

**ESTRATÉGIAS PARA AQUECIMENTO DE PISCINAS TÉRMICAS****Márcio Fonte Boa Cortez**

Universidade Federal de Minas Gerais – Departamento de Engenharia Mecânica  
Av. Antônio Carlos, 6627 – Pampulha – Belo Horizonte, MG – 31.270-901  
[fonteboa@vesper.demec.ufmg.br](mailto:fonteboa@vesper.demec.ufmg.br)

**Renato Cláudio Pinheiro Dias Júnior**

Universidade Federal de Minas Gerais – Departamento de Engenharia Mecânica  
Av. Antônio Carlos, 6627 – Pampulha – Belo Horizonte, MG – 31.270-901  
[rcpdj@ig.com.br](mailto:rcpdj@ig.com.br)

**Resumo.** *As piscinas podem apresentar uma ampla faixa de temperaturas de conforto, variando de cerca de 22°C até 40°C. As piscinas aquecidas (térmicas) têm suas temperaturas mantidas por equipamentos de aquecimento ativo, cuja tarefa é compensar as perdas térmicas da piscina para o ambiente, que são basicamente a transferência de calor latente e calor sensível para o ar ambiente, condução de calor para o solo e as trocas radiativas realizadas com o céu. As perdas térmicas são influenciadas tanto por fatores climático-solarimétricos, quanto por fatores ligados ao espaço físico, tais como árvores e muros. O espaço físico da piscina (entorno), associado aos fatores climáticos e solarimétricos, influencia de forma bastante significativa nos mecanismos de trocas térmicas. Os mecanismos de troca de calor existentes em uma piscina são difíceis de se estimar devido à complexidade dos fenômenos envolvidos, associados à natureza estocástica de algumas das variáveis. Neste trabalho, estuda-se a influência de diversos fatores nas perdas térmicas (velocidade do vento, cobertura da piscina, presença de anteparos ao movimento das massas de ar, radiação solar), bem como o desempenho de três sistemas de aquecimento ativo (bomba de calor, caldeira a gás e aquecedor solar). Os resultados relativos ao comportamento térmico de piscinas fornecem subsídios técnicos importantes para seleção e dimensionamento do equipamento de aquecimento.*

**Palavras chaves:** *piscina térmica, aquecimento de piscinas, aquecimento solar, energia solar.*

**1. Introdução**

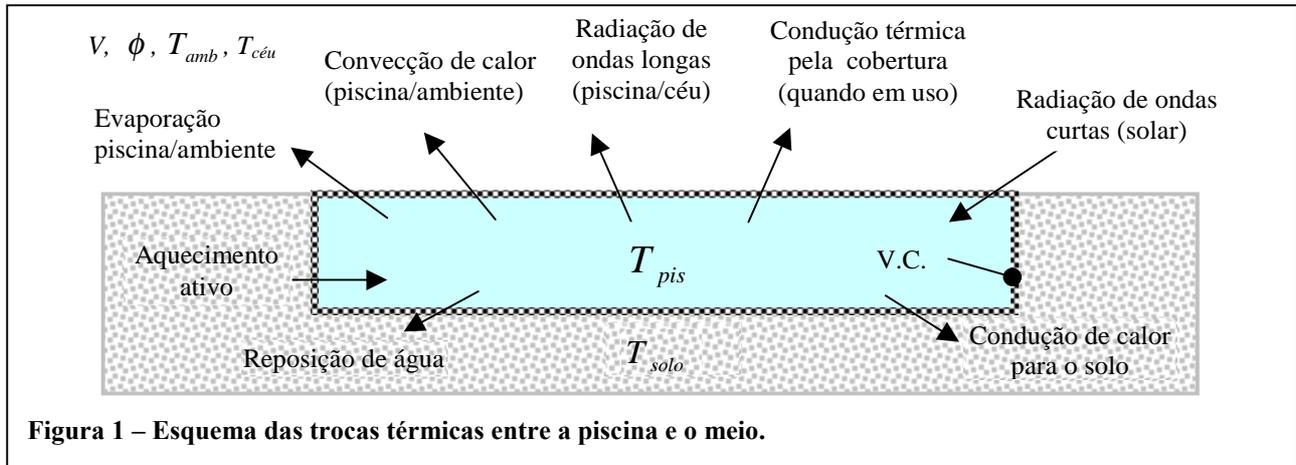
As diversas aplicações de uma piscina exigem uma faixa de temperaturas ideal para a água. Em práticas esportivas, a temperatura deve estar em torno de 22° C. Para recreação, em torno de 29° C. Aplicações terapêuticas podem exigir temperaturas mais altas. Essas temperaturas específicas são alcançadas e mantidas por equipamentos de aquecimento ativo, cuja tarefa é compensar as perdas térmicas da piscina para o ambiente. A fim de se garantirem menores custos e melhores desempenhos, o sistema de aquecimento deve ser dimensionado de forma adequada para esta tarefa.

Basicamente, uma piscina perde energia em decorrência da transferência de calor latente e calor sensível para o ar ambiente, da condução de calor para o solo e das trocas radiativas realizadas com o céu. A piscina pode, também, ter um ganho energético, pela absorção de radiação solar incidente em sua superfície. Quanto aos equipamentos de aquecimento ativo, neste trabalho foram adotados caldeira a gás, bomba de calor e coletores solares. A caldeira e a bomba de calor apresentam, relativamente, baixos custos de aquisição e instalação, porém a caldeira libera poluentes na atmosfera e a bomba de calor consome energia elétrica; o equipamento solar apresenta como desvantagens a variabilidade da taxa de energia fornecida e um alto custo inicial. A tecnologia envolvida nos equipamentos é relativamente simples, entretanto, o dimensionamento e a predição do desempenho do sistema é uma tarefa um tanto o quanto complicada. Este fato deve-se a dificuldade em se estimar os mecanismos de trocas térmicas da piscina, diante da complexidade dos fenômenos inerentes, bem como da natureza aleatória de variáveis envolvidas.

Diversos aspectos influenciam o desempenho técnico-econômico de um sistema de aquecimento. Para avaliação da influência das diversas variáveis envolvidas, fez-se uma modelagem matemática para o comportamento térmico da piscina, seguida de simulação computacional, em que as variáveis estudadas foram divididas em dois grupos: “variáveis fixas” (relacionadas ao clima, solarimetria, dimensões da piscina, bem como materiais utilizados em sua construção e aspectos construtivos do espaço físico) e “variáveis modificáveis” (relacionadas ao regime de utilização de cobertura plástica na piscina, regime de utilização do equipamento de aquecimento e temperatura de conforto). O modelo, o qual aborda aspectos técnico-econômicos do aquecimento de água para piscinas, simula a utilização dos três diferentes sistemas de aquecimento, bem como a combinação entre eles, diante de condições operacionais específicas. Assim, este estudo propõe-se a fornecer alguns subsídios necessários à resposta da seguinte questão: *seleção do sistema de aquecimento e definição da estratégia de aquecimento adequada a uma piscina, localizada em um determinado local, sujeito a um determinado clima, com regime de utilização pré-definido.*

## 2. Trocas térmicas

Os principais mecanismos de trocas térmicas da piscina com o meio ambiente envolvem a convecção de calor e de massa, a radiação de ondas longas (piscina/céu) e de ondas curtas (solar), a condução térmica através da cobertura (quando utilizada) e a condução de calor com o solo (Fig. 1).



Nem todas as perdas térmicas indicadas ocorrem simultaneamente, há períodos em que algumas delas são nulas ou, diante de diferenças de temperaturas inversas, podem significar ganhos de energia. Entretanto, utiliza-se o termo perdas porque, em grande número de situações, estes mecanismos contribuem para as perdas energéticas da piscina.

