

DIMENSIONAMENTO DE COLETORES SOLARES PARA PISCINA SEMIOLÍMPICA

SIZING OF SOLAR COLLECTORS FOR AN SEMI OLYMPIC SWIMMING POOL

Ana Caroline de Jesus Silva[I]
Richardson Leandro Nunes[II]

Área: A41. Gestão de Sistemas Mecânicos e Industriais (GESMI)
Subárea: S9: Sistemas Termo-Fluido-Dinâmicos

RESUMO

O crescente aumento na demanda energética mundial é um dos grandes desafios da atualidade. Sabe-se que o uso da energia elétrica para aquecimento de água é um dos maiores responsáveis pelo seu alto consumo no país. Para reduzir esse consumo, uma alternativa viável é popularizar a utilização da energia solar para tal aquecimento. O tema dessa pesquisa é a utilização da energia solar para aquecimento de piscinas semiolímpicas. Foi realizado o dimensionamento em especificação de coletores solares para piscina e suas conexões especiais através de sites de fabricantes de equipamentos. O objetivo desse trabalho foi dimensionar e especificar coletores solares para piscina semiolímpica e fornecer a vazão necessária no sistema. Foi possível concluir que o processo é simples e permite obter informações relevantes e úteis para a posterior elaboração do projeto hidráulico.

Palavras-chave: Coletor solar. Piscina. Energia Solar.

ABSTRACT

The growing increase in global energy demand is one of today's major challenges. It is known that the use of electricity to heat water is one of the main reasons for its high consumption in the country. To reduce this consumption, a viable alternative is to popularize the use of solar energy for such heating. The subject of this research is the use of solar energy to heat semi-Olympic swimming pools. The sizing and specification of solar collectors for swimming pools and their special connections was carried out through the websites of equipment manufacturers. The aim of this work was to size and specify solar collectors for a semi-Olympic swimming pool and provide the flow rate required for the system. It was possible to conclude that the process is simple and provides relevant and useful information for subsequent hydraulic design.

Keywords: Solar collector. Swimming pool. Solar energy.

[I] Graduanda do curso de Produção Industrial da Fatec de Taquaritinga. E-mail: caroldjs244@gmail.com
[II] Doutor, Docente do Instituto Taquaritinguense de Ensino Superior. E-mail: eng.richard.nunes@gmail.com



Data de submissão do artigo: 15/07/2023.
Data de aprovação do artigo: 31/10/2023.
DOI: 10.33635/sitefa.v6i1.266

1 INTRODUÇÃO

O crescente aumento na demanda energética mundial é um dos grandes desafios da atualidade. Sabe-se que o uso da energia elétrica para aquecimento de água é um dos maiores responsáveis pelo seu alto consumo no país. Para reduzir esse consumo, uma alternativa viável é popularizar a utilização da energia solar para tal aquecimento (TAVARES; SOUSA, 2019).

Desde os primórdios da humanidade a energia foi fator determinante na evolução da espécie e, seja através da utilização da luz solar para o cultivo de alimentos ou, mais próximo dos dias atuais, com a criação de dispositivos mecânicos capazes de gerar a energia elétrica para os mais diversos fins, fica evidente a importância de tal elemento para a satisfação das necessidades humanas no decorrer dos tempos (FARIAS; SELLITTO, 2011).

Quando falamos sobre energia elétrica, logo pensamos em um grande problema mundial. Isso devido à energia elétrica possuir altos custos para a construção de usinas hidrelétricas (DECKMANN; POMILIO, 2017).

Diante desse problema se torna motivador realizar uma pesquisa na área de Energia Solar, uma fonte de energia sustentável que proporciona diversos benefícios e é pouco utilizada atualmente e não existem muitas pesquisas nessa área. Quando se utiliza energia solar pode-se economizar em até 93,7% na conta de energia elétrica. Isto significa que tem diversos benefícios relacionados a custos (ANEEL, 2005).

Dacol (2012) afirma que utilizar a energia solar é uma forma de obter energia através de um recurso natural e disponível, e o Brasil por ser de clima tropical se torna cada vez mais viável. Mesmo com o custo de instalação o retorno do investimento é de maneira rápida e eficaz. Sugestão: A energia solar pode ser utilizada para aquecimento de água em residências, piscinas, geração de eletricidade, possibilitando ganhos econômicos e ambientais, contribuindo com a sustentabilidade.

