

Boletim de Engenharia

volume 37–3

• informações para projetistas do sistema HVAC da atualidade

Uso de “free-cooling” nos Economizadores no lado da água

do editor...

Nos boletins anteriores, tratamos da capacidade de alcançar o “free-cooling” reorganizando meticulosamente o equipamento de resfriamento tradicional [1] e outras maneiras de obter o resfriamento do subproduto quase gratuitamente.[2] Também entregamos boletins que discutiram os requisitos dos economizadores de ar e do código de energia.[3]

Neste BE, Susanna Hanson (engenheira de aplicações da Trane) se concentra nos métodos tradicionais do ciclo economizador do lado da água e respectivos requisitos do código de energia.

Vamos começar com algumas definições.

Economizar: V Tr. Usar ou gerenciar com economia: a necessidade de economizar os recursos energéticos escassos.
- economizador s. m.

A variedade de maneiras de ser econômico com a energia do HVAC explica por que há tantos componentes do equipamento e sistemas chamados “economizadores”. Para o propósito desta discussão, vamos nos concentrar no economizador a água como definido pela Norma ASHRAE 90.1-2007 (Norma 90.1), seção 3.2.

Economizador, água: Um sistema em que o ar de alimentação de um sistema de resfriamento é arrefecido indiretamente com água, a qual é resfriada por transferência de calor ou de massa ao ambiente sem utilização de resfriamento mecânico.

Por que economizador?

Há épocas no ano em que um sistema pode usar as condições externas para resfriar o prédio ou processo usando os componentes de resfriamento padrão para distribuir seu efeito de resfriamento.

A técnica mais comum é um economizador de ar. Quando a temperatura ou entalpia do ar externo é baixa, o ar externo mais frio é usado para reduzir a temperatura (ou entalpia) do ar que entra na serpentina de resfriamento. Isso pode reduzir ou eliminar o resfriamento mecânico em boa parte do ano em muitos climas.

Por que economizador do lado da água?

Algumas aplicações reduzem ou ignoram os benefícios dos economizadores de ar ou simplesmente os tornam pouco práticos. Nesses casos, um economizador a água pode reduzir as horas de funcionamento do compressor e o uso de energia. Alguns exemplos incluem:

- Requisitos de umidade mínima: trazer o ar externo frio e seco para dentro pode aumentar as cargas de umidificação.
- Limitações do sistema: algumas unidades de tratamento de ar são equipadas facilmente com economizadores enquanto outras não são. Isso pode acontecer por causa de espaço, distância até a admissão de ar externo, retorno aumentado ou dimensionamento do ventilador de exaustão, roteamento do duto ou espaço do duto.
- Sistemas de ar externo dedicados: normalmente, uma unidade de ar externo dedicada separada é dimensionada para atender somente às cargas de ventilação. Outro sistema para tratar de outras cargas do prédio pode ser atendido por água gelada.

Requisitos da Norma 90.1

As seções a seguir do caminho prescritivo da Norma 90.1 são relevantes para economizadores da água.[4]

Seção 6.5.1 Economizadores.

“Cada sistema de resfriamento...” acima dos limites de dimensão abaixo “que tenha um ventilador, deve incluir um economizador de ar ou a água.” Há nove exceções: pequenas unidades individuais de resfriamento por ventilador, espaços umidificados acima do ponto de orvalho de 2°C (35°F) para processos, sistemas com recuperação de calor do condensador, algumas aplicações residenciais e sistemas com horas ou cargas de resfriamento mínimas. Também existe uma opção para utilizar um equipamento de eficiência mais alta em vez de um economizador para sistemas unitários com dimensões inferiores a 760 kBTU/h (63 tons). Não há opção de compensação de alta eficiência para sistemas aplicados.

Os requisitos variam por tamanho do sistema e zona climática (Tabela 6.5.1 e Figura 1).