O balanço de energia para a piscina, em formulação concentrada (água plenamente misturada - temperatura uniforme), em regime transiente e propriedades termofísicas constantes, pode ser expresso por

$$V_{pis} \times \rho \times c_p \times \frac{dT_{pis}}{dt} = \dot{Q}_{g,rad} + \dot{Q}_{aux} + \dot{Q}_{solar} - \dot{Q}_{eva} - \dot{Q}_{conv} - \dot{Q}_{cond} - \dot{Q}_{repo} - \dot{Q}_{p,rad} - \dot{Q}_{cobert} \quad (1)$$

sendo

- $V_{pis}$  volume de água da piscina, m<sup>3</sup>,
- $\rho$  massa específica da água da piscina, kg/ m3,
- $c_p$  calor específico da água da piscina, J/kg.K,
- $T_{pis}$  temperatura da piscina, °C,
- $\dot{Q}_{g,rad}$  taxa de energia associada à radiação solar incidente na água da piscina, W,
- $\dot{Q}_{aux}$  taxa de energia associada ao calor fornecido p/sist. Aquecimento auxiliar, W,
- $\dot{Q}_{solar}$  taxa de energia associada ao calor fornecido p/sist. de aqueci. solar ativo, W,
- $\dot{Q}_{eva}$  taxa de energia associada à evaporação, W,
- $\dot{Q}_{conv}$  taxa de energia associada à convecção de calor, W,
- $\dot{Q}_{cond}$  taxa de energia associada à condução de calor pelas paredes da piscina, W,
- $\dot{Q}_{repo}$  taxa de energia associada à reposição de água, W,
- $\dot{Q}_{p,rad}$  taxa de energia associada à radiação trocada com o céu, W,
- $\dot{Q}_{cobert}$  taxa de energia associada à condução de calor através da cobertura, W.

### 2.1. Perda de calor por evaporação da piscina

Fatores relevantes na evaporação, decorrente das diferenças entre as pressões parciais de vapor da água junto à piscina e na corrente livre do ar, são a velocidade do vento  $V$ , a umidade relativa  $\phi$  e a diferença entre a temperatura da água  $T_{pis}$  e a temperatura ambiente  $T_{amb}$ . A troca de energia na superfície da água por evaporação, muitas vezes, responde por mais de 60% das perdas totais (Hahne e Kübler, 1994), podendo ser minimizada com a utilização de cobertura plástica na superfície da piscina (durante a noite ou em períodos em que a piscina não esteja sendo utilizada) em até 50%, conforme Smith, Löf e Jones (1994).

Para o cálculo da perda de calor por evaporação da piscina, adotou-se a expressão clássica da convecção térmica

$$\dot{Q}_{eva} = \dot{m}_{evap} A h_{lv} = h_{evap} A [P_{v,pis} - \phi P_{v,amb}] \quad (2)$$

sendo

$\dot{m}_{evap}$	taxa de transferência de massa, por unidade de área, Kg/m <sup>2</sup> .s,
$h_{lv}$	calor latente de evaporação, J/kg,
$h_{evap}$	coeficiente de transferência de massa por convecção, m/s,
$A$	área superficial da piscina, m <sup>2</sup> ,
$P_{v,pis}$	pressão parcial de vapor saturado à temperatura da água da piscina, Pa,
$P_{v,amb}$	pressão parcial de vapor saturado à temperatura ambiente, Pa.

Para descrição das perdas evaporativas, usam-se, na prática, geralmente, correlações obtidas experimentalmente, válidas, no entanto, para um sistema particular e condições climáticas semelhantes àquelas nas quais as medições foram realizadas. Portanto, a descrição da evaporação, através de modelos estruturados com base em dados experimentais de localidades diferentes da localidade em questão, é uma tarefa bastante delicada. Dentre os diversos modelos disponíveis, a maior parte descreve o coeficiente de transferência de massa por convecção como uma função *linear* da velocidade do vento elevada a uma constante *n* (usualmente, *n=1*). Para o cálculo da taxa de transferência de massa, aplicou-se a correlação de Sartori (1989), elaborada para regime de transição e turbulento, dada por

$$\dot{m}_{evap} = \frac{(0,00407 \times L^{-0,2} \times V^{0,8} - 0,01107 \times L^{-1,0}) (P_{v,pis} - P_{v,dp})}{P} \quad (4)$$

com

$\dot{m}_{evap}$	taxa evaporativa, kg/m <sup>2</sup> .s,
$P_{v,dp}$	pressão parcial de vapor a temperatura ambiente e umidade relativa $\phi$ , Pa,
$L$	comprimento da piscina, m,
$V$	velocidade do vento, m/s,
$P$	pressão atmosférica, Pa,
$T_{dp}$	temperatura de orvalho, °C.

## 2.2. Perda de calor por convecção térmica entre a piscina e o ar

A quantificação da convecção térmica representa uma tarefa difícil, dados os diversos fatores que atuam no mecanismo de troca térmica entre a piscina e o ambiente, sendo fortemente intensificada pelo vento, pela eventual agitação da água, etc. Na adoção de uma correlação disponível na literatura, pode ocorrer certa dificuldade com relação à velocidade do vento, uma vez que os dados do local de instalação da piscina devem ser condizentes em termos da altura na qual a velocidade do vento foi medida para o levantamento da correlação utilizada. O coeficiente de transferência de calor por convecção é, geralmente, estimado como uma função linear da velocidade do vento.

Aplicando-se o princípio da analogia entre transferência de calor e massa, os resultados obtidos apresentaram, ao serem comparados com os resultados oriundos com a aplicação direta da correlação clássica, boa conformidade, corroborando a validade da analogia. Isto motivou a adoção do analogia no cálculo da troca de calor, a partir dos dados relativos à transferência de massa.

## 2.3. Perda de calor por radiação entre a piscina e o céu

A troca de calor por radiação de ondas longas com o céu depende da presença ou não de nuvens e da umidade do ar (Hahne e Kübler, 1994). Este tipo de perda experimenta um aumento em noites frias e de céu claro, e perde importância em noites com presença de ventos e nuvens, situação em que os efeitos convectivos são bem mais relevantes (Francey, Golding e Clarke, 1980). A transferência de calor radiativa entre a água da piscina e seu *entorno* (céu, construções próximas etc.) é usualmente tratada de maneira aproximada. Martin e Berdhal (1984) realizaram experimentos no continente norte-americano e desenvolveram um algoritmo para o cálculo destas temperaturas, apresentando as seguintes observações: a temperatura do céu limpo pode ser estimada em função da temperatura de orvalho, não houve nenhuma variação sistemática com relação a localização dentro do continente. Correções destas temperaturas podem ser

realizadas em função da fração de nuvens no céu, além da temperatura na base das nuvens. As trocas radiativas entre a piscina e corpos próximos são desprezadas pela maioria dos pesquisadores.

A fórmula básica para a perda de calor por radiação de ondas longas, utilizada por autores com Molineaux, Lachal e Guisan (1994) e Hahne e Kübler (1994) é dada por:

$$\dot{Q}_{rad} = \epsilon_w \times \sigma \times A \times (T_{pis}^4 - T_{ceu}^4) \quad (5)$$

sendo

$$T_{ceu} = T_{amb} \times [0,711 + 0,0056 \times T_{dp} \times 0,000073 \times T_{dp}^2 + 0,013 \times \cos(15t)]^{1/4} \quad (6)$$

$\epsilon_w$  emissividade média da água (espectro infra-vermelho) = 0,95 (Molineaux, Lachal e Guisan),

$\sigma$  constante de Stefan-Boltzman =  $5,67 \times 10^{-8} \text{W/m}^2 \text{K}^4$ ,

$T_{ceu}$  temperatura do céu, °C,

$T_{amb}$  temperatura ambiente, K,

$T_{dp}$  temperatura de orvalho, °C,

$t$  tempo, s.

#### 2.4. Perda de calor por condução entre a piscina e o solo

A difusão de calor através das paredes e do fundo da piscina é, dentre outros, função da temperatura do solo. As oscilações diárias da temperatura ambiente não afetam a temperatura do solo em profundidades superiores a 90 ou 122 cm, porém, as variações sazonais de temperatura afetam a temperatura do solo, em profundidades que podem variar de 19 a 22m (Carslaw e Jaeger, 1959). Abaixo destas profundidades, a temperatura se mantém praticamente inalterada. A maior parte dos trabalhos a respeito das perdas térmicas em uma piscina desconsidera a perda por condução de calor.

