



**XVI CONBRAVA - CONGRESSO BRASILEIRO DE REFRIGERAÇÃO, AR-CONDICIONADO, VENTILAÇÃO, AQUECIMENTO E TRATAMENTO DO AR**  
São Paulo Expo - 10 a 13 de setembro de 2019

## **APROVEITAMENTO DO REJEITO TÉRMICO DO SISTEMA DE AQUECIMENTO SOLAR DESTINADO A BANHO PARA AQUECER A ÁGUA DA PISCINA**

JOSÉ JORGE CHAGURI JUNIOR; FELIPE MORENO DE OLIVEIRA; EVILASIO DA SILVA PIMENTEL;  
MANOEL NASCIMENTO DE OLIVEIRA NETO ; ANDRÉ KAORU GOMES ; FELIPE CREPALDI  
SIQUEIRA

### **RESUMO**

Com o crescimento da demanda por energia solar térmica em grandes edifícios residenciais, atrelado às dificuldades de insolação e ausência de sombreamento para a instalação de placas solares para aquecimento de piscina, a alternativa de placas solares para aquecimento de banho, conjugado com o aquecimento da piscina, poderá contribuir para a viabilização do aquecimento de ambos os usos, somente com o aumento da eficiência do sistema.

**Palavras-chave** Solar térmico. Aquecimento piscina. Água quente.

### **ABSTRACT**

With the growth of the demand for solar thermal energy in large residential buildings, coupled with the difficulties of sunbathing and absence of shading for the installation of solar panels for pool heating, the alternative of solar panels for bath heating, combined with the heating of the pool, may contribute to the feasibility of heating both uses, only by increasing the efficiency of the system.

**Keywords:** Solar thermal. Hot Water pool. Hot water.

## **1 INTRODUÇÃO**

O Sistema de Aquecimento Solar (SAS) térmico tem sido uma solução para o aquecimento da água utilizando uma energia de fonte renovável, gerando economia no uso de energia elétrica ou de gás destinada a este fim. É composto por coletores solares que absorvem, durante os períodos de insolação, a energia solar e transforma em energia térmica, transferindo-a para seu líquido de trabalho, podendo ser água, e por uma instalação hidráulica que pode armazenar essa água aquecida em reservatórios térmicos, fornece-la diretamente para o consumo ou apenas trocar calor com um circuito fechado.

Os sistemas de aquecimento solar para usos residenciais estão em plena expansão de uso, incentivadas pela redução do custo de instalação devido aumento da tecnologia do sistema, pela busca de soluções de redução de consumo de energia e devido a leis de incentivo existente em diversos municípios.

Gráfico 1 – Evolução do Mercado de Aquecimento Solar Brasileiro



Fonte: Abrava (2015)

Na cidade de São Paulo, incentivado pela Lei nº 14.459/2007, regulamentada pelo decreto nº 49.148/2008 e depois alterada pela Lei nº 16.642/2017, a energia solar térmica foi incorporada nos mais diversos edifícios projetados e construídos desde 2008. Além da energia solar para aquecimento de banho, essas leis exigem e incentivam o aquecimento de piscinas aquecidas ou climatizadas.

Contudo, o projeto de placas solares para piscina em cidades densamente ocupadas, com gabaritos altos e com pouco espaço em área comum, possui obstáculos que restringem a sua aplicação ou o atendimento Legal.

Desta forma, a busca por alternativas de aquecimento de piscina, atrelado aos obstáculos das grandes cidades, tem gerado uma demanda por soluções de sistemas que permitem às novas edificações atenderem os requisitos legais.

O SAS pode ser dividido em dois por um critério de destino da água aquecida, o aquecimento da água para banho e o aquecimento para piscina.

## 2 PLACAS SOLARES

As placas solares são os responsáveis por absorver a energia térmica solar e transferi-la para o fluido de trabalho. As placas, também denominadas coletores solares planos, são compostas por tubulações paralelas nas extremidades e aletas que conduzem o fluido da tubulação de entrada a

tubulação de saída transferindo-lhe o calor proveniente do sol.