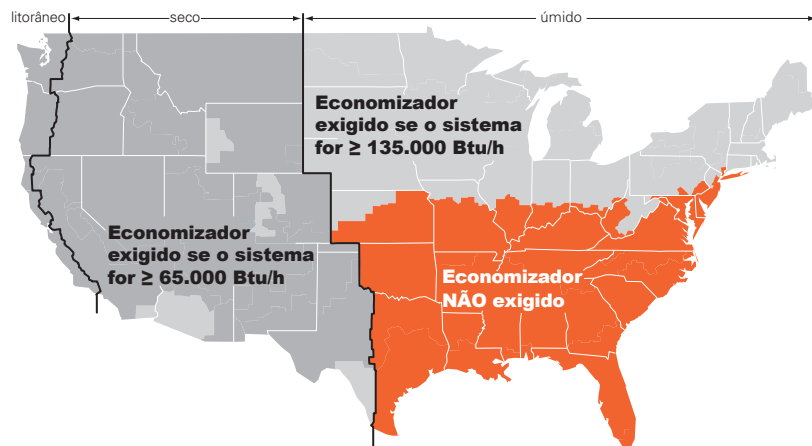
Tabela 6.5.1 Tamanho mínimo do sistema em que é necessário um economizador

Zonas climáticas	Capacidade de resfriamento para a qual é necessário um economizador
1a, 1b, 2a, 3a, 4a	Não há necessidade de economizador
2b, 5a, 6a, 7, 8	≥135.000 Btu/h
3b, 3c, 4b, 4c, 5b, 5c, 6b	≥65.000 Btu/h

Seção 6.5.1.2.1 Capacidade do design.

A seção declara que “os sistemas de economizador a água devem conseguir resfriar o ar de alimentação por evaporação indireta e oferecer até 100% da carga de resfriamento esperada do sistema a temperaturas do ar externo com bulbo seco de 10°C (50°F)/bulbo úmido de 7°C (45°F) e abaixo.” A menos que as cargas de desumidificação não possam ser atendidas, o sistema de economizador a água “deve atender 100% da carga de resfriamento esperada do sistema a bulbo seco de 7°C (45°F)/bulbo úmido de 4°C (40°F).”

Figura 1. Requisitos regionais da Norma 90.1 para o economizador com base na capacidade do sistema de resfriamento



As cargas esperadas dos prédios podem variar muito para uma determinada combinação de bulbo seco e bulbo úmido (p.ex., noite versus dia, ocupado versus desocupado), então este requisito é um tanto quanto incerto. Uma suposição razoável é que o propósito do Standard é de 100% da carga normal de resfriamento da operação diurna.

Seção 6.5.1.2.2 Queda máxima de pressão. *“As serpentinas de pré-resfriamento e os trocadores de calor água-água usados como parte de um sistema economizador a água devem ter uma queda de pressão do lado da água inferior a 15 pés de água ou um ciclo secundário deve ser criado para que a queda de pressão da serpentina ou do trocador de calor não seja percebida pelas bombas de circulação quando o sistema estiver no modo de resfriamento normal (sem economizador).”*

Uma aplicação de fluxo secundário (consulte a Figura 3) não possui queda máxima de pressão, já que não é percebida pelas bombas de circulação quando no modo de resfriamento normal.

Seção 6.5.1.3 Controle integrado do economizador. *“Os sistemas de economizador devem ser integrados ao sistema de resfriamento mecânico e capazes de fornecer resfriamento parcial quando resfriamento mecânico adicional for necessário para atender à demanda da carga de resfriamento restante”*

Isso só é exigido nas zonas climáticas 3b, 3c, 4b, 4c e 5c. No entanto, o controle integrado deve ser considerado mesmo em casos onde ele não é exigido.

Tipos de economizadores a água

Ciclo do filtrador. Neste sistema, o condensador e os sistemas a água gelada estão conectados. Quando a temperatura de bulbo úmido externo está baixa o suficiente, a água fria da torre de resfriamento é roteada diretamente para o ciclo a água gelada.

Embora o ciclo do filtrador seja a opção mais eficiente de economizador a água, ele aumenta muito o risco de incrustação no sistema de água gelada e nas serpentinas de resfriamento com o mesmo tipo de contaminação comum em sistemas de torre de resfriamento abertas. Um filtrador ou filtro pode ser usado para minimizar esta contaminação, mas o potencial de incrustação impede o uso mais amplo do sistema de ciclo do filtrador.