O Brasil tem compromisso de busca pela substituição das energias fósseis e consequentemente, do cenário de aumento para a energia solar como, por exemplo, o ingresso na cúpula da Agência Internacional de Energia (*International Energy Agency – IEA*) que ocorreu em 2017. Podemos observar que o mundo está empenhado em buscar a utilização da energia solar devido a ser uma fonte de energia renovável e com baixo custo de produção de energia. O investimento feito para a elaboração de um sistema de energia solar pode ser revertido em um curto espaço de tempo (EPE, 2017).

Em meio ao contexto atual de busca por alternativas que minimizem os impactos ambientais e, em vista do grande potencial justifica-se a utilização da energia solar em diversas áreas, como no caso dessa pesquisa que analisa o uso da energia solar em piscinas semiolímpicas.

Neste trabalho o objetivo é dimensionar e especificar coletores solares para piscina semiolímpica e fornecer a vazão necessária no sistema, piscina semiolímpica na região de Sertãozinho-SP, como referência do clima utilizado neste estudo.



2 ENERGIA SOLAR APLICADA EM PISCINAS

O sol gera e irradia energia eletromagnética com comprimento de onda com um vasto espectro de 10^{-2}µm a 10^{2}µm, do qual a luz visível é apenas a faixa que varia de 0,4µm a 0,7µm (INCROPERA *et al*., 2013). Contudo, essa pequena faixa do espectro é responsável pela maior parte do calor produzido. Uma porção menor do calor gerado oriunda da banda da onda longa do infravermelho do espectro e também de uma pequena fração do final da ultravioleta. Todavia, esse último segmento do espectro nunca atinge os coletores solares, pois a radiação é absorvida pela atmosfera (LIMA, 2003).

A radiação que atinge um determinado ponto na superfície terrestre não é igual à constante solar, pois sofre na sua trajetória as seguintes influências: A proporção que a latitude aumenta, a área da superfície terrestre que a mesma radiação atinge é maior, resultando em uma menor concentração de radiação. Desta forma, por um período do ano o planeta expõe mais o hemisfério Sul à luz solar e por outro período ele expõe mais o hemisfério Norte. A cada hora do dia os raios solares atingem uma dada superfície sob diferentes ângulos. A quantidade de nuvens que recobrem o céu interferem na radiação que atinge a superfície terrestre (DUFFIE;BECKMAN, 1991).

Dorantes *et al*. (2013) apresenta uma metodologia e resultados do projeto térmico e hidráulico de um campo de aquecimento solar para uma piscina semiolímpica de uma escola primária no México. Foram utilizados coletores solares planos aprimorados com tubos de cobre e aletas de alumínio. Com base em experiências próprias, muitos campos solares mexicanos não funcionam corretamente devido ao seu mau equilíbrio de fluxo de água nos coletores, possivelmente devido à falta de atenção dada a este aspecto. Por isso que a sua pesquisa se concentrou em estudar o comportamento da queda de pressão em um arranjo hidráulico da instalação.

Gonçalves *et al.* (2019) realizaram um estudo sobre o desempenho energético de longo prazo de sistemas de aquecimento solar de piscinas para as cidades brasileiras Brasília, Fortaleza, Porto Alegre e São Luís. A área da piscina foi mantida constante e foram considerados coletores solares térmicos envidraçados e não envidraçados para as diferentes localidades, com inclinação igual à latitude de cada cidade. Os dados meteorológicos usados na análise foram específicos para cada cidade. Os parâmetros geométricos dos coletores foram constantes para todas as simulações.

Chow *et al.* (2012) descreve um estudo de caso com um novo projeto de bomba de calor assistida por energia solar para aquecimento de piscinas cobertas. O desempenho energético foi avaliado com base no cronograma de operação no inverno. Uma análise econômica com uma variedade de áreas de coletor também foi realizada. Os resultados mostraram que o COP geral do sistema pode chegar a 4,5, e o fator fracionário de economia de energia é de 79% em comparação com o sistema de energia convencional. O período de retorno econômico foi inferior a 5 anos.