Cada modelo de placa solar possui parâmetros determinados por características físicas resultante dos materiais que a compõem:  $F_R(\tau\alpha)$  (deve-se a energia radiante absorvida) e  $F_R U_L$  (deve-se as perdas por transferência de calor) e a partir deles é possível estabelecer a eficiência da placa relacionando-os com a diferença de temperatura entre a entrada de água e a temperatura ambiente e também com a radiação total incidente na placa (GT) obtida pelo produto entre a área do coletor e a radiação solar incidente. [3]

A partir desses parâmetros pode se estabelecer a relação da eficiência ou rendimento ( $\eta$ ) pela equação:

$$\eta = F_R(\tau\alpha) - F_R U_L \frac{(T_e - T_a)}{GT}$$

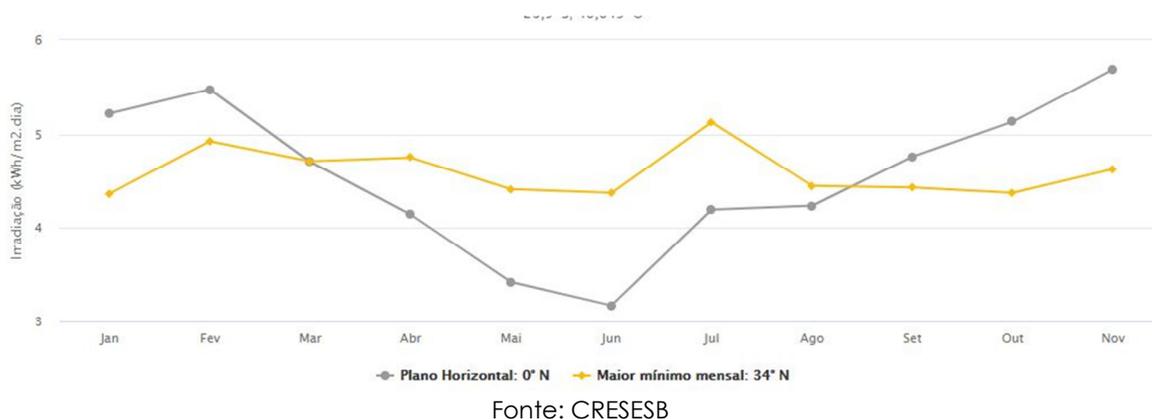
Sendo  $T_e$  a temperatura de entrada do fluido na placa e  $T_a$  a temperatura ambiente.

### 3 PARÂMETROS PARA CÁLCULO DA EFICIÊNCIA DO COLETOR

Para o cálculo e elaboração dos gráficos de eficiência do coletor solar durante o dia para o sistema solar de banho e o sistema solar de banho e piscina, foram adotados alguns parâmetros. Entre eles foram considerados coletores solares localizados na cidade de São Paulo, com orientação voltada para o norte geográfico e inclinação de 33°, inclinação a qual apresenta o maior mínimo mensal de irradiação solar durante o ano.

Para cálculo da insolação no plano foi utilizado dados provenientes do CRESESB[6], Centro Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio Brito, o qual possui as medições de irradiação solar incidente no plano horizontal durante o ano e a irradiação equivalente ao plano inclinado 34° em relação ao horizontal, conforme Figura 1.

Figura 1 – Irradiação solar no plano inclinado – São Paulo



O método de dimensionamento do sistema de aquecimento solar utilizado é o f-Chart<sup>[6]</sup>, o qual determina a fração de energia solar absorvida pelo SAS, em função da energia necessária para atender a demanda de água quente.