Serpentina de pré-resfriamento evaporativo indireto. Para sistemas refrigerados a água, de expansão direta autônoma (DX) (como os sistemas piso por piso), há uma serpentina de pré-resfriamento equipada a montante da serpentina de refrigerante com água fria que vem da torre de resfriamento. Esse circuito de serpentina de pré-resfriamento evaporativo indireto é semelhante ao ciclo do filtrador porque faz interface com um circuito aberto diretamente com ar entregue às zonas.

Os circuitos de serpentina de resfriamento evaporativo indireto, conectados diretamente a uma torre de resfriamento aberta,

devem ser mantidos adequadamente para minimizar a incrustação, crescimento microbiano e corrosão. Manter este circuito frequentemente envolve realizar o mesmo tratamento adequado da água que a torre de resfriamento.

Resfriador evaporativo com chiller resfriado a ar. Uma variação do economizador a água para chillers resfriados a ar é usar um resfriador evaporativo em série com o chiller resfriado a ar. O chiller resfriado a ar será ligado assim que o resfriador evaporativo não conseguir mais lidar com a carga sozinho.

Resfriador seco com chiller resfriado a ar. Outra variação para chillers resfriados a ar é um resfriador seco, ou torre de resfriamento de circuito fechado, em série com o chiller resfriado a ar.

Por causa do approach mais elevado os resfriadores secos podem não atender ao requisito de 100% da carga de resfriamento a 50°F/45°F ou 45°F/40°F (veja a discussão anterior da Seção 6.5.1.2.1).

Trocador de calor de placa. Neste tipo de economizador a água, a água da torre de resfriamento é mantida separada do ciclo de água gelada por um trocador de calor de placa. Esta é uma configuração popular porque pode alcançar alta eficiência de transferência de calor sem a contaminação cruzada. Com o acréscimo de uma segunda bomba de água do condensador e as modificações devidas na tubulação, este trocador de calor pode operar em conjunto com o chiller. Como o máximo de calor é rejeitado pelo trocador de calor, o chiller cuida do restante da carga de resfriamento.

Os trocadores de calor de placa isolam o ciclo do prédio da água no ciclo da torre de resfriamento aberta, mas eles devem ser limpos, em geral, todos os anos. A mão-de-obra e as peças para limpeza e remontagem (por exemplo, juntas de vedação) é uma despesa que deve ser calculada no custo do ciclo de vida nesta opção.

Chiller de free-cooling. Outro método de “free-cooling” é transferir o calor entre a água da torre de resfriamento e a água gelada dentro de um chiller centrífugo através do uso de uma migração do refrigerante, ou termossifão. Quando a temperatura da água da torre de resfriamento é mais fria que a temperatura desejada da água gelada, o compressor é desligado e as válvulas de desligamento automático dentro do circuito do refrigerante do chiller são abertas. Como o vapor do refrigerante migra para a área com a menor temperatura, o refrigerante ferve no evaporador e o vapor gerado migra para o condensador do resfriador. Depois que o refrigerante condensa, ele flui por gravidade, de volta para o evaporador. Isso permite que o refrigerante circule entre o evaporador e o condensador sem a necessidade de acionar o compressor.

Dependendo da aplicação, é possível que a migração do refrigerante em um chiller centrífugo atenda a muitas horas de carga de resfriamento sem acionar o compressor. Chillers de free-cooling atendendo a sistemas que podem tolerar temperaturas mais quentes da água gelada em condições de carga parcial podem produzir mais de 60% da capacidade nominal sem o acionamento do compressor.

Não há a preocupação de incrustação na serpentina de resfriamento porque a água da torre de resfriamento flui através do condensador do chiller e é separada do ciclo de água gelada. Não há despesas adicionais para limpeza, já que os tubos do condensador são os mesmos que aqueles usados para o modo de resfriamento normal e já devem estar no cronograma de manutenção.

Por exemplo, um chiller de 1000 toneladas fornecido com água da torre de 35°F pode criar um máximo de 638 toneladas a uma temperatura de água gelada de 45°F. Supondo que a mesma água flui, o mesmo chiller fornecido com água da torre a 40°F criaria 638 toneladas com água gelada a 50°F. Esses números são representativos e variam com base na escolha do chiller.