Tagliafico *et al.* (2012) apresenta um modelo de instalação de Bomba de Calor de Água auxiliada por energia Solar (W-SAHP) e os resultados de consumos médios mensais. O sistema W-SAHP é composto por uma bomba de calor comercial água-água acoplada a coletores solares planos sem vidro. O estudo foi desenvolvido para piscinas. Os cálculos foram feitos para uma carga térmica e temperaturas operacionais do usuário, com referência aos dados climáticos médios da Itália. A capacidade de economia de energia primária da

solução W-SAHP, em comparação com uma planta de caldeira a gás tradicional, foi analisada.

Cunio e Sproul (2012) estudaram os efeitos de taxas de fluxo reduzidas no desempenho e efetividade de aquecedores de coletores solares não envidraçados. O estudo mostrou economia de energia elétrica de 80% para coletores solares típicos operando com fluxo reduzido em até 75%, enquanto a eficiência do coletor é reduzida em aproximadamente 10-15%. A redução de energia elétrica necessária para o bombeamento e o aumento do COP devido ao fluxo reduzido através de coletores solares térmicos de piscina típicos foi mostrado para superar em muito a pequena perda de desempenho do coletor atribuível à mudança nas taxas de fluxo. A relação entre a energia térmica entregue e a energia elétrica fornecida foi melhorada em cerca de 400% para o coletor testado.

Zhao *et al.* (2018) apresenta a operação de um coletor solar sem vidro, de circuito aberto, para aquecimento residencial de piscina foi investigada experimentalmente sob várias condições de fluxo. O objetivo era examinar se coletores solares para piscina podem ser operados em fluxos mais baixos para minimizar a energia da bomba enquanto ainda fornecem saída de energia térmica suficiente para aquecer a piscina. O sistema consiste em um coletor solar de tubo de plástico de 20,5 m² e uma piscina aberta no chão de 36 m². O modelo alcançou um bom ajuste em relação aos dados medidos e foi usado para simular o desempenho do sistema em vários cenários. Operar o sistema em baixa velocidade de bomba com baixa taxa de foi considerado ótimo e alcançou uma economia de energia da bomba de 60%. O coeficiente de desempenho foi aumentado em 2,5 vezes sem comprometer o desempenho térmico do sistema.

