

# Sistema de Termoacumulação com Tanques de Gelo



## Aplicação

O ar condicionado, nos dias de verão, é o maior responsável individual pela ocorrência de pontas de demandas de energia elétrica em instalações comerciais. No período da tarde, mais ar refrigerado é necessário para manter temperaturas confortáveis, e este aumento da demanda de energia soma-se àquela já causada pela iluminação, equipamentos, computadores e por outros consumidores. Isto exige que as concessionárias públicas coloquem em serviço fontes de geração adicionais, mais dispendiosas, para atender a este aumento da demanda.

Os consumidores comerciais, cujas elevadas cargas elétricas devidas ao ar condicionado contribuem para essa necessidade de geração suplementar, são taxados com um custo adicional, baseado na sua mais alta demanda de eletricidade durante as horas de ponta. Além disso, a energia elétrica consumida durante o horário de ponta tem tarifa diferenciada (R\$/kWh) daquela vigente durante as horas de demanda normal (fora de ponta).

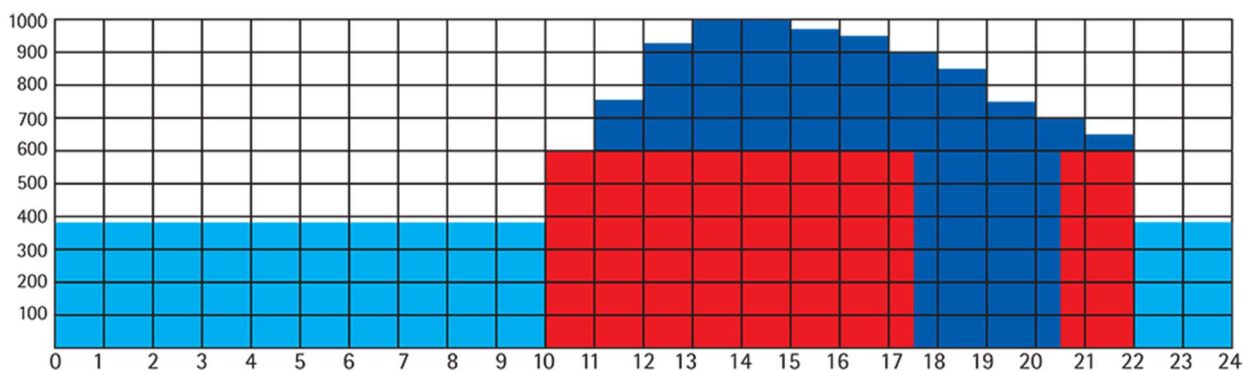
A armazenagem de frio, pelo processo de Banco de Gelo, é um método para deslocamento dos horários de ponta de carga, ou ainda, para nivelamento da carga. O processo reduz a demanda, transferindo o consumo de energia do horário de ponta para um horário fora de ponta e, conseqüentemente, reduzindo os custos de energia. Esse sistema utiliza um chiller padrão para produzir gelo sólido durante a noite, fora do horário de ponta, quando a demanda de energia é mínima.

O gelo sólido, formado e armazenado em tanques modulares, auxilia na climatização sempre que a carga térmica superar a capacidade do chiller, e atende, exclusivamente, à climatização requerida nos horários de ponta.

Bancos de gelo não só podem reduzir pela metade os custos operacionais, como também podem reduzir substancialmente os desembolsos de capital quando os sistemas são adequadamente projetados para novos edifícios comerciais e industriais. Projetistas podem especificar chillers de capacidade média, operando 24 horas por dia, ao invés de máquinas com a capacidade integral para atender os picos, operando somente 10 ou 12 horas por dia. Quando aplicado em reforma ou reequipamento de instalações existentes, um sistema de Banco de Gelo pode, frequentemente, suprir as cargas térmicas adicionais sem aumento da capacidade do chiller existente.

## Conceito

Para climatização de um edifício com perfil de carga térmica abaixo, seria requerido, em uma instalação convencional, um chiller de 1.000 TR, pois este teria que atender o pico de carga térmica. Este chiller operando durante as 12 horas de ocupação do edifício poderia fornecer energia equivalente a 12.000 TR/h (1.000 TR x 12h). Cada um dos quadrados do diagrama representa 100 TRh. Somando-se os quadrados sombreados encontra-se um total de 100,8. A energia requerida na climatização deste edifício é, portanto, de apenas 10.080 TRh.