### 3 SISTEMA DE AQUECIMENTO SOLAR

#### 3.1 Sistema de aquecimento para banho

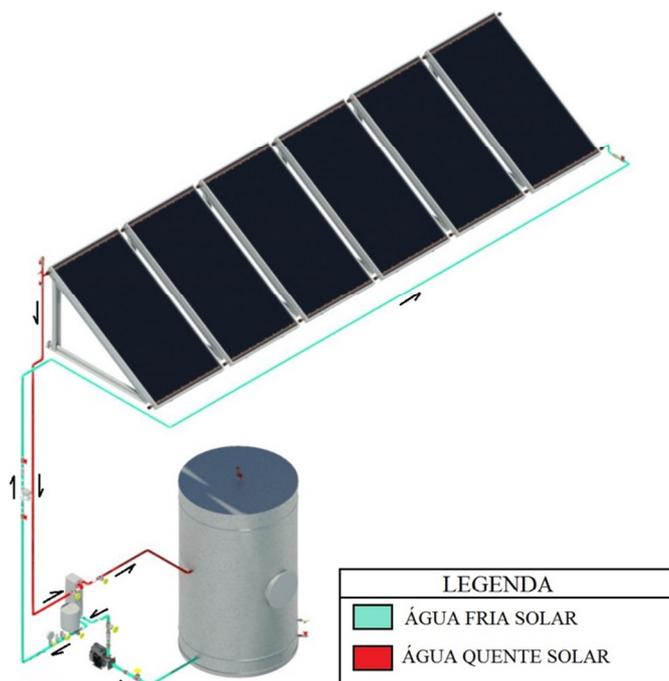
No caso do sistema de aquecimento solar de banho, a água é aquecida a partir da captação de energia solar por coletores solares planos destinados a banho que se comunicam direta ou indiretamente com reservatórios térmicos, os quais armazenam água quente o suficiente para abastecer os pontos de uso, como chuveiros, lavatórios e torneira da cozinha. Para a circulação de água nos coletores pode ser adotado o sistema ativo ou passivo com circuito aberto ou fechado.

No sistema ativo se utiliza bombas para a circulação do fluido pelo coletor e o sistema passivo não utiliza bombas, portanto o fluido circula de acordo com suas propriedades físicas. Em relação ao circuito, o coletor solar de circuito aberto aquece a mesma água destinada a consumo e no circuito fechado, a água das placas não se mistura com a água de consumo. Dentre esses sistemas, são comumente utilizados o sistema passivo direto (circuito aberto) denominado termossifão e o sistema ativo indireto (ou fechado). <sup>[4]</sup>

O fenômeno de convecção é responsável pela circulação de água dos reservatórios aos coletores nos sistemas termossifão, as placas são fixadas em nível inferior ao reservatório, portanto a água quente por ter uma menor densidade que a fria fica na parte superior do sistema. Porém, o sistema por termossifão apresenta algumas dificuldades para serem executados em instalações de grandes volumes de água quente.

No entanto o sistema ativo indireto possui uma aplicação ampla. Esse sistema se baseia na troca de calor entre a água que circula nos coletores solares com a água que circula entre os reservatórios, podendo ser reservatórios com serpentina interna ou utilizando um equipamento denominado trocador de calor que executa a troca de calor entre dois circuitos (primário e secundário) sem a mistura dos líquidos. O circuito primário do trocador de calor consiste na água fria proveniente dos reservatórios e o retorno da água aquecida para os mesmos. O circuito secundário do trocador de calor é fechado e no qual ocorre a circulação da água pelas placas.