2.1 Componentes do sistema de aquecimento solar de piscina

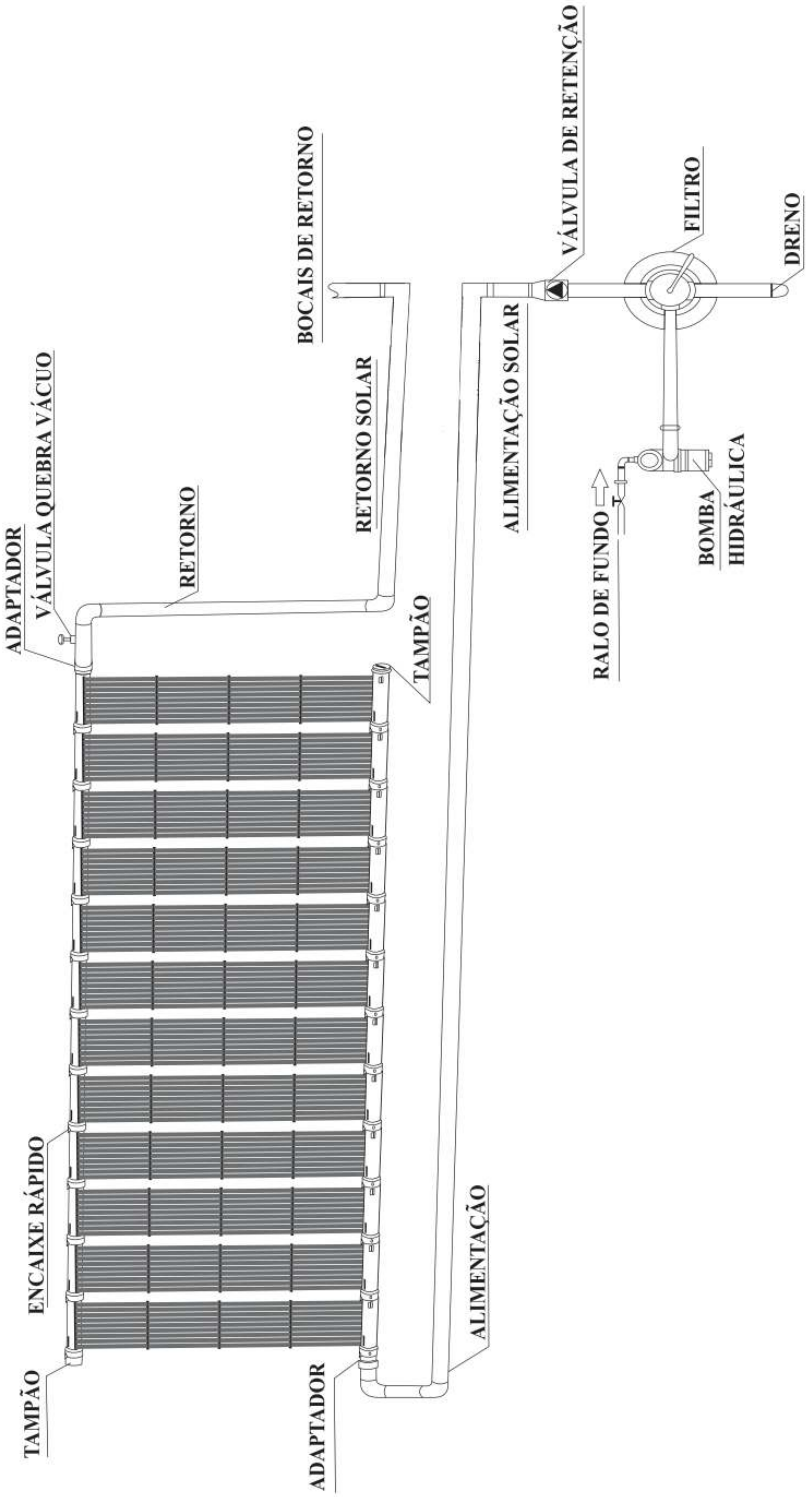
O uso de aquecedores solares tem tido um rápido crescimento em sua aplicação motivado por questões importantes como a crise energética mundial.

Um sistema típico de aquecimento solar de piscina pode ser visto na Figura 1.

Segundo Zhao *et al.* (2018), o sistema solar normalmente é composto pelos seguintes componentes:

- Coletores solares geralmente planos que captam a radiação solar e a transformam em calor, que é transferido para a água da piscina.
- Bomba de circulação: responsável por bombear a água da piscina através dos coletores solares para que seja aquecida.
- Controlador de temperatura: monitora a temperatura da água da piscina e aciona a bomba de circulação do sistema solar, quando a temperatura nos coletores solares é maior do que a temperatura na piscina e desliga quando a temperatura nos coletores solares é igual ou menor do que a temperatura da água da piscina.
- Válvulas de bloqueio para manutenção e para impedir que a água retorne quando a bomba desliga, evitando o golpe de aríete.
- Válvula de quebra-vácuo, para o ar entrar no sistema de coletores quando a bomba desliga, drenando toda a água para a piscina.
- Tubulação de PVC: conecta todos os componentes do sistema de aquecimento solar de piscina.

Figura 1 – Coletores solares para piscina



Fonte: Zhao *et al.* (2018)



3 METODOLOGIA DA PESQUISA

Para Miguel (2007, p. 217) "a importância metodológica de um trabalho pode ser justificada pela necessidade de embasamento científico adequado, pela busca da melhor abordagem para endereçar as questões de pesquisa".

A metodologia utilizada nesta pesquisa é a Revisão Bibliográfica.

Quanto aos objetivos, esta pesquisa é de objetivo exploratório. A pesquisa exploratória é o passo inicial para o processo de pesquisa e possui como principal objetivo proporcionar familiaridade com o problema estudado (MATTAR, 2005).

Para as buscas na revisão da literatura foram utilizadas as palavras-chave Sistema de Aquecimento Solar para piscinas. Essas palavras-chave/expressões fizeram com que alcançasse o conteúdo desejado, pois aborda os assuntos em diversos aspectos, as suas definições e aplicações. As bases de dados utilizadas foram Google Acadêmico e Science Direct.