A quantidade de calor transferida através das paredes e fundo da piscina para o solo foi calculada pela equação clássica da condução térmica, baseada numa temperatura média representativa para o solo e numa resistência térmica total à condução entre as paredes da piscina e o solo. O valor de referência para a temperatura do solo, necessário para os cálculos, foi definido, considerando-se uma distribuição de temperatura com a profundidade, oscilatória ao longo do ano, em um meio semi-infinito e homogêneo, sujeito, em sua superfície, a trocas térmicas por convecção e por radiação com o ambiente e à incidência de radiação solar. As temperaturas a partir deste modelo mostraram-se razoavelmente próximas à faixa de temperaturas proposta por Department of Agriculture – Washington (1975), em que um solo “iso-hipertérmico” - classificação do solo da região de Belo Horizonte, segundo Wambeke (1981) - apresenta uma média de temperatura anual igual ou inferior a 22°C e uma diferença entre os meses frios e os meses quentes não superior a 5°C.

#### 2.5. Absorção de radiação solar pela piscina

O ganho de energia por radiação solar, nos casos em que esta apresenta valor elevado, pode ser surpreendente, chegando a compensar as perdas térmicas e, ainda, contribuir para o aumento da temperatura da água da piscina. Os fluxos de radiação primários que incidem na superfície da piscina podem ser divididos basicamente em radiação de ondas curtas e radiação de ondas longas. A radiação de ondas curtas (com comprimentos de onda entre 0.3 e 3.0µm) diz respeito à radiação solar e a radiação de ondas longas (comprimentos de onda acima de 3µm) é proveniente de fontes emissoras a temperaturas próximas da ambiente, tais como atmosfera e qualquer corpo próximo à piscina. Salvo em casos especiais, sua contribuição no cálculo de carga térmica em piscinas é desprezada pela maioria dos pesquisadores.

De toda a radiação solar incidente na superfície da piscina, parte é refletida e a maior parte é absorvida pela água, paredes e piso da piscina. A absorvidade efetiva da piscina  $\alpha_p$  depende da profundidade da piscina, da absorvidade das paredes e fundo, e do ângulo de incidência da radiação solar. Mesmo em piscinas cujas paredes e fundo têm pequena absorvidade,  $\alpha_p$  é geralmente maior do que 0.85 e aumenta apenas moderadamente com a profundidade da piscina. O efeito do ângulo de incidência é pequeno para ângulos menores do que 45°. Propriedades óticas da água com relação à absorção da radiação solar para os vários comprimentos de onda do espectro podem ser obtidas em Francey e Golding (1980). Segundo Hahne e Kübler (1994), a absorvidade da água no espectro solar tem um comportamento extremamente seletivo. Os ganhos solares passivos envolvem um fator de absorção médio diário da ordem de 81%, quando considerados dias completos no período de verão. Os valores instantâneos em torno do apogeu solar são levemente maiores do que o valor médio diário (Molineaux, Lachal e Guisan, 1994). Estas informações foram obtidas

através de um método numérico que executa o somatório das múltiplas reflexões da radiação direta em uma camada de água, 2m acima de azulejos azuis, para todos os comprimentos de onda e ângulos de incidência.

## 2.6. Outros fatores

Existem outros fatores que influenciam no balanço energético da piscina, tais como cobertura plástica, anteparos, atividade humana, além do sistema de bombeamento e da ocorrência de chuva.

### 2.6.1. Efeito de cobertura da piscina

Devido ao fato de a evaporação responder por grande fração das perdas térmicas em uma piscina aquecida, as técnicas para a diminuição dos seus efeitos são de extrema importância. Dentre técnicas existentes, duas são mais efetivas: redução da velocidade do vento sobre a piscina e utilização de uma cobertura na superfície da piscina, a qual impõe uma barreira à difusão entre a água e a atmosfera (Szeicz, McMoagle, 1983).

Os primeiros estudos sobre o uso de cobertura surgiram, principalmente, com a finalidade de minimizar o efeito evaporativo em grandes reservatórios ou lagos. As coberturas para piscina, ao contrário daquelas, devem ser transparentes à radiação solar e opacas à radiação infra-vermelha proveniente da piscina. Assim, é importante uma seletividade espectral do material da cobertura. A cobertura deve também apresentar alta resistência térmica à condução. O principal efeito da cobertura é a formação de uma barreira à transferência de calor e de massa entre a água e a atmosfera, em virtude do íntimo contato entre o material e a água. Szeicz e McMoagle (1983) citam três tipos de cobertura. O primeiro tipo é feito de uma espuma isolante, ideal para o uso noturno, entretanto, seu uso diurno é indesejável, uma vez que diminui a fração da radiação solar transmitida para a água. O segundo tipo é feito com plástico transparente, provido de bolhas de ar, material menos isolante do que a espuma isolante, entretanto, de maior transmissividade (transmite aproximadamente 60% da radiação solar total, para pequenos ângulos de incidência menores, e aproximadamente 80%, para ângulos de incidência maiores). O terceiro tipo de cobertura compreende os filmes monomoleculares, a maioria compostos de alcanóis, os quais podem reduzir as perdas por evaporação em até 25% em condições ideais (ausência de turbulência na superfície da água), entretanto, não são eficientes quanto a perdas de calor radiativas e convectivas, e apresentam dificuldades técnicas perante o sistema de filtragem da piscina.

Segundo Czaenecki (1963), o uso de coberturas de plástico transparente pode elevar a temperatura da água de aproximadamente 0,6°C para cada 1 MJ/m<sup>2</sup> de radiação solar incidente. Problemas relativos a coberturas são seu aspecto feio e seu uso incômodo, este podendo inibir o uso espontâneo da piscina, uma vez que a sua remoção é, na maior parte das vezes, algo bastante incômodo. Este fato é crítico no caso de coberturas grandes e confeccionadas com materiais pesados ou volumosos. Para resolver este problema, existem dispositivos mecânicos que auxiliam na colocação e retirada da cobertura, indispensável em piscinas de grande porte.

### 2.6.2. Efeito de atividade humana

As perdas por convecção de massa e de calor podem ser fortemente influenciadas pela atividade de pessoas dentro da piscina. Um aumento nas perdas por evaporação de um fator de 2.1 a 2.6 pode ser encontrado, comparando-se medidas realizadas em uma piscina sob atividade normal e em uma piscina *calma*. Este aumento pode ser considerado como uma função linear do número de visitantes da piscina (Kannevischer, 1989). O aumento é devido à agitação da superfície da água causado pela presença das pessoas. Na verdade, o efeito da presença de pessoas na piscina implica outros mecanismos de troca térmica: através da pele por convecção térmica, radiação e evaporação (suor); pela respiração, por convecção térmica e evaporação. Segundo Molineaux, Lachal e Guisan (1994), a presença de 1000 visitantes, permanecendo cada um meia hora dentro da piscina, corresponde a cerca de 6 W/m<sup>2</sup> durante as 24 horas do dia. O efeito das pessoas vai além, uma vez que a perda de água que escorre para fora da piscina devido à agitação é compensada pela reposição de água fria.

### 2.6.3. Efeito de anteparos

O espaço físico onde se encontra a piscina pode influenciar no regime de perdas. Obstáculos próximos a piscina promovem uma diminuição da velocidade do vento, tais como paredes ou árvores. Estes quebra-ventos, que podem ser formados até mesmo por uma cerca de segurança, podem reduzir significativamente o fluxo de ar na superfície da piscina. Reduções na evaporação em até 60% podem ocorrer na presença de quebra-ventos efetivos (Caborn, 1957). Caborn estudou o efeito de anteparos e quantificou a atenuação na velocidade do vento em função da distância entre o anteparo e a piscina. Uma dificuldade na utilização deste artifício para a redução da velocidade do vento é que, por exemplo, paredes e árvores, ou qualquer outro aspecto construtivo do local de uma piscina, já foram incluídos no projeto original. No caso de uma piscina já construída, modificações podem promover implicações que inviabilizem esta técnica. A presença de anteparo pode, dependendo de sua localização em relação ao sol, causar a diminuição ou, até mesmo, a eliminação da radiação solar direta incidente. Para a simulação da influência de anteparos nos ganhos por radiação solar, é utilizado um conceito de horizonte virtual. Se a posição do sol corresponde a um ângulo de elevação inferior ao horizonte virtual, o ganho por radiação direta é considerado nulo.

### 2.6.4. Efeito da chuva

A chuva é um fator que produz um efeito de resfriamento da água. Tipicamente a água da chuva apresenta-se com temperatura inferior à da água da piscina. Assim, a chuva corresponde a adição de água fria causando redução na temperatura da água da piscina.