Além disso, são necessários menos tubos, bombas e encaixe, e não há necessidade de trocador de calor.

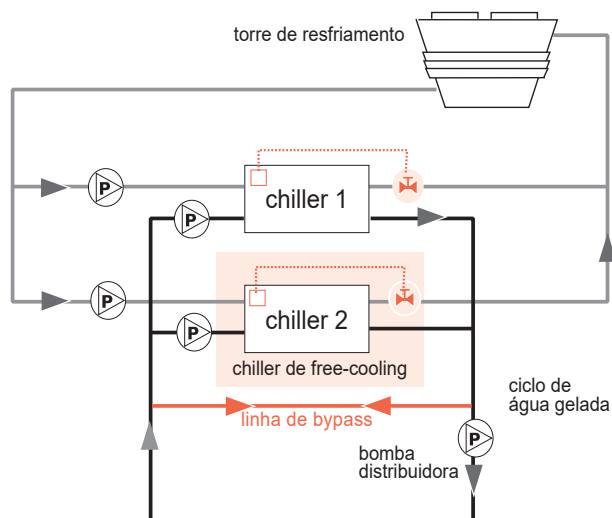
Se o chiller de free-cooling for parte de uma disposição de chiller paralelo tradicional, não é possível fazer a operação simultânea sem misturar as temperaturas da água gelada de saída. É normal os projetistas adotarem um trocador de calor em série com um chiller, mas a adoção de chillers em série não é tão comum. Se a operação simultânea for desejada, o chiller de free-cooling deve ser instalado no mesmo local do trocador de calor na figura 3.

Configuração e controle do sistema

Configuração paralela. Neste arranjo, a colocação do economizador a água é semelhante a um chiller em uma disposição de planta paralela, figura 2.

O economizador a água deve fornecer água gelada na temperatura de setpoint ou a central deve misturar a água mais fria do que o exigido do chiller em funcionamento com a água mais quente do economizador para atender ao ponto de ajuste da água gelada. Isso é considerado indesejável já que pode acabar gastando a energia que economizou. O chiller usa de 1,0 a 2,5% mais energia por grau de água mais fria criada. Neste caso, como a temperatura é elevada pela água mais quente do economizador, não há economia de energia da bomba para equilibrar o aumento na energia do chiller. Assim, o arranjo paralelo com frequência é considerado um design “tudo ou nada”. Ou seja, se o economizador a água não conseguir atender a toda a carga, o controlador da central interrompe o ciclo economizador e reverte para o resfriamento mecânico padrão. Portanto, o número de horas adequado para o ciclo economizador do lado da água é reduzido.

Figura 2. Economizador a água conectado em paralelo a chillers



Configuração em série.

Para solucionar a necessidade de mistura durante a operação simultânea (e para atender ao requisito de operação integrada da ASHRAE 90.1 onde necessário), normalmente um economizador a água é conectado em série ou em fluxo secundário ao restante da central de água gelada, figura 3.

A água resfriada pelo economizador pode ser resfriada ainda mais por um ou mais chillers ativos. Mais horas são adequadas para um ciclo economizador do lado da água neste arranjo do que o arranjo em paralelo, e o ciclo economizador integrado é alcançado sem mistura. O controle na transição também é mais simples com o arranjo em série.

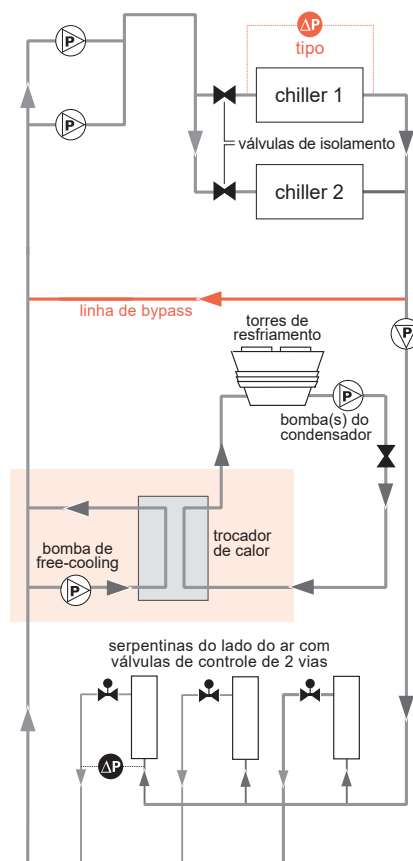
Uma preocupação comum sobre conectar economizadores de água em série com chillers é que os benefícios elogiados (operação simultânea integrada e transições simplificadas) exigem que o chiller consiga operar em temperaturas mais frias do que o normal da água do condensador.