Neste trabalho foram baixados da internet dos sites dos fabricantes de equipamentos solares os manuais de produtos e de instalação, para realizar o dimensionamento e especificação de coletores solares para uma piscina com dimensões de piscina semiolímpica, considerando a região de Sertãozinho-SP como referência do clima utilizado neste estudo.

4 DIMENSIONAMENTO E ESPECIFICAÇÃO DE COLETORES SOLARES PARA UMA PISCINA NA REGIÃO DE SERTÃOZINHO-SP

Nesta seção, são apresentados os dados utilizados da piscina, informações de fabricantes e memoriais de cálculo realizados durante o dimensionamento e a especificação dos coletores solares.

4.1 Características da piscina

Aqui foram escolhidos dados genéricos baseados nas características comuns de piscinas semiolímpicas.

Considerou-se uma piscina semiolímpica com área de 25m por 12,5m e 1,4m de profundidade, com cobertura metálica. Os coletores dimensionados podem ser instalados na cobertura.

4.2 Memorial de cálculo

A Tabela 1 mostra os índices de correção para cálculo da relação de área do coletor solar New Trópicos do fabricante Solis (2020).

Tabela 1 – Cálculo de relação de área dos coletores solares New Trópicos

Relação de área Coletor New Trópicos		Clima muito quente (Cuiabá, Campo Grande)		Clima quente (Belo Horizonte, Sertãozinho)		Clima frio (São Paulo, Londrina)		Clima muito frio (Campos do Jordão, Curitiba)	
Aplicação	Temp. piscina [°C]	Aberta	Fechada	Aberta	Fechada	Aberta	Fechada	Aberta	Fechada
Clubes	28 a 30	60%	45%	100%	90%	110%	100%	130%	115%



Residência e academia	30 a 32	90%	60%	110%	100%	125%	110%	150%	135%
Sauna	34	130%	90%	165%	130%	180%	140%	200%	180%

Fonte: Solis (2020)

Para casos em que haja desvios entre a inclinação do telhado e o norte geográfico, deve-se fazer uso da Tabela 2.

Tabela 2 – Fator de compensação de área conforme o desvio entre o telhado e o norte geográfico.

Desvio entre o telhado e o norte geográfico	Fator de compensação
Norte Geográfico	1
Desvio de 45°	1,15
Desvio de 90°	1,25

Fonte: Solis (2020)

A seguir são indicados os dados utilizados para dimensionamento da área de coletores solares:

- Área da piscina: 25m x 12,5m = 312,5m².
- Profundidade da piscina: 1,40m.
- Volume da piscina: 437.500 litros.
- Aplicação: clube.
- Clima: quente.
- Tipo de piscina: coberta (fechada).
- Inclinação da cobertura: 10%.
- Desvio da inclinação da cobertura em relação ao Norte: 75°
- Temperatura média anual do ar ambiente considerada: 22°C
- Fator de área devido à aplicação, piscina fechada e clima quente subtropical: 90%
- Fator de correção de área devido ao desvio de inclinação da cobertura: 125%
- Fator de correção de área devido à inclinação da cobertura: 95%
- Área de coletores solares calculada:

$$\text{Área}_{\text{coletores solares}} = 312{,}5 \text{ x } 90\% \text{ x } 125\% \text{ x } 95\% = 334\text{m}^2 \qquad \text{Eq. 1}$$