### 2.6.5. Efeito do sistema de bombeamento

Alguns autores consideram a contribuição de energia proveniente do sistema de bombeamento. Esta energia geralmente é avaliada em torno de 75% do consumo de energia elétrica da bomba (Molineaux, Lachal e Guisan, 1994).

## 3. Aquecimento ativo de uma piscina

Os principais equipamentos para aquecimento de água de piscinas constituem a bomba de calor, a caldeira e o coletor solar. O equipamento solar apresenta um alto custo inicial, um custo de operação praticamente nulo e seu desempenho depende de condições climato-solarimétricas. A caldeira apresenta custo inicial reduzido, porém um custo de operação elevado. A bomba de calor é um equipamento com um custo inicial mais alto que o custo inicial da caldeira e baixo custo de operação. O seu desempenho depende das condições climáticas.

### 3.1. Aquecimento solar

A potência térmica instantânea em Watts, fornecida pelos coletores solares, foi calculada a partir dos valores disponíveis para o recurso solar (geometria solar e as variações climáticas diárias e sazonais) e do desempenho térmico (curva de eficiência térmica instantânea), utilizando-se a equação clássica para estimativa do calor oriundo dos coletores

$$\dot{Q}_u = A_c \times [\xi \times G_{CC} / 278 - \chi \times (T_i - T_{amb})] \quad (9)$$

$$\xi = F_r (\tau\alpha) \quad (10)$$

$$\chi = F_r \cdot U_L \quad (11)$$

sendo

$A_c$	área de coleta, m <sup>2</sup> ,
$\xi$	fator de interceptação (parâmetro de desempenho do coletor),
$G_{CC}$	nível de radiação total incidente nos(s) coletor(es), W/m <sup>2</sup> ,
$\chi$	inclinação da curva (parâmetro de desempenho do coletor), W/m <sup>2</sup> .K,
$T_i$	temperatura da água na entrada dos coletores, °C,
$T_{amb}$	temperatura ambiente, °C,
$F_r$	fator de remoção do coletor do coletor,
$(\tau\alpha)$	produto transmitância-absortância do coletor,
$U_L$	coeficiente global de perda de calor do coletor, W/ m <sup>2</sup> .K.

Adotou-se  $\xi = 62,5$  e  $\chi = 21,23$  W/m<sup>2</sup> K, a partir de informações de um fabricante de equipamentos solares. A temperatura do fluido na entrada dos coletores foi admitida igual a temperatura da água da piscina.

O coletor solar somente é capaz de produzir calor útil, se os níveis de insolação compensarem as perdas térmicas do coletor para o ambiente. Com a ausência de cobertura em vidro ou plástico nos coletores solares para piscina, as perdas para o ambiente são maiores e, por isso, são necessários níveis de radiação solar mais altos em comparação com os coletores convencionais com cobertura de vidro. Este fato não é tão crítico, porque as diferenças entre as temperaturas do coletor e ambiente não são tão elevadas, no aquecimento de piscinas.

## 4. Metodologia de análise

Definiu-se uma piscina localizada em Belo Horizonte (latitude=-19,93°S) com as dimensões: comprimento = 12,0m, largura = 6,0m, profundidade = 1,5m, espessura total da parede = 0,22m.

A simulação foi efetuada através de um código computacional escrito para esta finalidade. Os principais dados de entrada foram: período de simulação (especificação do início e fim), temperatura de conforto, presença/ausência de

cobertura (tipo, regime de utilização, propriedades óticas e termofísicas, presença ou não de bolhas, etc.), presença/ausência de equipamento de aquecimento (número e tipo de equipamentos, informações técnicas, combinações de diferentes tipos de equipamentos), dados climáticos e solarimétricos do local, informações sobre o espaço físico próximo à piscina, propriedades do solo e da piscina (cor dos azulejos, composição da parede, dentre outras). Os principais dados de saída são: quantificação das trocas térmicas instantâneas, temperatura da piscina, temperatura da cobertura (quando utilizada), tempo de equipamento ligado e custo operacional médio diário (se for o caso), tempo de equipamento necessário para se atingir a temperatura de conforto da água (se for o caso).

Dados solarimétricos, de umidade relativa e de temperatura ambiente foram extraídos de Brasil (1992), o qual fornece valores diários médios mensais para a cidade de Belo Horizonte/MG. A temperatura ambiente foi tratada com uma distribuição senoidal horária ao longo do dia. Valores médios mensais de velocidade do vento para Belo Horizonte foram retirados de CEMIG/INMET-AGMET-MG (1961-1990).

Com relação à paisagem, efetuaram-se simulações para avaliação do espaço construído próximo à piscina, isto é, com a presença de anteparos tais como muros, árvores e cercas. A influência dos anteparos na insolação e na velocidade do vento foi estudada separadamente. Primeiramente, abordou-se uma situação em que anteparos criam um horizonte artificial de 45°, tanto ao amanhecer quanto ao entardecer. Em seguida, simulou-se a presença de um anteparo que permitia a insolação, na piscina, apenas no período da manhã. Finalmente, observou-se o efeito, na velocidade do vento, de um anteparo colocado a uma distância da piscina correspondente ao triplo de sua altura. Na análise, consideraram-se dois tipos de coberturas: <sup>a)</sup> cobertura em polietileno transparente, de cor azul, com bolhas de ar e <sup>b)</sup> cobertura em plástico liso, opaco, de cor preta. Ambos os tipos de cobertura foram adotados para um regime de utilização *noturno* e para um regime de utilização *integral*. As trocas térmicas entre a piscina e o ambiente foram determinadas em períodos mensais.

#### 4.1. Estratégias de aquecimento ativo

Para avaliação das estratégias de aquecimento ativo, foram efetuadas simulações anuais, uma vez que um equipamento deve satisfazer uma instalação de forma adequada durante todo o ano (não apresentar alta eficiência em determinadas estações e baixa eficiência em outras). No estudo das estratégias de aquecimento são levantados quatro parâmetros: *custo inicial* (aquisição do equipamento + instalação + cobertura), *custo de operação* (gastos relacionados ao consumo energético), *tempo de operação do equipamento de aquecimento* (para se atingir a temperatura de conforto especificada), *número de horas anuais* (período em que o equipamento deixou de atender uma temperatura mínima admitida, baseada na temperatura de conforto). Considerou-se ação de *liga-desliga* e desprezou-se o tempo para que os equipamentos atingissem o regime permanente - tempo de resposta inferior a 10 minutos (aproximação bastante razoável em todos os equipamentos, com exceção dos coletores solares – os “erros” decorrentes, entretanto, não são prejudiciais na análise em questão, por se tratar de simulações por períodos de tempo mais longos). O controle *liga-desliga* da bomba de calor e da caldeira a gás foi estabelecido em “*temperatura de conforto*”  $\pm 1^\circ\text{C}$ ; no caso do aquecimento solar, o sistema era ativado para uma temperatura da água menor do que a temperatura de conforto e desativado quando a temperatura excedia a temperatura de conforto em  $1^\circ\text{C}$ .

