

DIMENSIONAMENTO DE BOMBA DE CALOR PARA O AQUECIMENTO DE PISCINAS RESIDENCIAIS

Leonardo Dopke¹
Rodrigo Konrath²

RESUMO

O presente estudo objetiva uma proposta de dimensionamento de bomba de calor para o aquecimento de piscinas residenciais. Levando em consideração uma piscina instalada no município de Chapecó com uma temperatura média da água não aquecida no inverno de 12,1 °C, e desejando-se elevar a temperatura até 28 °C em uma taxa de 4 h/°C, para uma piscina de 6 metros de comprimento, 3 metros de largura e 1,4 metros de profundidade, foi aproximado uma bomba de calor com capacidade de 24.779 BTU/h. O projeto ocorreu de maneira simplificada, sem considerar o material construtivo das paredes da piscina, perdas por radiação e convecção.

Palavras-chave: Bomba de calor; Aquecimento de piscina; Trocador de calor.

1 INTRODUÇÃO

No contexto contemporâneo que estamos inseridos, é muito comum localizar residências urbanas que possuem piscina integrada ao terreno. As piscinas, além de proporcionarem lazer e entretenimento, também são espaços terapêuticos e de relaxamento para muitos proprietários. Há muitos modelos de piscinas atualmente no mercado, e esta adaptação permite que cada vez mais classes econômicas da sociedade tenham acesso à este adorno no quintal de casa.

Para o funcionamento ideal deste tanque, deve-se anexar diversos equipamentos para a circulação, filtragem, tratamento e aquecimento da água. Este último sistema é fundamental para manter a temperatura da água dentro de níveis desejáveis, tendo em vista que é um fator crítico para a experiência dos usuários e a temporada de utilização das piscinas.

À medida que cresce a conscientização sobre a sustentabilidade do meio ambiente e a conservação de energia elétrica, o aquecimento de piscinas residenciais enfrenta desafios energéticos e econômicos, atrelados à eficiência e o custo do equipamento respectivamente. A tecnologia de bombas de calor (popularmente conhecido como trocador de calor) evoluiu consideravelmente nos últimos anos, e hoje uma ampla variedade deste produto de calor está

¹ Graduando em Engenharia Mecânica (UCEFF, 2023). E-mail: dopkeleonardo@gmail.com.

² Mestre em Física (UCEFF, 2023). E-mail: konrath@uceff.edu.br.

disponível no mercado, diferenciando-se em características de desempenho, capacidades e custos de operação.

As bombas de calor oferecem uma série de benefícios aos proprietários de piscinas residenciais, pois proporcionam um aquecimento mais rápido e eficaz da água em comparação com métodos tradicionais, como aquecedores a gás ou solares. Estes equipamentos são geralmente mais eficientes em termos energéticos, o que resulta em economias significativas a longo prazo. Greyvenstein e Meyer (1991) concluíram em um estudo que a partir de determinadas áreas de superfície da piscina e temperatura média da água, uma bomba de calor consome menos energia elétrica do que o aquecedor convencional por placas solares, tornando-se assim a opção economicamente mais viável.

No estudo desses benefícios, evidenciando que estes equipamentos estão se tornando uma escolha cada vez mais popular e vantajosa para aquecer piscinas residenciais, o presente artigo explora as variáveis para o correto dimensionamento. Tendo em vista que muitos usuários possuem equipamentos que não atendem a demanda esperada, questiona-se: **como realizar o dimensionamento de bomba de calor para piscina residencial?**

Desta forma, a justificativa da pesquisa baseia-se no correto dimensionamento da bomba de calor, para que o fornecedor venda corretamente o equipamento, e para que o cliente não saia lesado tanto pela baixa eficiência quanto pelo superdimensionamento deste. O objetivo geral é dimensionar uma bomba de calor, a partir de todas as variáveis que interferem neste projeto. Para isto, torna-se necessário levantar informações como região da instalação, tipo de piscina, volume de água e regime de operação. Sendo assim, a partir dos cálculos será possível avaliar equipamentos já instalados para prova de eficiência e efetividade, bem como desenvolver corretas negociações entre o vendedor do equipamento e o cliente final.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo encontram-se os assuntos selecionados para a construção do presente artigo.

2.1 FUNDAMENTOS DA TERMODINÂMICA

A ciência da termodinâmica estuda as transferências de calor em sistemas que saem do estado de equilíbrio. O termo calor é definido como “a forma de energia que pode ser transferida

de um sistema para outro em consequência da diferença de temperatura entre eles” (Çengel et.al, 2012, p.2), sendo fundamentalmente aplicado para permitir a vida na Terra e para o funcionamento do corpo humano, por exemplo.