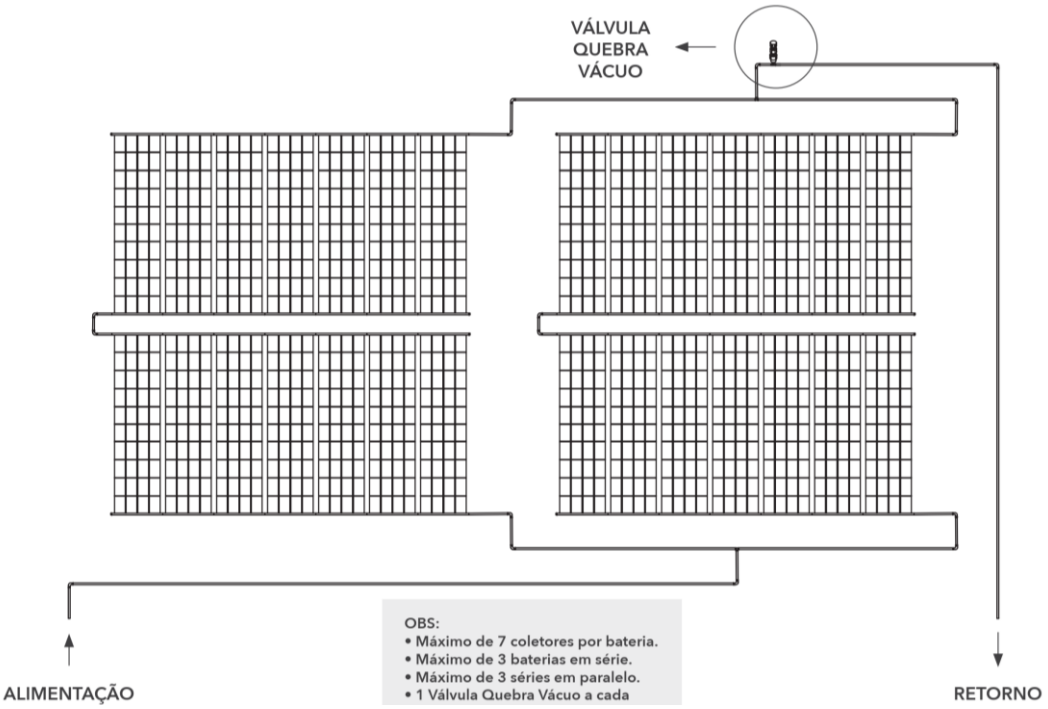
Coletores solares especificados: 60 coletores solares de 5,6m² cada, totalizando 336m² de coletores solares.

Os coletores serão distribuídos em 12 baterias com 5 coletores cada uma. Sendo 6 baterias utilizadas para o cálculo da vazão de água no sistema solar.

Na figura 2 é mostrado o esquema de ligação de 4 baterias, sendo duas em paralelo e duas em série, cada uma com 7 coletores. No sistema calculado neste trabalho, as baterias serão de 5 coletores e serão necessários 3 conjuntos desse de 4 baterias, ligados da mesma maneira.

VI SITEFA
Simpósio de Tecnologia da Fatec Sertãozinho

Figura 2 – Coletores solares para piscina



Fonte: Solis (2021)

A vazão padrão de água para aquecedores solares de piscina é $4{,}2\ \frac{\text{litros}}{\text{min.m}^2}$.

Assim a vazão do sistema é

$$\text{Vazão} = \text{Área direta x vazão padrão} \qquad \text{Eq. 2}$$

$$\text{Vazão} = 6\ \text{baterias}\ x\frac{5\ \text{coletores}}{\text{bateria}} x5{,}6\ \frac{\text{m}^2}{\text{coletor}}\ x4{,}2\frac{\text{litros}}{\text{min.m}^2} = 705{,}6\frac{\text{litros}}{\text{min}} = 42{,}3\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \qquad \text{Eq. 3}$$

Este trabalho tem o objetivo de dimensionar e especificar os coletores solares e fornecer o valor de vazão necessária. A perda de carga informada pelo fabricante é 5 mca no sistema solar. O projeto hidráulico não faz parte deste trabalho, de modo que as perdas de carga em válvulas, conexões, tubos, etc não estão contabilizadas aqui.

4.3 Coletores Solares

Aqui foram considerados os coletores New Trópicos da empresa Solis.
Os coletores solares são INMETRO e apresenta, conforme tabela do INMETRO:
- Eficiência média igual ou superior a 71,9%.
- Pressão de funcionamento igual ou superior a 195kPa.
- Garantia de 5 anos para coletores e acessórios (abraçadeiras, adaptadores, tampões).

O método de fixação dos coletores solares deve ser indicado conforme o modelo de coletor ofertado e orientações do manual do fabricante.