Em determinadas simulações realizaram-se combinações dos sistemas de aquecimento convencionais (bomba de calor e caldeira a gás) com o aquecimento solar. A presença de aquecimento solar (coletores em polipropileno) é simulada para uma área de coleta correspondente a 50% e a 100% da área superficial da piscina. Nesta última simulação é estudada uma situação com efeitos combinados. São os efeitos a presença de um horizonte artificial de 45° no período da manhã e da tarde associado a um anteparo para o vento, cuja distância da piscina corresponde ao triplo de sua altura. A cobertura utilizada é do tipo transparente (regime de utilização noturno) e a área de coleta é de 70% da área superficial da piscina. O custo da cobertura transparente é de R\$12,00/m<sup>2</sup>. No custo total do equipamento solar já estão embutidos o custo de instalação, custo dos controladores, bomba, filtro e outros equipamentos necessários a uma instalação de piscina aquecida. Com relação à caldeira, o custo do gás GLP adotado para a análise foi de R\$1,38/kg de gás consumido. A potência térmica da bomba de calor foi definida pelo produto da potência elétrica pelo COP indicado pelo fabricante, a um custo operacional de R\$0,29/kWh elétrico. No circuito de água presente em todos os sistemas de aquecimento, desprezaram-se a perda térmica através da tubulação e o ganho de energia pelo bombeamento de água

## 5. Resultados e discussão

### 5.1 – Comportamento térmico da piscina – sem aquecimento ativo

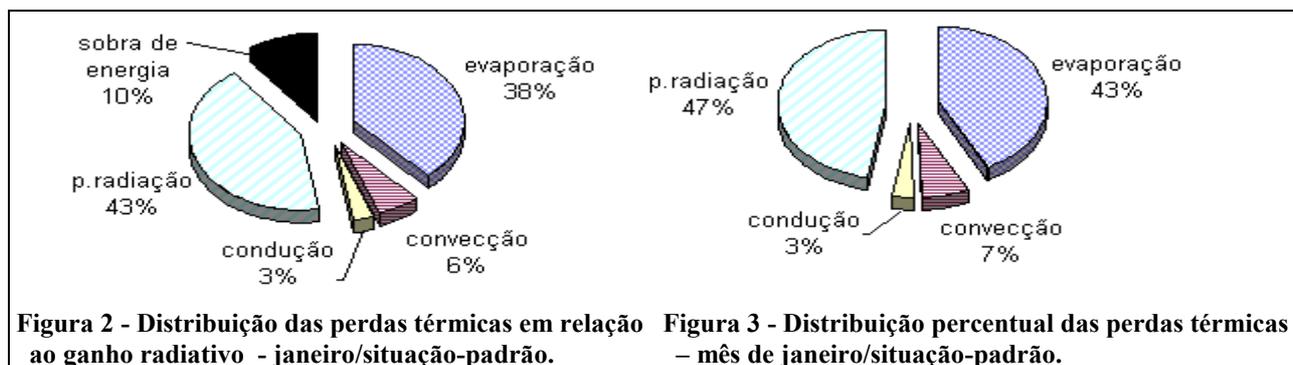
Simulações do comportamento térmico da piscina, sem a utilização de aquecimento ativo e cobertura (*situação-padrão*), forneceram os seguintes valores (Tab.1) para a temperatura média mensal da água da piscina e sua oscilação

**Tabela 1 - Temperatura média mensal da água da piscina e sua oscilação diária durante o ano.**

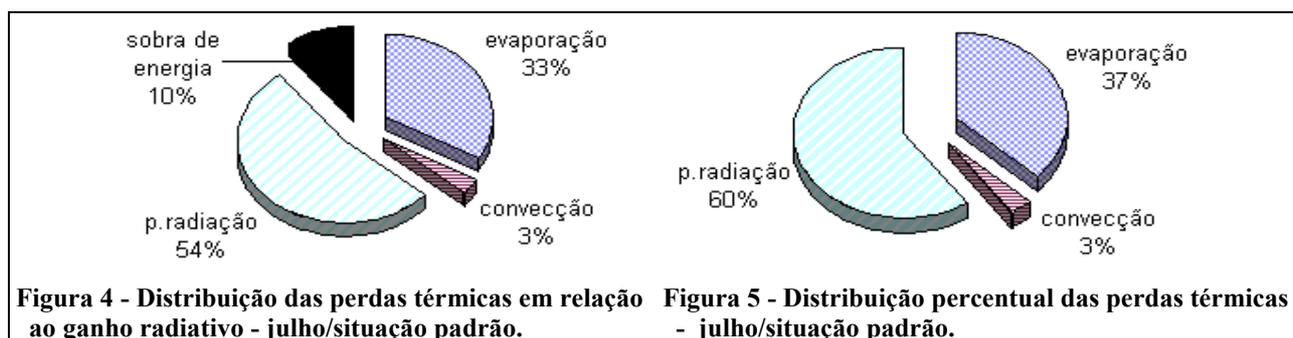
Mes	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
T (°C)	27,1	26,4	26,7	24,9	22,3	20,9	20,7	20,9	21,9	24,7	25,7	25,7
Osc. (°C)	0,9	0,9	0,9	1,0	1,0	0,8	0,8	0,8	0,9	1,2	0,8	0,8

Simulações efetuadas (Fig. 2) para o mês de janeiro mostraram que as maiores taxas de energia envolvidas no processo são os ganhos de energia decorrentes da radiação solar incidente na piscina, alcançando um máximo de

aproximadamente  $610\text{W/m}^2$ , em torno do meio dia solar, confirmando uma absorvidade média da radiação solar pela piscina, proposta por vários autores, da ordem de 80%. As perdas apresentam os valores máximos durante a noite, decorrência das temperaturas do céu e do ambiente mais baixas neste período. A contribuição relativa de cada tipo na perda térmica total é apresentada na Figura (3). As perdas térmicas corresponderam a 90% dos ganhos de energia. A perda de calor por condução não ultrapassou  $8,0\text{ W/m}^2$ . A contribuição da reposição de água na variação da energia da piscina apresentou-se desprezível em todas as situações simuladas neste estudo. A perda radiativa apresentou, se comparada à evaporação, um valor bastante elevado, o que parece contrariar tendências observadas em alguns estudos similares. A explicação para este fato estaria na hipótese de *céu claro*, sendo que o mês de janeiro em Belo Horizonte apresenta, tipicamente, uma nebulosidade elevada (alta umidade relativa e intensa presença de nuvens), fator que acarreta queda nas trocas radiativas. Correção dos valores calculados exigiriam informações meteorológicas mais detalhadas, infelizmente não disponíveis para Belo Horizonte.



Para o mês de julho, representam-se nas Fig. (4) e Fig. (5), respectivamente, a distribuição das perdas térmicas em relação ao ganho radiativo e a distribuição percentual das perdas térmicas (para a *situação padrão*). Os valores máximos de ganho de energia por radiação solar incidente apresentam-se próximos aos máximos para o mês de janeiro, em virtude de um céu com pouca nebulosidade e a ausência de chuvas em julho, apesar de os níveis de radiação extraterrestre durante este mês serem aproximadamente 40% menores do que os níveis no mês de janeiro. A contribuição do fluxo de calor por condução nas paredes e no fundo da piscina, em todo o mês de julho, mostrou-se, praticamente, insignificante, motivo pela qual não foi representada. A perda por evaporação ficou em torno da metade das perdas por radiação (Figura 5), sugerindo uma sub-estimativa das trocas evaporativas, decorrente, provavelmente, da adoção, para todo o mês de julho, de um valor médio diário para a umidade relativa, dado disponível, para Belo Horizonte, apenas em base média mensal. No mês de julho, podem-se ter valores de umidade relativa, durante a noite, próximos a 100% e, durante o dia, inferiores a 30%. Uma ilustração da influência da umidade relativa na evaporação é apresentada na Figura (6). Admitiu-se, para fins de simulação, uma diferença de temperatura entre a água da piscina e o ar igual a  $2^{\circ}\text{C}$ , no período diurno, e a  $8^{\circ}\text{C}$ , no período noturno. A velocidade do vento foi admitida em  $1,5\text{m/s}$ . Umidades relativas diferenciadas ao longo do dia (mais baixas no período diurno e mais altas no período noturno) causam taxas evaporativas maiores do que aquelas estimadas a partir de valores médios diários.



Com relação à ocorrência de vento sobre a piscina, observou-se uma significativa influência do mesmo na perda evaporativa (Figura 7). Para uma simulação no mês de janeiro, aos 20 dias do mês (data em que a temperatura da água encontra-se um pouco mais estabilizada), um vento de  $3,5\text{m/s}$  promoveu uma queda da temperatura de  $3^{\circ}\text{C}$  em relação a situação-padrão, ao passo que uma redução da velocidade do vento de  $1,4\text{m/s}$  para  $0,5\text{m/s}$  garantiu uma elevação da temperatura da água em até  $4^{\circ}\text{C}$ . No mês de julho, o vento teve efeito um pouco menos pronunciado, entretanto, ainda afetando fortemente a temperatura da água da piscina e as taxas de evaporação.