Há diversas aplicações destes conhecimentos na engenharia, que sempre busca relacionar as informações conhecidas para avaliar e dimensionar equipamentos como ar condicionados, usinas de potência (termelétricas e nucleares) e sistemas de resfriamento, por exemplo.

O fundamento da termodinâmica baseia-se no conceito de que todos os corpos possuem uma energia interna U que se manifesta como a temperatura. Quando consideramos um sistema com dois corpos à diferentes temperaturas, haverá um fluxo de calor do corpo com maior energia para o corpo com menos energia até que o equilíbrio seja estabelecido. A quantidade de calor necessária para atingir o equilíbrio, ou variação da energia interna é demonstrada pela Equação 1, mostrada a seguir:

$$\Delta U = m \cdot c_{med} \cdot \Delta T \quad (1)$$

ΔU – Variação da energia interna (J);

m – Massa (kg);

c_{med} – Calor específico médio à temperatura considerada (J/kg.K);

ΔT – Variação da temperatura (K).

Para que ocorra a transferência de energia em um sistema, deve-se promover transferência de calor ou trabalho. A combinação dos dois mecanismos também é possível.

2.1.1 Mecanismos de transferência de calor

De acordo com Çengel *et.al* (2012), O calor é transferido entre corpos de três maneiras: condução, convecção e radiação. Todos os meios de transferência de calor demandam uma diferença de temperatura entre os corpos, sempre ocorrendo no sentido da maior para a menor temperatura. Esta ciência é dedicada ao estudo das taxas de transferência de calor, e se diferencia das análises termodinâmicas que estudam somente a quantidade de calor transferido na análise de um sistema.

2.1.2 Transferência de calor por condução

O método de transferência de calor por condução consiste no fluxo de energia à nível microscópico, quando moléculas adjacentes que possuem diferentes níveis de energia e estão em desequilíbrio térmico colidem e trocam calor. Devido às interações atômicas da matéria, é entendível que os corpos sólidos admitam uma transferência muito mais efetiva, se comparada aos líquidos ou gases, pois os átomos vibram muito próximos entre si.

A condução de calor depende, além da diferença de temperatura, da distância percorrida pelo fluxo de energia, da área da superfície em que o calor incide e da propriedade individual da matéria denominada condutividade térmica, que indica a capacidade de condução do calor. A taxa de transferência de calor por condução é demonstrada na Equação 2 a seguir:

$$Q_{cond} = -k \cdot A \cdot \frac{dT}{dx} \quad (2)$$

Q_{cond} – Taxa líquida de calor transferido (J/s);

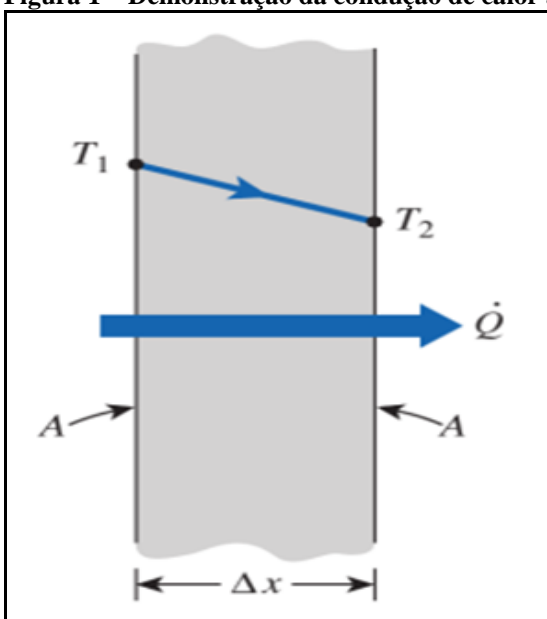
k – condutividade térmica (W/m.K);

A – área da superfície (m²);

$\frac{dT}{dx}$ – gradiente da variação da temperatura T (K) em função da distância x (m).

A equação da taxa de transferência de calor por condução foi desenvolvida pelo matemático e físico Jean Baptiste Joseph Fourier (1768-1830) e foi batizada como lei de Fourier da condução térmica. A Figura 1, demonstra esquematicamente a condução de calor da seguinte maneira: o calor incide na face esquerda da parede de espessura Δx e é transferido para a sua face direita, promovendo assim um gradiente de temperatura através da taxa de calor consumido.