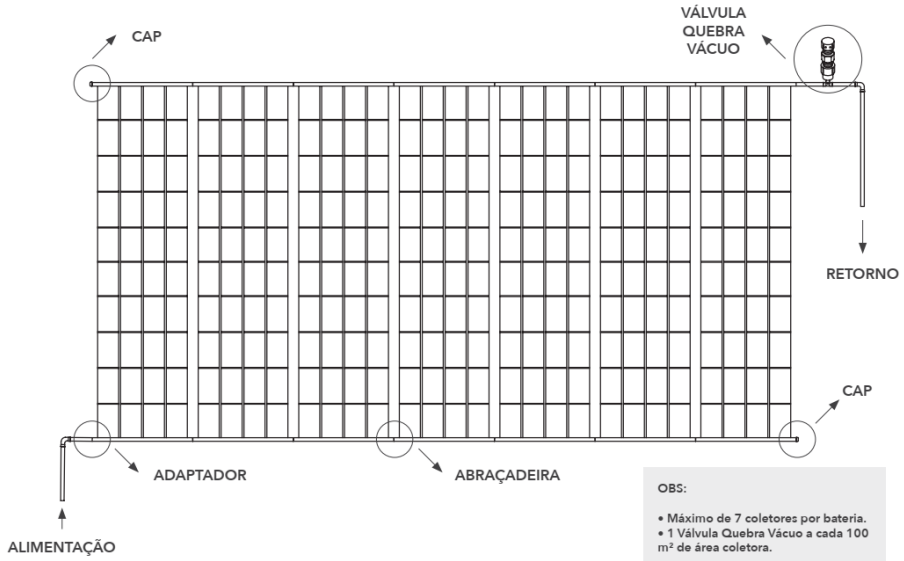


O material de fabricação é atóxico, com proteção UV e resistente a qualquer tratamento de água utilizado em piscinas.

4.4 Conexões de Coletores Solares

Para instalação dos coletores solares são necessárias algumas conexões especiais fornecidas pelo fabricante. Na figura 3 pode ser visto onde cada uma destas conexões especiais são posicionadas nas baterias.

Figura 3 – Coletores solares para piscina



Fonte: Solis (2021)

Válvula quebra-vácuo: Utilizada para permitir os coletores solares esvaziarem quando o sistema para e também permitem a eliminação de ar do sistema quando o sistema enche ou quando formam bolhas.

Segundo Solis (2020), deve ser colocada uma válvula quebra-váculo para cada 100m² de coletores solares, assim, para a área especificada de 336m², devem ser colocadas 4 válvulas quebra-vácuo.

Abraçadeiras: utilizada para interligar os coletores solares adjacentes um no outro e também para fixar os adaptadores e tampões.

Solis (2020) indica utilizar a seguinte quantidade de abraçadeiras:

$$Nº\ abraçadeiras = nº\ de\ baterias\ .\left(\frac{coletores}{bateria}.2+2\right) \quad \text{Eq. 4}$$

$$Nº\ abraçadeiras = 12.(5.2+2) = 144\ abraçadeiras \quad \text{Eq. 5}$$

Adaptadores: utilizados para interligar as tubulações nos coletores.

Calcula-se, pela indicação de Solis (2020), dois adaptadores por bateria. Sendo 12 baterias, são necessários 24 adaptadores.

Caps: utilizados nas pontas das baterias onde não são feitas interligações. A quantidade de tampões é igual à quantidade de adaptadores, ou seja, 24 tampões.



5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como pode ser visto nas seções anteriores, o dimensionamento e especificação coletores solares para piscina e conexões especiais é simples e pode ser feito através das informações disponibilizadas pelo fabricante Solis (2020) em seu *website*. O dimensionamento permite conhecer a área necessária para instalação de coletores solares, a quantidade de coletores solares, conexões especiais e a vazão necessária no sistema para ser utilizada por interessados na execução do projeto hidráulico.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS E SUGESTÕES FUTURAS

A quantificação e especificação dos coletores solares e conexões especiais foi realizada para uma piscina semiolímpica. Este trabalho pode ser utilizado por empresas, clubes, academias interessados em instalar um sistema solar para aquecimento de piscina semiolímpica e outras menores também. Isto torna este um material útil, que contribui para disseminação do uso de energia solar.