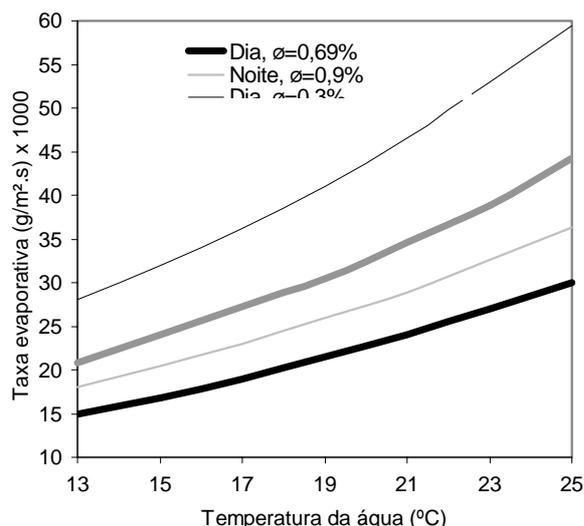


Figura 6 – Efeito da variação da umidade relativa na evaporação -  $\Delta T=2^{\circ}\text{C}$ (dia) e  $8^{\circ}\text{C}$ (noite);  $V = 1,5\text{m/s}$ .

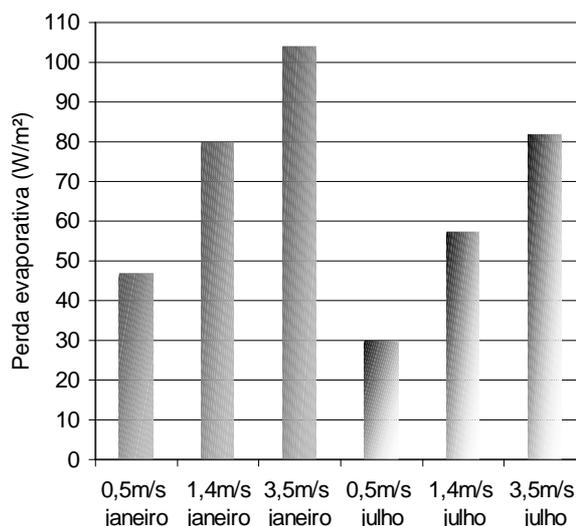


Figura 7 – Efeito da velocidade do vento nas perdas evaporativas para os meses de janeiro e julho.

A paisagem em torno da piscina desempenha um papel relevante. Simulações com a presença de um “horizonte artificial” correspondente a  $45^{\circ}$ , provocando um sombreamento da piscina até às 9 horas da manhã e após as 3 horas da tarde, levaram à quedas das temperaturas da água, em relação à situação-padrão, de cerca de  $2,5^{\circ}\text{C}$ , em janeiro, e de aproximadamente  $1,5^{\circ}\text{C}$ , em julho. O efeito em julho foi menos pronunciado, por haver menor duração do brilho solar. Quedas de temperaturas mais acentuadas, em relação à situação-padrão, foram observadas com a presença de anteparos que bloqueiam a radiação solar incidente na piscina após o meio-dia (situação que pode ocorrer em projetos em que não se considera o movimento aparente do sol no local). Circunstâncias inversas, em termos do comportamento térmico da piscina, podem, também, ocorrer com a presença de anteparos próximos à piscina. Resultados obtidos com a presença de um anteparo, distante da piscina de 3 vezes sua altura, sinalizaram aumentos da temperatura da água, em relação à situação-padrão, da ordem de  $2,1^{\circ}\text{C}$ , em janeiro, e de aproximadamente  $1,5^{\circ}\text{C}$ , em julho, decorrência da atenuação do vento sobre a piscina e, por conseguinte, da evaporação.

A utilização de cobertura a noite anula as perdas por evaporação e minimiza a perda por convecção de calor. A perda radiativa da piscina continua a existir, contudo reduzida, de acordo com a transmissividade da cobertura a radiação de ondas longas. Ocorre, adicionalmente, uma perda por difusão de calor através da cobertura, sendo esta maior para cobertura opaca em comparação à cobertura com bolhas de ar. Entretanto, as perdas radiativas através da cobertura opaca são inexistentes, enquanto que a cobertura com bolhas deixa passar aproximadamente 40% da radiação de ondas longas emitida pela água aquecida. A cobertura transparente com bolhas mostrou-se mais efetiva, tanto no mês de janeiro quanto no mês de julho. Uso de cobertura no período de insolação reduz o ganho de energia por insolação, entretanto, a utilização de cobertura no período de 24 horas pode ocasionar aumentos significativos na temperatura da água da piscina, prática esta pouco utilizada ou inviável no caso de um clube ou de uma academia. Contudo, no caso de uma piscina residencial, geralmente pouco utilizada nos dias úteis, esta prática pode ser interessante. Uso ininterrupto de cobertura levou a um aumento de temperatura de  $8^{\circ}\text{C}$ , em janeiro, e de aproximadamente  $6^{\circ}\text{C}$ , em julho.

## 5.2 – Comportamento térmico da piscina – com aquecimento solar ativo

A inclusão nas condições estabelecidas no conjunto de variáveis operacionais definido como *situação-padrão* de um aquecimento solar ativo, através de um sistema convencional dotado de áreas de coleta equivalentes a 50% e a 100% da área superficial da piscina, gerou elevações de temperatura, respectivamente, de aproximadamente  $2^{\circ}\text{C}$  e  $3,4^{\circ}\text{C}$ , ao longo do mês de janeiro, e de  $1,4^{\circ}\text{C}$  e  $2,0^{\circ}\text{C}$ , em julho. Ganhos menores observados em julho são virtude de menor período de insolação associado a um nível crítico de radiação para ativação do coletor mais elevado.

Os resultados a seguir (Fig. 8 a 13) indicam o comportamento térmico da piscina, considerando a atuação conjunta de diversos fatores em relação à *situação-padrão*: \*cobertura do tipo transparente em regime de utilização noturno, \*anteparo para o vento distante da piscina do triplo de sua altura, \*“horizonte artificial” de  $45^{\circ}$  no período da manhã e da tarde e \*equipamento solar com área de coleta de 70% da superfície da piscina. Observam-se valores de temperatura acima dos níveis obtidos na *situação-padrão*, indicando que a presença do anteparo, a utilização da cobertura e do aquecimento solar ativo possibilitaram um acúmulo de energia na piscina, com a compensação do efeito do “horizonte artificial”.

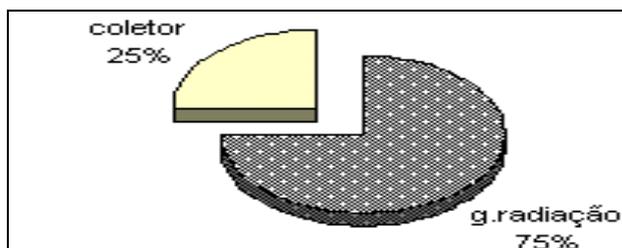


Figura 8 - Distribuição percentual dos ganhos energéticos - janeiro/cominação.

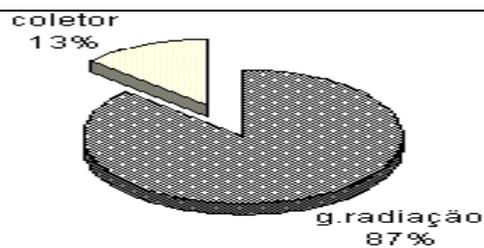


Figura 9 - Distribuição percentual dos ganhos energéticos - julho/cominação.

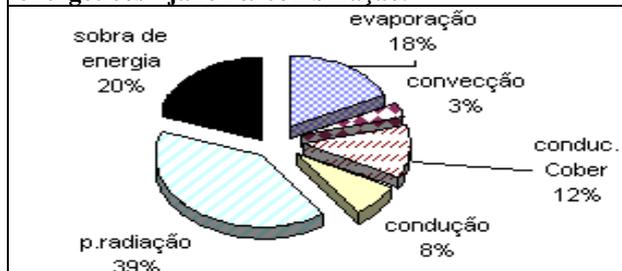


Figura 10 - Distribuição das perdas térmicas em relação aos ganhos energéticos - janeiro/cominação.