Figura 1 – Demonstração da condução de calor através de uma parede.



Fonte: Çengel *et.al* (2012).

2.1.3 Transferência de calor por convecção

A convecção é a transferência de calor que afeta apenas os fluidos (gases e líquidos) pois depende da livre movimentação das moléculas que constituem a matéria, e esta troca térmica sempre depende de uma superfície sólida que está em contato com o fluido (INCROPERA *et.al*, 2015). O próprio conceito de temperatura, que é a medida do grau de agitação das partículas, explica que quando aquecemos um líquido, os seus átomos vibram com maior intensidade e têm o seu volume aumentado e conseqüentemente têm a sua densidade reduzida, para uma mesma massa. Com a redução da densidade de uma molécula, esta tende a subir e ceder espaço à outra molécula de maior densidade pois os seus movimentos não têm limitação como em um retículo cristalino de um sólido.

O mesmo comportamento é verificado quando o fluido é a fonte de calor, e este sofre resfriamento ao invés de aquecimento. A quantificação desta taxa de transferência de calor é determinada pela lei de Newton do resfriamento, demonstrada na Equação 3 abaixo:

$$Q_{conv} = h \cdot A_s \cdot (T_s - T_{\infty}) \quad (3)$$

Q_{conv} – taxa líquida de calor transferido (J/s);

h – coeficiente de transferência de calor por convecção (W/m².K);

A_s – área da superfície (m²);

T_s – temperatura da superfície (K);

T_∞ – temperatura do meio (fluido) em contato com a superfície (K);

2.2 TROCADORES DE CALOR

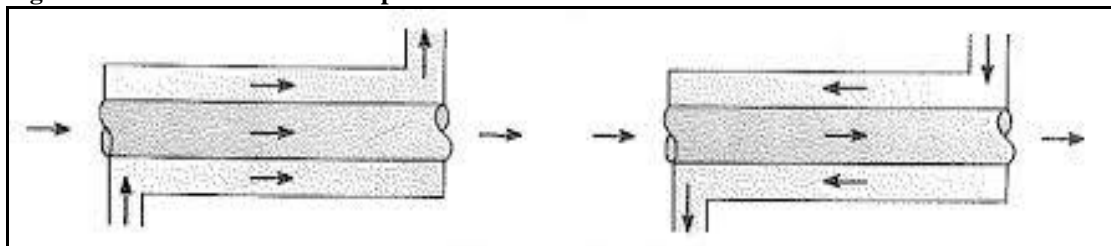
De maneira geral, um trocador de calor é uma máquina térmica que envolve dois fluidos de diferentes temperaturas e promove o aquecimento de um e resfriamento de outro, sem que os mesmos se misturem. A máquina utiliza dos princípios das transferências de calor por condução e convecção para que o fluido principal seja aquecido ou resfriado, dependendo da aplicação e finalidade do mesmo.

Para o funcionamento do sistema, os fluidos são separados por uma parede sólida e têm escoamento contínuo por meio de tubos ou placas. Um fator determinante para a operação do sistema é a configuração do escoamento entre os fluidos e a disposição dos tubos. Incropera (2015) afirma que os escoamentos podem ser paralelos, contracorrentes e cruzados, enquanto as disposições diferenciam-se em concêntricos, compactos (ou de placas) e do tipo casco e tubo.

2.2.1 Trocador de calor do tipo concêntrico

O modelo mais simples de arranjo interno de um trocador de calor é a disposição concêntrica de dois tubos de diferentes diâmetros. Também conhecido por “tubo duplo”, este equipamento promove o aquecimento do fluido que passa pelo espaço anular entre a parede interna do tubo maior e a parede externa do tubo menor, pois a disposição do escoamento mais eficiente sempre considera o fluido quente no tubo interno. A Figura 2, exemplifica dois modelos diferenciados pela orientação dos escoamentos: paralelo (ou concorrente) na esquerda e contracorrente na direita.