Há diversos métodos para o controle da temperatura da água do condensador. Por exemplo, um desvio do condensador permite que o compressor do chiller aqueça a água do condensador o suficiente para atender aos requisitos mínimos do chiller. Alguns chillers até podem ter esse recurso como padrão.

Outra técnica é dedicar ao chiller um ciclo de torre separado ao executar o free-cooling simultâneo. Isto poderia ser uma torre de reserva que normalmente está ociosa, ou podese criado através de válvulas e tubulação extra.

Um efeito colateral de ter o chiller e o economizador a água no mesmo circuito de torre de resfriamento é que o compressor do chiller aumentará a carga da torre por causa do aquecimento do motor. Em troca, aumentará a temperatura de aproximação da água e saída da torre. Mas com um economizador ainda em funcionamento, preferimos que a água da torre permaneça o mais fria possível (tanto quanto se estivesse com o chiller desligado).

Figura 3: Economizador a água conectado em arranjo de fluxo secundário (em série)



Por esse motivo, as torres ou células da torre para o economizador ou para o chiller de free-cooling com frequência são separadas daquelas que atendem os chillers em operação, de modo que os requisitos do chiller e do economizador não entrem em conflito durante a operação simultânea. Além disso, os ventiladores da torre que atende ao chiller podem ser controlados de maneira ideal para minimizar a energia do chiller mais a torre.^[5]

Por outro lado, um chiller resfriado a ar pequeno, dimensionado para a carga em excesso, pode ser vantajoso se os circuitos da torre não puderem ser separados.

Implicações do controle. O arranjo em série tem risco menor de interromper o resfriamento durante a transição do sistema, especialmente ao passar do resfriamento mecânico para o free-cooling. Para o arranjo em paralelo, é mais difícil desenvolver algoritmos automatizados para prever o ponto de troca adequado para minimizar a interrupção do sistema. Sem a automação, o processo pode ser baseado na intuição e conhecimento prévio do operador. Porém o operador normalmente não está presente entre às 22h e às 3h quando, provavelmente, o modo irá entrar em funcionamento. Um sistema automático mal preparado durante o início do free-cooling "tudo ou nada" provavelmente será desativado.

Com a configuração em série, o sistema de controle pode tentar iniciar o free-cooling e, se isso não conseguir atender a toda a carga, o chiller com carga parcial atenderá ao restante. Então pode ser tomada uma decisão para permanecer no economizador parcial ou reverter de volta ao resfriamento totalmente mecânico. (Geralmente, se a carga ou a temperatura de bulbo úmido estiver caindo, é mais vantajoso permanecer no modo do economizador).

Quando iniciar o free-cooling.

O modo de free-cooling em um arranjo em série pode ser iniciado assim que a água da torre tiver resfriado o suficiente para que o sistema obtenha benefícios. Para uma melhor eficiência do sistema, provavelmente a torre não está produzindo sua água mais fria possível quando a decisão de entrar no modo de free-cooling é tomada.^[5] Portanto, é necessário prever se será produzida água suficientemente fria na torre, de modo que o chiller ou o compressor do chiller possa ser desligado.