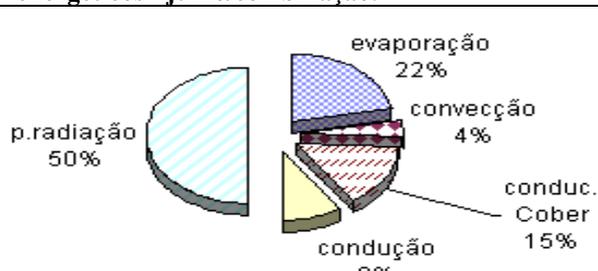


Figura 11 - Distribuição percentual das perdas térmicas - janeiro/cominação.

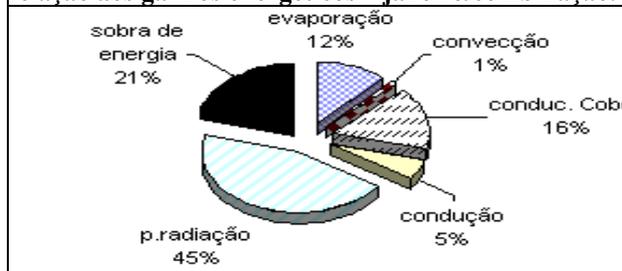


Figura 12 - Distribuição das perdas térmicas em relação aos ganhos energéticos - julho/cominação.

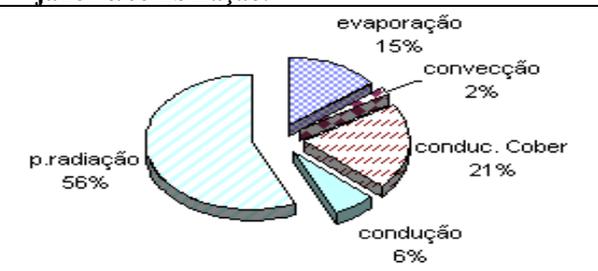


Figura 13 - Distribuição percentual das perdas térmicas - julho/cominação.

### 5.3 - Comportamento térmico da piscina - estratégias de aquecimento ativo

É difícil definir uma estratégia de aquecimento ideal, uma vez que existem diversos fatores (faixa de conforto, tempo de aquecimento, etc.), variáveis de usuário para usuário, os quais influenciam na escolha do equipamento adequado, refletindo nos custos de aquisição e de operacional. Equipamentos ou combinações de equipamentos de menor porte promovem uma elevação de temperatura da piscina mais lenta e, uma vez atingida a temperatura desejada, apresentam, em termos de manutenção da temperatura da água, desempenhos semelhantes a equipamentos de maior potência, que, por outro lado, têm maiores custos iniciais. A escolha de um equipamento com baixo custo inicial e alto custo de operação (caldeiras), ou vice-versa (bombas de calor), é uma opção do comprador. O custo inicial do equipamento solar é bastante elevado, entretanto, economicamente vantajoso ao se considerar seu custo de vida útil.

A elevação dos custos da bomba de calor, em função da diminuição do tempo para se alcançar uma temperatura de conforto, é bem mais acentuada do que os de caldeira a gás. A Figura 14 apresenta os custos iniciais de bombas de calor em função do tempo de aquecimento da piscina até a temperatura de conforto, para o mês de janeiro.

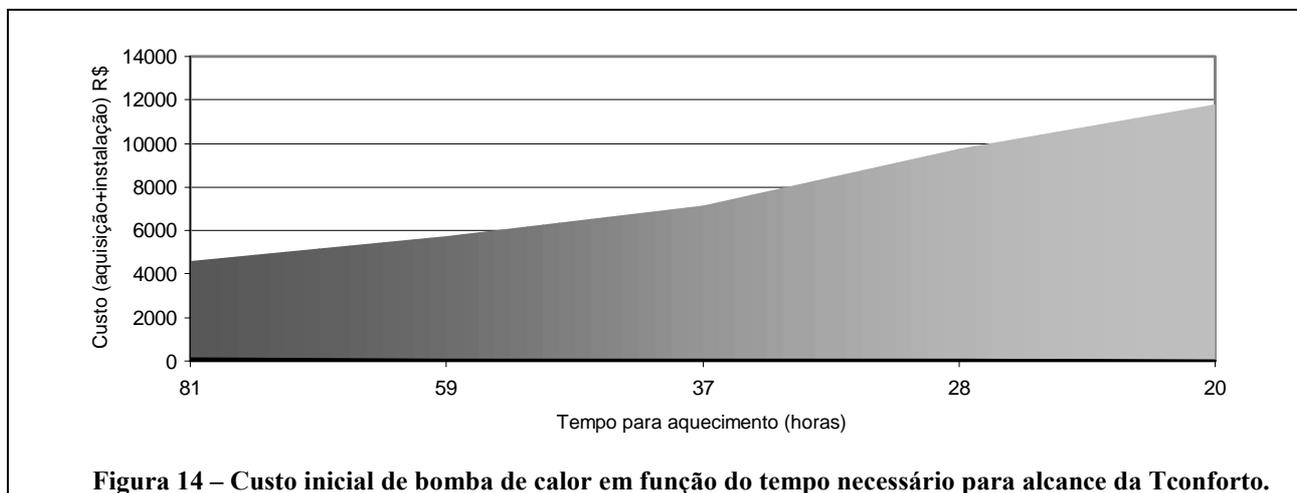


Figura 14 - Custo inicial de bomba de calor em função do tempo necessário para alcance da Tconforto.

A partir de uma estimativa de despesas anuais com energia elétrica consumida por uma bomba de calor cujas especificações encontram-se na Tabela (2), por um período de 15 anos, de forma que, ao final deste período, houvesse uma equivalência de custos (inicial e de operação) com equipamentos solares, chega-se a resultados favoráveis à utilização de equipamento solar. Supôs-se uma taxa de juros anual de 7%, uma economia decorrente da não utilização do combustível de 6%, um aumento anual admitido para a energia elétrica de 20%. Custos adicionais com manutenção não foram incluídos e supôs-se que o equipamento solar e a bomba de calor teriam um valor correspondente a 5% do seu valor de mercado, ao final dos 15 anos. Para áreas de coletores solares inferiores a aproximadamente 150 m<sup>2</sup>, a primeira fatura anual correspondente ao gasto com energia elétrica, que iria promover, ao final de 15 anos, uma equivalência entre o custo de vida de ambos os equipamentos, foi inferior ao valor requerido em condição real de operação (calculado em R\$1.007,00). Simulações similares para uma caldeira a gás cujas especificações encontram-se na Tabela (3), com um custo operacional real de R\$1723,00, também mostraram ser um equipamento solar, com área de coleta de até 250 m<sup>2</sup>, mais interessante, economicamente, do que a caldeira a gás.

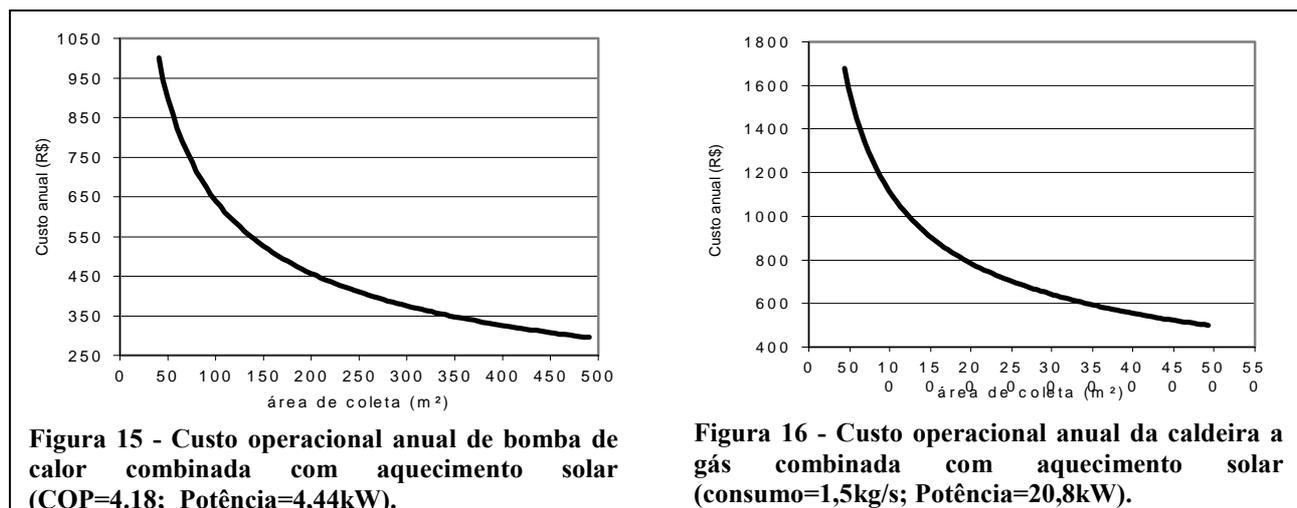
**Tabela 2 – Dados de bomba de calor comercial.**