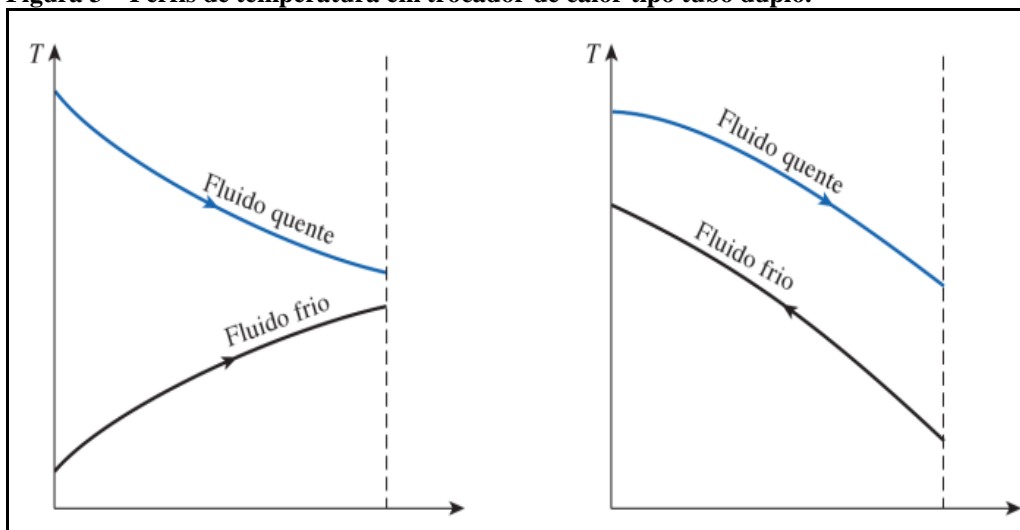
Figura 2 – Trocadores de calor tipo concêntrico.



. Fonte: Incropera et.al (2015).

Em um trocador de calor, o fluido frio sempre apresenta maior temperatura na sua saída, bem como o fluido quente apresenta menor temperatura na saída comparada à entrada. Este gradiente de temperaturas é observado nos gráficos da Figura 3, e pelas leis da termodinâmica é possível entender que o fluido frio na saída nunca terá a temperatura do fluido quente na sua entrada dos tubos. Na figura, escoamento paralelo na esquerda e contracorrente na direita.

Figura 3 – Perfis de temperatura em trocador de calor tipo tubo duplo.



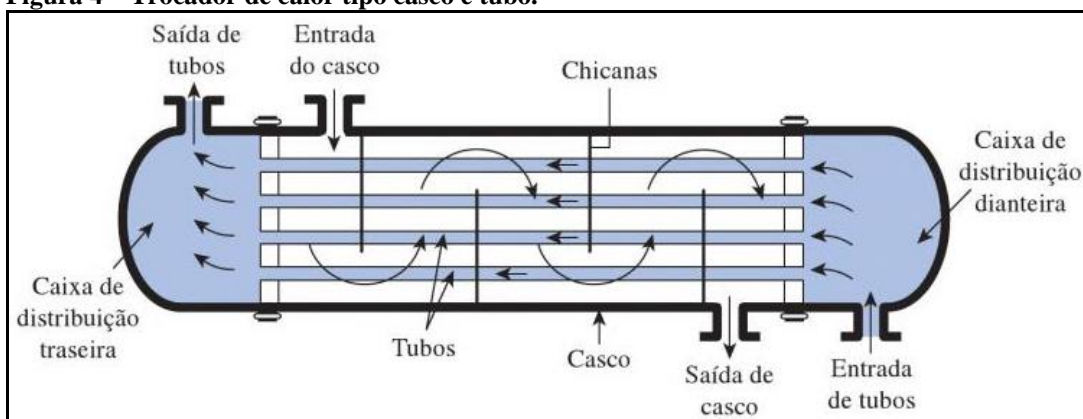
Fonte: Çengel et.al (2012).

2.2.2 Trocador de calor do tipo casco e tubo

Çengel *et.al* (2012) denomina os trocadores de calor do tipo casco e tubo como uma grande quantidade de tubos dispostos paralelamente e acondicionados em um casco externo, com eixo também paralelo aos outros componentes. Os fluidos trocam calor quando um deles escoia internamente nos tubos, e outro escoia externamente a eles, através do casco.

Em aplicações industriais o modelo de trocador de calor mais difundido e aplicado é do tipo “casco e tubo”. É muito comum visualizar esta disposição em caldeiras geradoras de vapor pois admitem uma construção mais robusta em tamanho e massa total. Já aplicações compactas, como automotivas e aeronáuticas que têm demanda limitada de carga, necessitam de outra construção e disposição dos tubos do trocador de calor. A Figura 4 representa um esquema de um trocador do tipo casco e tubo com alguns anexos, como chicanas e caixas de distribuição que otimizam a troca térmica dos fluidos.

Figura 4 – Trocador de calor tipo casco e tubo.