Figura 2 – Esquema de ligação do sistema solar do tipo indireto



Fonte: Elaborado pelos autores

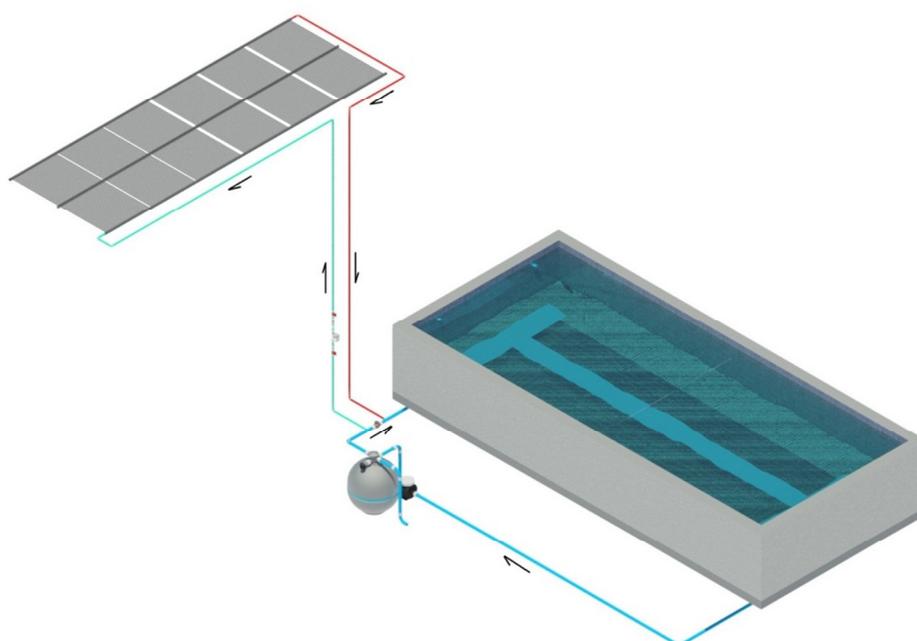
Em grandes sistemas de aquecimentos solar, principalmente os edifícios altos, o sistema indireto tem sido a configuração mais utilizada pois permite o uso de fluídos térmicos no circuito fechado que contribuem para a redução da possibilidade de congelamento em baixas temperaturas ambiente, aumentam a vida útil das placas devido à baixa renovação da água evitando a corrosão e incrustação dos equipamentos, e permitem a operação da água quente com temperaturas mais elevadas do que com fluídos somente com água.

As temperaturas de operação do sistema solar (partes quentes) podem atingir temperaturas acima de 100°C.

### 3.2 Sistema de aquecimento para piscina

No caso do sistema de aquecimento solar para piscina, a circulação é ativa e normalmente de circuito aberto. A água da piscina é aquecida por coletores solares específicos de piscina, fornecendo água quente diretamente na instalação hidráulica da piscina, e tem como temperatura ideal, de 25° a 28°C. Um esquema de funcionamento é apresentado na Figura 3.

Figura 3 – Esquema de ligação do sistema solar de piscina do tipo direto



Fonte: Elaborado pelos autores

## 4 DESEMPENHO DO SISTEMA DE AQUECIMENTO SOLAR PARA BANHO

No sistema de aquecimento para banho há o armazenamento de calor em reservatórios, que acumulam calor ao longo do dia, favorecendo o uso nos períodos de “pico” de consumo.

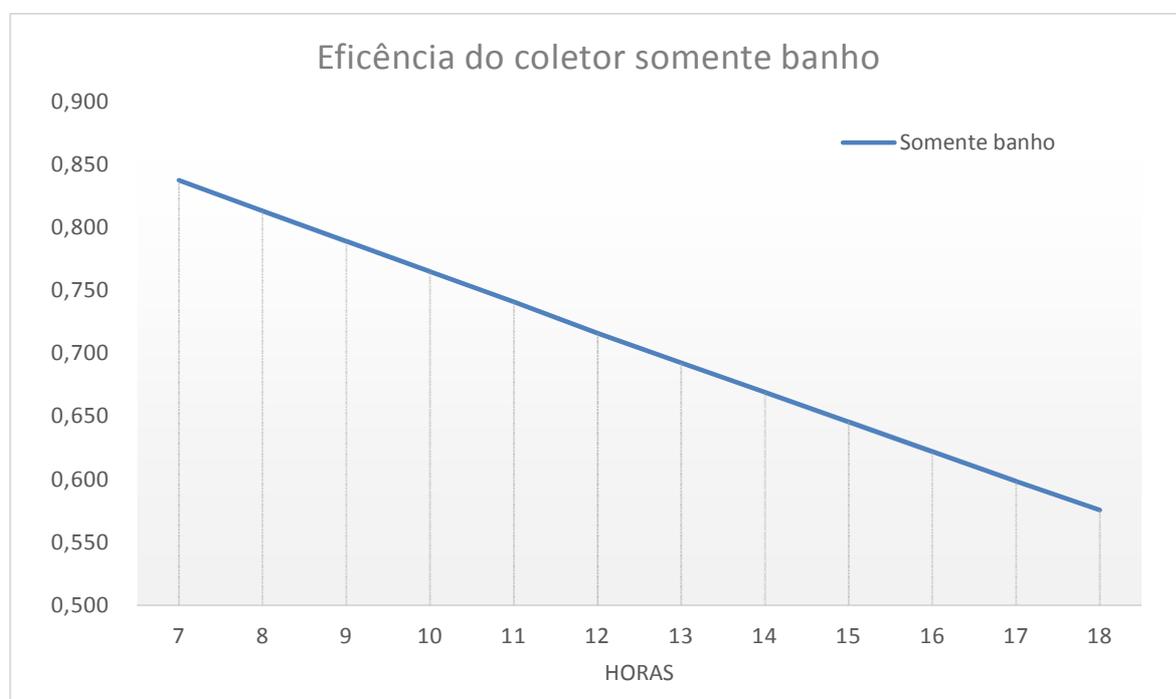
Ao mesmo tempo, a água circula nos coletores quando há uma diferença de temperatura especificada em projeto entre a água na saída da placa e a água armazenada nos reservatórios. Após a primeira circulação diária de água pelos coletores, o circuito fechado adquire energia térmica ao longo do dia, a qual se mantém pelo sistema com poucas transferências para o ambiente, sendo transferida grande parte ao circuito do reservatório pelo trocador de calor. Porém, conforme os reservatórios adquirem calor do sistema solar, ao longo do dia, provocam ao mesmo tempo o aumento da