REFERÊNCIAS

CHOW,T.T.; BAI,Y.; FONG,K.F.;LIN,Z. Analysis of a solar assisted head pump system for indoor swimming pool water and space heating. **Applied Energy**, v.100, p. 309-317, 2012.

CUNIO, L.N.; SPROUL, A.B. Performance characterisation and energy savings of uncovered swimming pool solar collectors under reduced flow rate conditions. **Solar Energy**, v. 86, p. 1511-1517, 2012.

DACOL, A. P. de O. **Modelagem matemática do uso da energia solar para aquecimento de uma casa**. Juína, 2012.

DECKMANN, Sigmar Maurer; POMILIO, José Antenor. **Avaliação da qualidade da energia elétrica. 2017.** Disponível em: http://www.dsce.fee.unicamp.br/antenor/pdffiles/qualidade/b5. pdf. Acesso em: 31 ag. 2023

DORANTES,R.; GARCÍA, G.; SALAZAR, C.; OVIEDO, H.; GONZÁLEZ, H.; ALANIS, R.; SALAZAR, E.; DOMINGUEZ, I.R.M. Thermal and hidraulic Design of a Solar Collector Field for a Primary School Pool. **Energy Procedia**, v.57, pg. 2515-2524, 2014.

DUFFIE, J. A.; BECKMAN, W. A. **Solar Engineering of Thermal Processes** 2. ed. New York: John Willy & Sons, 1991. 919p

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Plano Decenal de Expansão de Energia**. 2026. Brasília, 2017.

FARIAS, Leonel Marques; SELLITTO, Miguel Afonso. Uso da energia ao longo da história: evolução e perspectivas futuras. **Revista Liberato**, Novo Hamburgo, v. 12, p. 01-106, jan./jun. 2011.



GONÇALVES, R.S.; MARRERO, A.I.P.; OLIVEIRA, A.C. **Analysis of swimming pool solar heating using the utilizability method energy reports**, v.6, pg 717-724, 2020.

INMETRO. **Tabelas de consumo / Eficiência energética**. Coletor Solar Aplicação Piscina. Disponível em: http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/PBE_Solar_ColetorPiscina_nov2021.pdf Acesso em: 15 jul. 2023.

LACERDA, D.P; DRESCH, A.; PROENÇA, A; ANTUNES JUNIOR, J.A.V. Design Science Research: método de pesquisa para a engenharia de produção. **Gestão & Produção**, São Carlos, v. 20, n. 4, p. 741-761, 2013.

LIMA, J.B.A. **Otimização de Sistema de Aquecimento Solar de Água em Edificações residenciais unifamiliares utilizando o programa TRNSYS** – Dissertação – USP, 2003.

MARCONI, M.A.; LAKATOS, E.M. **Metodologia do Trabalho Científico**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2001.

MIGUEL, P.A.C. **Estudo de caso na engenharia de produção: estruturação e recomendações para a sua condução**. Produção, São Carlos, v 17, nº 1, p. 216 – 229, janeiro/abril 2007.

SOLIS. LINHA DE PISCINAS NEW TRÓPICOS: **Manual Técnico Produto e Instalação. Birigui-SP**, 2020. Disponível em: http://www.solis.ind.br Acesso em: 15 jul 2023.

SOLIS. **Manual de boas práticas:** linha piscina. Birigui-SP, 2021. Disponível em: http://www.solis.ind.br Acesso em: 15 jul 2023.

TAGLIAFICO, L.A.; SCARPA, F.; TAGLIAFICO, G.; VALSUANI, F. An approach to energy saving assessment of solar assisted heat pumps for swimming pool water heating. **Energy and Buildings**, v. 55, p. 833-840, 2012.

TAVARES, Stella Ramos; SOUSA, Nádia Guimarães. Sistema de aquecimento solar de água: simulação e análise. **Revista Brasileira de Ciência, Tecnologia e Inovação**, v. 4, n. 1, p. 15-31, 2019

ZHAO, J.; BILBAO, J.I.; SPOONER,E.D.; SPROUL, A.B. Experimental study of a solar pool heating system under lower flow and low pump speed conditions. **Renewable Energy**, nº119, p. 320-335, 2018.