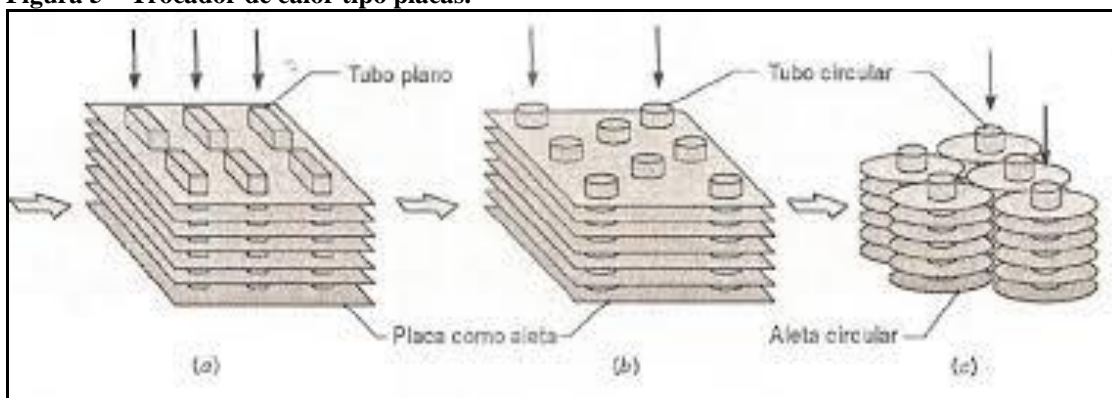
Fonte: Çengel et.al (2012).

2.2.3 Trocador de calor do tipo placas

O terceiro modelo de trocador de calor é chamado de “placa e quadro”, ou somente de ‘placas’. Esta disposição dos elementos permite a transferência de calor com extrema eficiência, e os avanços da engenharia envolvida permitem uma construção compacta que é muito difundida no nosso cotidiano, como em radiadores de veículos ou evaporadores e condensadores de ar-condicionado.

A configuração do fluxo dos fluidos é alternada, em que um fluido escoava perpendicularmente ao outro. Outra vantagem desta construção é a modularidade conforme demanda de troca térmica, tendo-se a possibilidade de aumentar ou diminuir o número de placas (Çengel *et.al*, 2012). A Figura 5 representa alguns modelos de trocador de calor do tipo placas, com variação no formato das placas e dos tubos.

Figura 5 – Trocador de calor tipo placas.



Fonte: Incropera et.al (2015).

2.2.4 Coeficiente global de transferência de calor

No processo de dimensionamento de trocadores de calor, uma etapa crucial é a determinação do coeficiente global de transferência de calor do equipamento. Apesar de muito importante, Incropera *et.al* (2015) afirmam que esta determinação é frequentemente muito imprecisa pois leva em consideração todas as resistências ao calor que ocorrem e que podem ocorrer durante a operação.

Araújo (2002) complementa que as superfícies internas dos tubos em um trocador de calor enfrentam a deposição de impurezas dos fluidos, o aparecimento de ferrugem e outras reações entre o fluido e o material que constitui a parede. A resultante formação de um filme ou incrustações na superfície aumenta a resistência à transferência de calor entre os fluidos, adicionando assim outra variável ao cálculo chamada de fator de deposição R_d .

Além disso, de acordo com Incropera *et.al* (2015), sabe-se que as aletas adicionadas às paredes além de aumentar a área de superfície para troca térmica, reduzem a resistência térmica para a transferência de calor convectiva. A partir destas informações, é possível representar o coeficiente global de transferência de calor a partir das resistências, como mostra a Equação 4.

$$\frac{1}{UA} = \frac{1}{(\eta_0 h A)_f} + \frac{R_{df}}{(\eta_0 A)_f} + R_p + \frac{1}{(\eta_0 h A)_q} + \frac{R_{dq}}{(\eta_0 A)_q} \quad (4)$$

U – coeficiente global de transferência de calor (W/m².K);

A – área superficial total (m²);

η_0 – eficiência global da superfície aletada (m²);

h – coeficiente de transferência de calor por convecção (W/m².K);

R_d – fator de deposição (m².K/W);

R_p – resistência da parede à condução (m.K/W);

Os subscritos f e q indicam os fluidos frio e quente, respectivamente.