Assim, como é possível prever o desempenho em potencial da torre antes de tentar uma troca? Imagine um sistema com o economizador de água na posição de fluxo secundário (figura 3) e os seguintes critérios de projeto:

Temperatura da água na saída a 42°F
 Temperatura máxima da água gelada a 48°F
 Delta T da água gelada a 12°F
 Approach da torre a 5°F (constante)
 Approach do trocador de calor a 3°F

O controle simplista entraria no modo do economizador sempre que o bulbo úmido externo estiver a 40°F ou menos ($40+5+3 = 48$). Um problema com este controle é que a approach da torre não é constante: ela varia com a carga e a temperatura do bulbo úmido.

Desempenho da torre. Há três problemas ao prever o desempenho da torre assumindo uma approach constante na torre para o bulbo úmido. Isso subestima o número de horas disponíveis para economizar em temperaturas de bulbo úmido mais quentes e superestima o efeito de resfriamento disponível a temperaturas de bulbo úmido mais baixas. Isso também prevê incorretamente o consumo de energia do chiller. Esses erros nos levam a buscar um método melhor.

Um programa de análise energética conceituado, testado de acordo com a Norma ASHRAE 140, provavelmente modelará a torre adequadamente. A Tabela 1 mostra o desempenho da torre em várias condições de carga e bulbo úmido, normais durante a operação do economizador a água, a qual assume que não há calor do compressor a rejeitar. A torre foi selecionada com saída de água com design de 85°F, approach com design de 7°F e um intervalo de 10°F.

A torre tem que trabalhar mais para rejeitar a mesma quantia de calor que as quedas do bulbo úmido, e também trabalha mais à medida que a carga aumenta. Se formos adiante, enquanto o bulbo úmido cai ou a carga aumenta, a approach da torre aumenta também. Devido ao aumento na temperatura de approach, a energia do ventilador da torre aumentará. As economias de energia do sistema diminuem e o free-cooling se torna menos desejável.

Com base nessas informações (como mostrado na Tabela 1), é possível prever a temperatura do bulbo úmido em que o economizador a água consegue reduzir a temperatura da água de retorno, o suficiente para iniciar o free-cooling.

Por quantas horas? A Norma 90.1 exige que a capacidade total seja alcançada pelo economizador de água quando a temperatura externa for de bulbo seco de 50°F e bulbo úmido de 45°F (a menos que haja problemas de desumidificação). Assim, se o projeto do economizador estiver correto, uma análise simples das horas abaixo de bulbo úmido de 45°F é um bom palpite inicial.

Mas há mais horas disponíveis? Depende. O limite desejado é a capacidade de resfriamento ou o ponto de ajuste máximo da água gelada? Há mais horas disponíveis se a temperatura da água gelada puder flutuar para cima até que um alarme de umidade da zona ou de temperatura do espaço encerre o free-cooling ou inicie um chiller complementar.

No modo de free-cooling, não há calor da compressão ou do motor a rejeitar para a torre de resfriamento, então a carga e a approach da torre serão menores que o modo de resfriamento mecânico na mesma hora. Assim, se a torre estiver em modo somente de free-cooling, a carga da torre é igual à carga de resfriamento do prédio.

Approach é a diferença de temperatura entre o que está sendo produzido e a "fonte de energia" que cria o produto. No caso de uma torre de resfriamento, o "produto" é a água fria que sai da torre e o bulbo úmido do ambiente é a força motriz que cria a água fria. Se uma torre de resfriamento produz água fria a 85°F quando o bulbo úmido do ambiente está a 78°F, a approach da torre de resfriamento está a 7°F.

Tabela 1. Temperatura da approach da torre em várias cargas e temperaturas do bulbo úmido

% carga do prédio	temperatura de bulbo úmido										
	48	46	44	42	40	38	36	34	32	30	28
30	4,4	4,8	5,2	5,6	6,0	6,3	6,7	7,2	9,2		
25	3,9	4,3	4,6	4,9	5,2	5,5	5,9	6,1	8,1		
20	3,5	3,8	4,0	4,1	4,3	4,7	5,0	5,1	7,1		
15	2,8	4,0	3,1	3,2	3,4	3,7	4,0	4,2	6,2		
10	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,8	2,9	3,3	5,3	7,3	9,3
5	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,8	2,9	3,3	5,3	7,3	

Observação: As combinações sombreadas não estavam presentes no modelo de prédio usado.