temperatura da água que vai para as placas solares, reduzindo assim a eficiência da placa ao longo do dia.

Sendo assim, o sistema para banho durante o dia perde eficiência conforme os reservatórios de água de banho ganham temperatura, como previsto na equação de rendimento da placa solar, quanto maior a temperatura de entrada de água no coletor, maior sua diferença com a temperatura ambiente e conseqüente menor a eficiência das placas solares.

No Gráfico 2 é apresentado uma simulação da eficiência dos coletores solares instalados na cidade de São Paulo, considerando o aumento da temperatura dos reservatórios térmicos ao longo do dia.

Gráfico 2 – Simulação de eficiência do coletor, exclusivo para água de banho, ao longo do dia



Fonte: Elaborado pelos autores

Para o cálculo de eficiência do coletor solar foi utilizado uma placa solar plana de referência, certificada no INMETRO, com Fator de Absorção de 0,831 e Fator de Perdas de 3,71. Desta forma, com o coletor de alta eficiência o trabalho visa ser conservador no cálculo, de forma que coletores de desempenho mais baixos tendem a ter ganhos mais elevados com o resfriamento da água na entrada do coletor.

Para os reservatórios foi utilizado a relação de 75 litros de água quente armazenada por metro quadrado de placa solar, conforme recomendações do método *f-chart*.

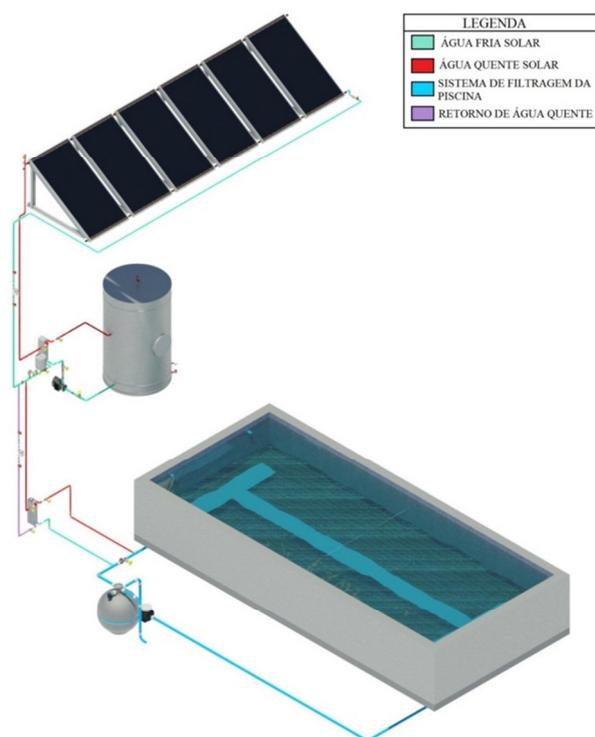
Entre os reservatórios e os coletores solares foi projetado um trocador de calor de placas brasadas, com as vazões nos circuitos primários e secundários idênticas, utilizando a referência de ensaio do INMETRO de 75 litros/m<sup>2</sup> de coletor solar instalado. Nas temperaturas de entrada de saída para o dimensionamento do trocador de calor de placas brasadas foi considerado a temperatura máxima do sistema solar de 60°C, a entrada de água fria no trocador de 20°C e a saída para os coletores solares de 25°C, buscando a maior eficiência possível no coletor, mesmo com temperaturas elevadas da água quente.