2.2.5 Utilização da média logarítmica das médias das diferenças de temperaturas

Para prever ou projetar o comportamento de um trocador de calor é necessário relacionar a taxa total de calor transferido com outras grandezas, como as temperaturas dos fluidos, coeficiente global de transferência de calor e área da superfície total disponível (INCROPERA,

et.al, 2015). Quando se analisa as temperaturas dos fluidos de entrada e de saída, é notável que eles não admitem o calor de maneira linear, mas sim de maneira variável conforme as suas posições dentro do processo (Araújo, 2002). Sendo assim, concluiu-se que a diferença entre as temperaturas médias deve ser uma média logarítmica das diferenças de temperatura, a premissa é exposta na Equação 5.

$$\Delta T_{ml} = \frac{\Delta T_2 - \Delta T_1}{\ln(\Delta T_2 / \Delta T_1)} = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln(\Delta T_1 / \Delta T_2)} \quad (5)$$

ΔT_2 – diferença de temperatura entre os fluídos na entrada;

ΔT_1 – diferença de temperatura entre os fluídos na saída;

ΔT_{ml} – média logarítmica das diferenças de temperatura.

2.3 APLICAÇÃO DE BOMBA DE CALOR PARA AQUECIMENTO DE PISCINAS

A piscina possui equipamentos anexados para que o seu funcionamento e manutenção sejam possíveis. Uma motobomba é aplicada para promover a circulação da água, e um filtro é responsável pela retenção de partículas sólidas em suspensão (Swimmingpool, 2021). Para que a água seja aquecida no interior da bomba de calor é necessário que uma motobomba realize somente esta função, evitando passar a água pelo elemento filtrante (por conta da perda de vazão).

As bombas de calor possuem um sistema interno de serpentinas que contêm o gás refrigerante do compressor. Este gás é aquecido durante a operação do compressor e é direcionado para um trocador de calor, onde transfere o calor para a água (RHEEM, 2017). Desta maneira o aquecimento da água é gradual, e a sua eficiência depende de fatores como volume total da piscina, temperatura média da água na região considerada e a interação da superfície da água com o ambiente externo (piscinas cobertas e/ou com capa térmica) (Heliodin, 2017).

Na região Sul do Brasil, onde a temporada de calor é reduzida (Dezembro a Março), é necessário a aplicação destes equipamentos de aquecimento para a melhor utilização da piscina (Starke, 2013). A razão por se optar aquecer a piscina é explicada por Mastersol (2019), quando afirma que a temperatura média do corpo humano é aproximadamente 36 °C, enquanto a água de uma piscina não aquecida pode variar de 22 °C a 26 °C mesmo no verão. Essa diferença entre a temperatura corporal e a temperatura da água causa desconforto, razão pela qual muitas

pessoas não se sentem confortáveis em piscinas não aquecidas.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Neste capítulo, estão descritas as etapas para a realização deste estudo, concretizando os resultados a partir dos temas mostrados: Definição das dimensões e outros parâmetros da piscina; Análise do histórico de temperaturas médias do município; Definição das temperaturas da água, inicial e final; Definição do tempo necessário para aquecimento; Definição de dados comerciais da bomba de calor;

3.1 DEFINIÇÃO DOS PARÂMETROS DA PISCINA

Para o dimensionamento foi considerada uma piscina hipotética com dimensões comerciais de 6,0 metros de comprimento, 3,0 metros de largura e 1,4 metros de profundidade. A instalação foi considerada no município de Chapecó (SC), e as informações de material construtivo, velocidade média do vento, perdas de calor por radiação e convecção não foram contempladas.

3.2 ANÁLISE DO HISTÓRICO DE TEMPERATURAS MÉDIAS DO MUNICÍPIO

Starke (2013) afirmou em seus estudos que é possível considerar a temperatura média da água de uma piscina como a mesma temperatura média do ambiente em que a mesma se encontra instalada. Sendo assim, coletou-se o histórico de temperaturas médias por mês no município de Chapecó nos últimos 30 anos, conforme indica a Tabela 1.

Tabela 1 – Médias de temperaturas por mês na cidade de Chapecó nos últimos 30 anos.

Mês	Mínima (°C)	Máxima (°C)
Janeiro	19	29
Fevereiro	18	28
Março	17	28
Abril	15	25
Mai	11	21
Junho	10	20
Julho	9	20
Agosto	11	22
Setembro	12	23
Outubro	15	25
Novembro	16	27

Dezembro	18	28
-----------------	----	----

Fonte: Adaptado de Climatempo (2023).