Em um prédio de escritórios em Chicago, uma simulação mostrou que havia 730 horas quando o bulbo úmido estava entre 28°F e 48°F e houve uma chamada para resfriamento. Em contraste, uma simulação em um hospital de Chicago encontrou 1.980 horas nesse intervalo de bulbo úmido. É claro que nem todos serão candidatos ao ciclo economizador do lado da água, mas muitos serão. A Tabela 2 elabora mais a Tabela 1 para mostrar a água mais fria que poderia ser fornecida ao dispositivo de free-cooling.

A próxima etapa é aplicar o desempenho (approach) do economizador a água para determinar a temperatura da água de saída do trocador de calor (Tabela 3).

Por outro lado, use o desempenho do chiller com termossifão para determinar a temperatura da água que ele poderia produzir (Tabela 4).

A etapa final é comparar a temperatura que sai do economizador a água com o valor máximo de redefinição da água resfriada. Se for inferior, a carga pode ser atendida e o sistema poderia iniciar o free-cooling. Se for superior, em um arranjo em série, o free-cooling poderia ser tentado e o chiller permaneceria ligado para lidar com o restante da carga. Em operação paralela, o free-cooling não seria tentado.

E o que dizer da otimização?

Pode ser possível forçar o free-cooling até o ponto em que ele consome mais energia do sistema. Dependendo do clima e do superdimensionamento da torre, poderia haver muitas horas quando o free-cooling pode economizar energia substancial. Em contrapartida, há horas quando o ciclo economizador do lado da água não oferece benefícios. E quanto às horas marginais? Qual é seu valor em dinheiro gasto com energia? Para otimizar a operação, é preciso equilibrar energia da bomba do condensador, do ventilador da torre, da bomba de água gelada e do ventilador para desenvolver o esquema correto. Esta otimização exige tempo de projeto, tempo de comissionamento e tempo de ajuste.

Tabela 2. Temperatura da saída da torre em várias cargas e temperaturas do bulbo úmido

% carga do prédio	temperatura de bulbo úmido										
	48	46	44	42	40	38	36	34	32	30	28
30	52,4	50,8	49,2	47,6	46,0	44,3	42,7	41,2	41,2		
25	51,9	50,3	48,6	46,9	45,2	43,5	41,9	40,1	40,1		
20	51,5	49,8	48,0	46,1	44,3	42,7	41,0	39,1	39,1		
15	50,8	50,0	47,1	45,2	43,4	41,7	40,0	38,2	38,2		
10	50,1	48,2	46,3	44,4	42,5	40,8	38,9	37,3	37,3	37,3	37,3
5	50,1	48,2	46,3	44,4	42,5	40,8	38,9	37,3	37,3	37,3	

Torre modelada com saída de água com design de 85°F, approach com design de 7°F e um intervalo de 10°F

Observação: As combinações sombreadas não estavam presentes no modelo de prédio usado.

Tabela 3. Temperatura da saída do trocador de calor em várias cargas e temperaturas do bulbo úmido

% carga do prédio	temperatura de bulbo úmido										
	48	46	44	42	40	38	36	34	32	30	28
30	55,4	53,8	52,2	50,6	49,0	47,3	45,7	44,2	44,2		
25	54,9	53,3	51,6	49,9	48,2	46,5	44,9	43,1	43,1		
20	54,5	52,8	51,0	49,1	47,3	45,7	44,0	42,1	42,1		
15	53,8	53,0	50,1	48,2	46,4	44,7	43,0	41,2	41,2		
10	53,1	51,2	49,3	47,4	45,5	43,8	41,9	40,3	40,3	40,3	40,3
5	53,1	51,2	49,3	47,4	45,5	43,8	41,9	40,3	40,3	40,3	

Approach do trocador de calor considerada constante a 3°F e temperaturas da torre da Tabela 2

Observação: As combinações sombreadas não estavam presentes no modelo de prédio usado.