Além disso foi utilizado o período de insolação, para a cidade de São Paulo, das 7 horas da manhã, até às 18h da tarde, e as temperaturas foram obtidas através da média anual da temperatura ambiente, e a temperatura da água fria conforme simulação de desempenho do sistema solar com reservatórios de água quente com troca indireta.

#### **4.1 AQUECIMENTO DA PISCINA ATRAVÉS DO REJEITO TÉRMICO DO SISTEMA DE BANHO**

Com o objetivo de aproveitar a mesma área de placas para banho e piscina, em determinados empreendimentos foram interligados o circuito fechado do sistema de aquecimento solar de banho com o sistema de aquecimento de piscina, também de circuito fechado, conforme Figura 4.

Figura 4 – Esquema de ligação do sistema solar de banho e piscina



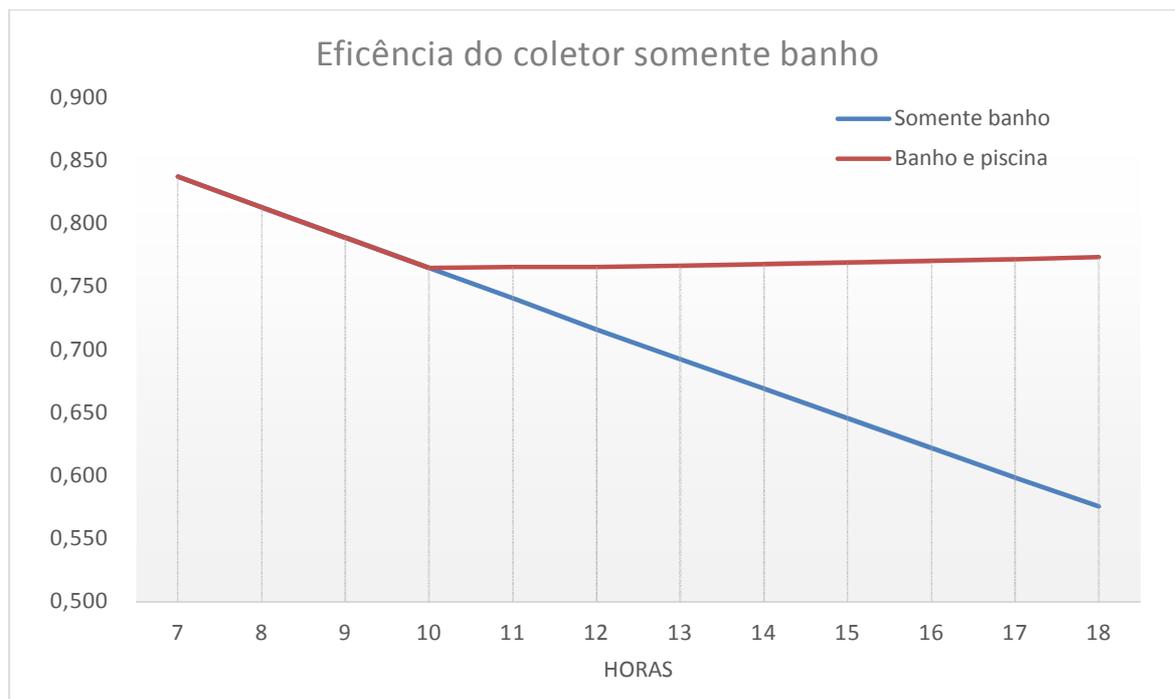
Fonte: Elaborado pelos autores

Nesta configuração é possível utilizar o rejeito térmico do trocador de calor do sistema de banho, quando a temperatura da água que vai para os coletores (sobra da troca de calor com os reservatórios) é relativamente elevada (acima de 28°C), e é encaminhada para a troca de calor com a água da piscina.