3.3 DEFINIÇÃO DA TEMPERATURA INICIAL E FINAL DA ÁGUA DA PISCINA

Tendo como base a Tabela 1, foi realizada a média das temperaturas mínimas e máximas entre os meses de Junho a Setembro, pois são os meses de inverno em que menos se utilizam as piscinas, para definir o valor de entrada do equipamento.

Para a definição da temperatura desejada (final) da piscina, Globaltech (2019) concluiu que a temperatura mais convencional para piscinas residenciais é de 28 °C, sendo este o dado considerado para o limite superior do presente estudo.

3.4 DEFINIÇÃO DO TEMPO NECESSÁRIO PARA AQUECIMENTO

Um dos quesitos mais importantes no dimensionamento de bombas de calor para o aquecimento de piscinas é o tempo necessário que o equipamento deve ficar ligado para atingir a temperatura desejada. Nascente (2022) afirma que em piscinas residenciais não é comum a bomba de calor ficar em operação constante, sendo acionada apenas nos finais de semana, por exemplo. Desta maneira, para maior conforto e aproveitamento, o equipamento a ser escolhido deve atender a demanda de aquecer todo o volume da piscina em 1 °C a cada quatro horas.

3.5 INFORMAÇÕES DA BOMBA DE CALOR

Comercialmente as bombas de calor são diferenciadas em capacidades, tamanhos e valores. O presente estudo visa somente o dimensionamento da capacidade em BTU/h, a partir do volume total de água, diferença de temperatura e o tempo para aquecimento.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para encontrar o volume de água contido na piscina, foi utilizada a equação do volume de um paralelepípedo (Equação 6), a partir das dimensões (6 metros, 3 metros e 1,4 metros) e denominação de comprimento (a), largura (b) e profundidade (c).

$$V = a \cdot b \cdot c \quad (6)$$

$$V = 6,0m \cdot 3,0m \cdot 1,4m$$

$$V = 25,2 m^3$$

Assumindo o dado da massa específica (ρ) da água de aproximadamente 1.000 kg/m^3 , é possível encontrar a massa total de água contida na piscina que posteriormente será aquecida, a partir da relação entre massa, volume e peso específico, mostrada na Equação 7 abaixo:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (7)$$

$$1.000 \text{ kg/m}^3 = \frac{m}{25,2 m^3}$$

$$m = 1.000 \text{ kg/m}^3 \cdot 25,2 m^3$$

$$m = 25.200 \text{ kg}$$

Para definir a temperatura de entrada da água no sistema, foi realizada a média aritmética entre as temperaturas mínimas e máximas entre os meses de Junho e Setembro, a partir da Equação 8 abaixo:

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_n}{n} \quad (8)$$

$$\bar{X} = \frac{10^\circ\text{C} + 20^\circ\text{C} + 9^\circ\text{C} + 20^\circ\text{C} + 11^\circ\text{C} + 22^\circ\text{C} + 12^\circ\text{C} + 23^\circ\text{C}}{8}$$

$$\bar{X} = \frac{127^\circ\text{C}}{8}$$

$$\bar{X} \cong 15,9^\circ\text{C}$$

Tendo em vista a definição da temperatura final da água de 28°C , é possível realizar o cálculo da variação total de temperatura a partir da Equação 9 abaixo:

$$\Delta T = T_f - T_i \quad (9)$$

$$\Delta T = 28^\circ\text{C} - 15,9^\circ\text{C}$$

$$\Delta T = 12,1^\circ\text{C}$$

A quantidade teórica de calor necessária para aquecer a água é estabelecida pela Equação 1 da variação da energia interna, assumindo o calor específico (c_{med}) da água como 1 cal/g.°C.

$$\Delta U = m \cdot c_{med} \cdot \Delta T$$

$$\Delta U = 25.200 \text{ kg} \cdot 1.000 \frac{\text{g}}{\text{kg}} \cdot 1 \frac{\text{cal}}{\text{g} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 12,1 ^\circ\text{C}$$

$$\Delta U = 304.920.000 \text{ cal ou } \Delta U = 304.920 \text{ kcal}$$

A partir do tempo estipulado (i) de aquecimento do volume total de água em 1 °C a cada quatro horas de operação, a do conhecimento da variação total de temperatura média, é possível calcular o tempo total necessário para o aquecimento, conforme apresentado na equação 10.