Tabela 4. Temperatura da saída do chiller de free-cooling (termossifão) em várias cargas e temperaturas do bulbo úmido

% carga do prédio	temperatura de bulbo úmido										
	48	46	44	42	40	38	36	34	32	30	28
30	57,2	55,8	54,2	52,7	51,2	49,4	47,8	46,4	46,4		
25	56,4	54,7	53,0	51,3	49,7	47,9	46,4	44,6	44,6		
20	55,2	53,6	51,7	49,9	48,1	46,5	44,9	43,0	43,0		
15	54,0	53,2	50,4	48,6	46,8	45,1	43,4	41,6	41,6		
10	52,2	51,2	49,0	47,0	45,0	44,0	41,6	40,0	40,0	40,0	40,0
5	51,5	50,3	48,5	46,5	44,5	43,1	41,0	39,5	39,5	39,5	

Com base no desempenho do chiller centrífugo da Trane usando a opção de free-cooling e temperaturas da torre da Tabela 2

Observação: As combinações sombreadas não estavam presentes no modelo de prédio usado.

Quando sair do free-cooling.

Sair do free-cooling é mais simples do que iniciá-lo, porque o efeito do free-cooling no sistema já é conhecido. A decisão pode utilizar qualquer um dos critérios a seguir.

Para free-cooling simultâneo:

- 1 quando a temperatura da água de retorno for reduzida abaixo de 2°F
- 2 com base nos padrões esperados de carga programada na hora do dia
- 3 com base na temperatura de bulbo úmido do ambiente

Para free-cooling autônomo:

- 1 quando o controle de umidade ou temperatura for comprometido
- 2 com base nos padrões esperados de carga programada na hora do dia
- 3 com base na temperatura de bulbo úmido do ambiente

O segundo e terceiro critérios também poderiam ser definidos como bloqueios para impedir a inicialização do free-cooling quando houver probabilidade de não funcionar, ou quando for necessário um controle mais rígido do sistema.

Conclusões

O ciclo economizador do lado da água, por trocador de calor de placa, ciclo de termossifão do chiller ou outro método, pode oferecer quantidades limitadas de resfriamento quando as temperaturas do bulbo úmido do ambiente estiverem baixas. Normalmente, a temperatura da água gelada até 50°F é aceitável durante este tipo de resfriamento, porque a carga de resfriamento é mais baixa e não há carga latente nessas condições. A elevação da temperatura da água gelada auxilia neste tipo de resfriamento já que o calor segue sua tendência natural de ir para áreas mais frias: do lado do ar, para a água gelada, para a água da torre, para o ar ambiente, sem o auxílio de um compressor. Se a temperatura do ar de alimentação tiver que ser reduzida, ou quando a temperatura de bulbo úmido do ambiente subir, a força motriz para o free-cooling é reduzida.

Elaborado por Susanna Hanson, engenheira de aplicações, e Jeanne Harshav, designer de informações, Trane. Você pode encontrar essa e outras edições do Boletim Informativo de Engenharia em www.trane.com/engineersnewsletter. Para fazer comentários, envie um e-mail para comfort@trane.com

Referências.

- [1] A New Era of Free Cooling, 1991 Trane. Vol. 20 Nº 3.
- [2] Water-side Heat Recovery, 2007 Trane. Vol. 36 Nº 1.
- [3] Keeping Cool with Outdoor Air...Airside Economizers, 2006 Trane. Vol. 35 Nº 2.
- [4] Norma ANSI/ASHRAE/IESNA 90.1-2007. *Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings*. Atlanta, GA: ASHRAE.
- [5] Tower Water Temperature...Control It How?!, 1995 Trane. Vol. 24 Nº 1.

Boletim Informativo de Engenharia AO VIVO!

marque no seu calendário

Sistemas pequenos
de água gelada

10 de Setembro

Normas ASHRAE 90.1,
62.1 e sistemas VAV

12 de Novembro

Entre em contato com o escritório local da Trane para obter detalhes sobre o evento



*Trane,
Uma empresa da Ingersoll-Rand*

*Para obter mais informações, entre em contato
com o escritório local da Trane ou envie um
e-mail para comfort@trane.com*

A Trane acredita que os fatos e as sugestões apresentados aqui são precisos. No entanto, as decisões finais de projeto e aplicação são de sua responsabilidade. A Trane se isenta de qualquer responsabilidade por ações tomadas com relação ao material apresentado.