Tensão/Frequência(V/Hz)	Corrente elétrica (A)	Consumo (Wh)	Potência (Wh)	COP	Custo (R\$)	Custo inst. (R\$)
220/60	19,9	4440	23029	4,18	5512,00	1000,00

**Tabela 3 – Dados de caldeira comercial.**

Capacidade (l/s)	Vaz.mín. acend. (l/s)	Pot. Equiv.	Cons. Nom.	Custo (R\$)	Custo inst. (R\$)
12	4	20,8	1,5	548,00	500,00

Observou-se, neste estudo, que associação de coletores solares com bomba de calor ou caldeira a gás podem ser economicamente interessantes, promovendo redução dos custos operacionais com energia elétrica e gás (progressivamente menor para maiores áreas de coleta), conforme Figuras 15 e 16.



**Figura 15 - Custo operacional anual de bomba de calor combinada com aquecimento solar (COP=4.18; Potência=4,44kW).**

**Figura 16 - Custo operacional anual da caldeira a gás combinada com aquecimento solar (consumo=1,5kg/s; Potência=20,8kW).**

Quanto à cobertura da piscina, a utilização no período noturno diminuiu, sensivelmente, as perdas térmicas, o que refletiu diretamente nos custos operacionais dos equipamentos, isto é, uma redução destes custos da ordem de 75%.

## 6. Conclusões

Uma avaliação do comportamento térmico de piscina aquecida representa uma tarefa de grande complexidade, em virtude das dificuldades de cálculo das diversas trocas térmicas da piscina com seu *entorno*, envolvendo os mecanismos de transferência de calor e de massa (evaporação). Os modelos disponíveis na literatura apresentam, em alguns casos, divergências entre os resultados, particularmente, com relação à evaporação da piscina. Ocupou-se, neste trabalho, com a determinação do comportamento térmico de uma piscina de 12m x 6m x 1,5m, instalada em Belo Horizonte, podendo contar com a utilização de coberturas plásticas e de três tipos equipamentos de aquecimento ativo (bombas de calor, caldeiras a gás e coletores solares, os quais foram objeto de uma avaliação técnico-econômica.

Dentre as diversas perdas térmicas, mostram-se dominantes a evaporação e a troca radiativa com o céu, representando, na ausência da cobertura plástica, 90% das perdas totais. Ganhos por absorção de radiação solar foram capazes, em alguns caso, de compensar todas perdas térmicas da piscina. Observou-se, também, que o espaço físico (*entorno*) da piscina, associado aos fatores meteorológicos, exerce significativa influência no comportamento térmico da água.

Com relação ao aquecimento ativo, o aquecimento solar (alto custo inicial e baixo custo operacional), embora, à primeira vista, pareça pouco atraente economicamente perante a bombas de calor (menor custo inicial e baixo custo operacional) e a caldeiras a gás (baixo custo inicial e alto custo operacional), pode representar uma opção bastante

interessante a longo prazo. Em casos onde se requer um controle mais efetivo da temperatura da piscina, recomenda-se uma associação do equipamento solar com um sistema auxiliar (por exemplo, com bombas de calor, que pareceram ser economicamente mais interessantes do que as caldeiras a gás).

A utilização de coberturas plásticas mostrou ser um método barato, simples e bastante efetivo para a redução das perdas térmicas.

## 7. Referências Bibliográficas

- Brasil, Ministério da Agricultura e da Reforma Agrária. Secretaria Nacional de Irrigação. Departamento Nacional de Meteorologia. Normas climatológicas (1961,1990). Brasília, 1992.
- Caborn, J.M. Shelterbelts and microclimate. Forestry Commission Bulletin 29, p1-134, 1957 apud Szeicz, G.,McMoagle, R.C. The heat balance of urban swimming pools. Solar Energy, Great Britain, v30, n3, p247-259s,1983.
- Carslaw, H.S., Jaeger, J.C. Conduction of heat in solids. 2ª edição, Oxford University Press, Amen House, London, 1959.
- Czaenecki, J.T. A method of heating swimming pools by solar energy. Solar Energy, Great Britain, v7, n1, p3-7s,1963.
- Department of agriculture - Washington. Soil taxonomy. A basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys. Agriculture Handbook, USA. p754 1975.
- Francey, J.L.A.,Golding, P.,Clarke, R. Low-cost solar Heating of community pools using pool covers. Solar Energy, Great Britain, v25, p407-416s, 1980.
- Hahne, E.,Kübler, R. Monitoring and simulation of thermal performance of solar heated outdoor swimming pools. Solar Energy, Great Britain, v53, n1, p9-19s, 1994.
- Martin, Marlo, Berdahl, Paul. Characteristics of infrared sky radiation in the United States. Solar Energy, Great Britain, v33, n3, 1984.
- Molineaux, B., Lachal, B., Guisan, Thermal analysis of five outdoor swimming pools heated by unglazed solar collectors. Solar Energy, Great Britain, v53, n1, p21-26s, 1994.
- Molineaux, B., Lachal, B., Guisan, Thermal analysis of five unglazed solar collectors systems for the heating of outdoor swimming pools. Solar Energy, Great Britain, v53, n1, p27-32s, 1994.
- Sartori, Ernani Prediction of the heat and mass transfer from free water surfaces. In Proc.of the 1989 ISES Solar world congress, Horigome, T., Kimura, K., Takakura, T., Nishino, T., Fuji, I. (Eds.), p2343-2347s, Kobe, Japan apud Sartori, Ernani A critical review on equations employed for the calculation of evaporation rate from free water surfaces. Solar Energy, Great Britain, v68, n1, p77-89s, 2000.
- Smith, Charles C., Löf, George, Jones, Randy Measurement and analysis of evaporation from an inactive outdoor swimming pool. Solar Energy, Great Britain, v53, n1, p3-7s, 1994.
- Szeicz, G.,McMoagle, R.C. The heat balance of urban swimming pools. Solar Energy, Great Britain, v30, n3, p247-259s,1983.
- Wambeke, A. Van. Calculated soil moisture and temperature regimes of South America. A compilation of soil climatic regimes calculated by using a mathematical model developed by F. Newhall. Ithaca, Cornell University, 1981. (SMSS Technical Monograph,2)

## SWIMMING POOLS HEATING STRATEGIES

### Márcio Fonte Boa Cortez

Universidade Federal de Minas Gerais – Departamento de Engenharia Mecânica  
Av. Antônio Carlos, 6627 – Pampulha – Belo Horizonte, MG – 31.270-901  
fonteboa@vesper.demec.ufmg.br

### Renato Cláudio Pinheiro Dias Júnior

Universidade Federal de Minas Gerais – Departamento de Engenharia Mecânica  
Av. Antônio Carlos, 6627 – Pampulha – Belo Horizonte, MG – 31.270-901

**Abstract.** *The heated swimming pools can present a large zone of comfort temperatures, that change in 22°C to 40°C. The thermal swimming pools have their temperatures maintained by active-heat devices, whose task is to compensate thermal losses to the environment, which are basically, for its turn, the latent and sensible heat transfer to the atmospheric air, conduction transfer to soil and radiative heat exchanges to sky. Swimming pools also present energetic gain by absorption from solar radiation to the water. The thermal losses are influenced by climatic-solarimetrics factors and by the physical space. It's also checking the influence of and the active heating systems (i.e. heat pumps, gas boilers and solar heaters) are analyzed with the help of a computational routine written for this end. It generates data results of the thermal behavior of the swimming pool when submitted to factors like wind velocity, swimming pool cover, presence or not of wind or solar brakes and to solar radiation. It has been also developed a study about the performance of heating devices. This work provides technical aspects necessary to the correct dimensioning of a swimming pool heating installation.*

**Keywords:** *thermal swimming pools, swimming pool heating, solar water heating, solar energy.*