$$t_{total} = i \cdot \Delta T \quad (10)$$

$$t_{total} = 4 \frac{\text{horas}}{^\circ\text{C}} \cdot 12,1 ^\circ\text{C}$$

$$t_{total} = 48,4 \text{ horas}$$

Juntando os resultados das equações 1 e 10, é possível obter o valor total da capacidade do trocador de calor, em kcal/h conforme a equação 11 abaixo:

$$Q = \frac{U}{t} \quad (11)$$

$$Q = \frac{304.920 \text{ kcal}}{48,8 \text{ horas}}$$

$$Q = 6.248,36 \text{ kcal/h}$$

Deve-se converter a capacidade total do trocador de calor para a unidade britânica BTU/h a partir da constante de multiplicação 3,96567 conforme demonstrado na equação 12 abaixo.

$$Q_{BTU} = Q_{kcal} \cdot 3,96567 \quad (12)$$

$$Q_{BTU} = 6.248,36 \cdot 3,96567$$

$$Q_{BTU} = 24.778,93 \text{ BTU/hora}$$

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A proposta de estudo para o dimensionamento de bombas de calor para o aquecimento de piscinas residenciais partiu da demanda particular de usuários que possuem o equipamento, mas que não têm satisfação pelo desempenho do mesmo.

Para o projeto considerou-se uma piscina hipotética instalada no município de Chapecó (SC), e a partir das informações coletadas com os fabricantes nacionais de bombas de calor e dos embasamentos científicos apresentados, foi possível realizar o dimensionamento. Para a piscina considerada de tamanho médio com 6 metros de comprimento, 3 metros de largura e 1,4 metros de profundidade, para a temperatura média da água 12,1° e a temperatura desejada para utilização 28 °C, o equipamento dimensionado de 24.779 BTU/h atende a demanda e deve aquecer toda a água em 48,4 horas de operação durante a temporada de inverno.

A presente pesquisa explorou diversos conhecimentos sobre termodinâmica, com foco em trocadores de calor, porém foi limitada ao dimensionamento com escopo simplificado, limitação na abordagem técnica e pouca profundidade em aplicações práticas. Sendo assim, a partir deste trabalho é possível expandir o projeto para outras demandas de possíveis consumidores, incluindo avaliações de eficiência, investigação das perdas de temperatura e análises de custos e viabilidade econômica.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, Everaldo Cesar da Costa. **Trocadores de Calor**. São Carlos: EdUSFCar, 2002. 108 p.

ÇENGEL, A. Y.; GHAJAR, A. J. **Transferência de calor e massa**. 4° ed. Editora McGraw-Hill, 2012.

CLIMATEMPO. **Climatologia e histórico de previsão do tempo em Chapecó, BR**. Disponível em: www.climatempo.com.br/climatologia/374/chapeco-sc. Acesso em 11 out. 2023.

GLOBALTECH. **Como definir a temperatura da piscina**. Disponível em: www.blog.globaltechbrasil.com/como-definir-a-temperatura-da-piscina. Acesso em 20 nov. 2023.

GREYVENSTEIN, Gideon P.; MEYER, Josua P. The viability of heat pumps for the heating of swimming pools in South Africa. **Energy**. África do Sul. V. 16, N. 7, p. 1031-1037, 1991.

HELIODIN. Como funciona uma bomba de calor para o aquecimento de piscina.

Disponível em: www.heliodin.com.br/como-funciona-uma-bomba-de-calor. Acesso em 19 nov. 2023.

INCROPERA, Frank P.; LAVINE, Adrienne S.; BERGMAN, Theodore L.; DEWITT, David P. **Fundamentos de transferência de calor e de massa**. 7. ed. Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos, 2015. 672 p.

MASTERSOL. Por que devo aquecer minha piscina. Disponível em:

www.mastersol.com.br/noticia/por-que-devo-aquecer-a-minha-piscina. Acesso em 20 nov. 2023.

NASCENTE. Dimensionamento da bomba de calor fromtherm. Disponível em:

www.nascente.eco.br/dimensionamento-da-bomba-de-calor-fromtherm. Acesso em 20 nov. 2023.

RHEEM. Bomba de calor para piscinas: Como funcionam e suas características.

Disponível em: www.rheem.com.br/bomba-de-calor-para-piscinas. Acesso em 18 nov. 2023.

STARKE, Allan Ricardo. **Uma análise de sistemas de aquecimento de piscinas domésticas através de bombas de calor assistidas por energia solar**. DISSERTAÇÃO (Pós-Graduação em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013. 200 p.

SWIMMINGPOOL. Como funciona uma piscina. Disponível em:

www.swimmingpool.eu/pt/conselhos/25213-como-funciona-uma-piscina. Acesso em 18 nov. 2023.