

Formato Numérico:

graus decimais (00.00°)

graus, minutos e segundos (00°00'00")

I. Os valores válidos de latitude devem estar na faixa de 12° Norte e 40° Sul e de longitude na faixa de 30° Oeste e 80° Oeste.
Em caso de dúvida entre em contato conosco.

Informação sobre latitude e longitude , acesse o google maps.

Obs: consulte a página da ABRAVA para identificar fabricantes de coletores solares. Os coletores dos fabricantes associados a ABRAVA possuem seus equipamentos etiquetados (**Etiqueta Inmetro/Procel**)

3- Indicadores de mérito para avaliação técnica e econômica do projeto

Feito o dimensionamento do sistema, efetue os seguintes cálculos:

- Calcule o consumo mensal de energia elétrica (verão e inverno) : Assuma que nos meses de verão o coletor é autosuficiente e que nos meses de inverno o consumo de energia auxiliar é de 30% com relação ao consumo de energia do equipamento antigo para as localidades situadas na região sudeste e sul.
- Apresente a nova curva diária de carga – Uma típica de verão e outra de inverno apontando o impacto na demanda máxima e média
- Calcule o Payback simples e o CEE – Custo da energia conservada
- Apresente o layout simplificado da instalação indicando as dimensões dos equipamentos e parâmetros de dimensionamento calculados
- Apresente comentários acerca das vantagens/desvantagens, limitações e sugestões sobre o uso de coletor solar plano
- Comente os resultados obtidos nos cálculos

4 – Relatório consolidado

Faça uma análise comparativa dos resultados obtidos pelos elementos do grupo, no que se refere a:

- Número de pessoas e capacidade do boiler
- Área do coletor solar
- Custo de instalação

- Nova curva de carga (impacto na demanda média e máxima)
- Fator de carga
- Payback simples
- Custo da energia elétrica conservada (para quem usava chuveiro elétrico)
- Custo da energia do gás conservada (para quem usava gás no aquecimento de água de banho)