A piscina passa a ser aquecida pela água também de forma indireta, com um trocador de calor próximo a casa de bombas. O circuito da piscina troca calor com as prumadas vindas das derivações do circuito secundário do trocador de calor das placas de banho.

Essa troca aquece a piscina e resfria parcialmente o sistema de banho, diminuindo a temperatura de entrada nas placas e consequentemente aumentando a eficiência do sistema de banho. Desta forma a água que entra nos coletores solares não passa de 28°C, fazendo com que haja uma estabilização na redução da eficiência do coletor solar, conforme Gráfico 3.

Gráfico 3 – Simulação de eficiência do coletor, exclusivo para água de banho, ao longo do dia



Fonte: Elaborado pelos autores

Desta forma, com a diferença de eficiência do coletor solar com o resfriamento da água com a piscina há um ganho de aproximadamente 16% da eficiência média anual do coletor solar.

Além disso, em dias com temperaturas mais elevadas, evita-se o efeito de estagnação térmica das placas solares, gerando um superaquecimento das placas, sem a possibilidade de resfriamento do sistema, podendo ocasionar aumento da pressão do circuito fechado, e dependendo do tipo de coletor solar, danos a determinados equipamentos e acessórios que não suportam altas temperaturas.

## 5 CONCLUSÕES

O mercado de aquecimento solar brasileiro tem crescido cada vez mais, sendo comuns edificações utilizarem a energia solar para aquecer banho e piscina. Como uma opção para aquecer através da captação da irradiação solar a água da piscina, o aproveitamento do rejeito térmico do aquecimento solar para banho é uma solução eficiente para problemas de ambos os sistemas. No caso da piscina, a falta de área ensolarada próximas à piscina para locação de placas e no caso do aquecimento de banho, o aumento da eficiência pela diminuição da diferença entre a temperatura de entrada da placa com a temperatura ambiente.

Desta forma, aproveita-se o rejeito térmico das placas solares de banho para o pré-aquecimento da água da piscina, aumentando a eficiência global da edificação.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos a toda equipe da Chaguri Consultoria e Engenharia de Projetos que contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho, em especial na aplicação destas tipologias em diversos projetos de edificações multifamiliares.

## REFERÊNCIAS

- [1] GONÇALVES, Alberto - BRASIL É 3º PAÍS EM RANKING INTERNACIONAL DE AQUECEDORES SOLARES. 2016. Disponível em: <<http://www.homedecore.com.br/brasil-e-3o-pais-em-ranking-internacional-de-aquecedores-solares/>>. Acesso em 27/02/19 às 20:00
- [2] BRASIL, SÃO PAULO. Lei n. 14.459, de 3 de julho de 2007. Acrescenta o item 9.3.5 à seção 9.3 - instalações prediais do anexo i da lei nº 11.228, de 25 de junho de 1992 (código de obras e edificações), e dispõe sobre a instalação de sistema de aquecimento de água por energia solar nas novas edificações do município de São Paulo.
- [3] CARVALHO, Filipe Rocha; SIONEK, Marina Cristina, Análise Da Eficiência De Um Coletor Solar Plano. 2015. 73f. Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade Tecnológica Federal Do Paraná, Curitiba, 2015.
- [4] JURADO, Dóris A. J. Modelagem Dinâmica De Um Sistema Solar Termossifão Usando Coletores Atmosféricos De Plástico. 2004. 92f. Dissertação de Mestrado - Universidade Federal De Uberlândia, Uberlândia, 2004.

CONBRAVA 2019 – São Paulo Expo, 10 a 13 de Setembro de 2019 - São Paulo, Brasil

[5] *f-chart*. J.A Duffie, and W.A Beckman, Solar Engineering of Thermal Processes, Wiley Interscience, New York, 1980.

[6] CRESEB, Centro de Referência para as Energias Solar e Eólica Sérgio de S. Brito. Acessado no site: <http://www.cresesb.cepel.br>, Abril de 2019.