Se a carga do ar condicionado pudesse ser nivelada e distribuída por um período maior, ou ainda, deslocada para um horário fora de ponta, poderia ser utilizado um chiller de menor capacidade, melhorando, deste modo, o desempenho econômico da instalação.

Atualmente as tarifas de energia elétrica no Brasil diferenciam o custo do kWh e da demanda apenas por um período de 3 horas consecutivas, entre 17h e 21h (período horosazonal). Esta estrutura tarifária aponta como melhor estratégia de termoacumulação a parada de chiller no período horosazonal e o nivelamento distribuindo a carga térmica por todo o período restante (21 horas).

A capacidade do chiller para produzir 10.080 TRh em 21 horas, operando 9,0 horas em regime de climatização e 12 horas em regime de congelamento, é de 600 TR, assim calculado:  $10.080 / (9 \times 1) + (12 \times 0,65)$ . Em regime de congelamento a capacidade do chiller é reduzida em aproximadamente 35%.

Com esta estratégia “deslocamento” + “nivelamento”, obtém-se a menor capacidade instalada, combinada ao melhor aproveitamento das tarifas.

Definida a capacidade do chiller, deve-se então dimensionar o Banco de Gelo, definindo o modelo e a quantidade de tanques. O banco de gelo deve satisfazer duas condições:

- Atender a quantidade de energia complementar ao chiller, ou seja, suficiência do volume de gelo.
- Atender as cargas térmicas em cada hora, no estado em que se encontram os tanques e nas temperaturas requeridas.

Exemplo: Adotando-se Banco de Gelo com tanques modelo 1190. Capacidade unitária latente = 162 TRh.

Dimensionamento pelo volume de gelo: (CT = Carga Térmica).

CT total-CT atendida pela chiller = CT complementar =  $10.080 \text{ TRh} - (600 \text{ TR} \times 9 \text{ h} = 5.400 \text{ TRh}) = 4.680 \text{ TRh}$ .

Quantidade de tanques =  $4.680 \text{ TRh} / 162 \text{ TRh} / \text{tanque} = 29 \text{ tanques}$ .

Dimensionamento pelas cargas térmicas em cada hora:

Neste caso o período crítico é de 19h à 20h e os tanques estão com 20,5% do volume de gelo total e sua capacidade na temperatura do projeto é 25 TRh.

Quantidade de tanques =  $750 \text{ TRh} / 25 \text{ TRh/tanque} = 30 \text{ tanques}$

O resultado com a maior quantidade de tanques define o tamanho do Banco de Gelo.

Quando for requerido um deslocamento completo da carga de ar condicionado devido a limitações elétricas ou a outro motivo, pode-se usar um chiller de capacidade adequada, com armazenagem de frio suficiente para deslocar a carga total para as horas fora do período de ocupação e fora do período horosazonal, o que resulta em significativa redução dos custos de energia, tanto pela redução do pico de demanda, quanto pela redução do consumo nas horas de tarifas elevadas.

## Funcionamento

O banco de gelo ICEBANK compõe-se de um ou mais tanques modulados de polietileno, termicamente isolados, que contêm trocadores de calor de tubos de plástico, enrolados em forma de espiral dupla e imersos em água. São disponíveis em cinco capacidades: 100, 115, 190, 238 e 330 TRh. Durante a noite, uma solução de 75% de água e 25% de glicol (fluido térmico) circula através do trocador e extrai calor até que toda a água dos tanques congele. O gelo sólido é formado uniformemente por todo o tanque, pelo efeito de uniformização da temperatura, resultante do pequeno espaçamento entre os tubos espiralados (patente), em contrafluxo, do trocador de calor (figura 1).

Durante o congelamento não há bolsões de água dentro do bloco de gelo que se forma. Estes podem mover-se livremente à medida que aumenta o volume do bloco de gelo formado, evitando assim, esforços demasiados e consequentes danos ao tanque.

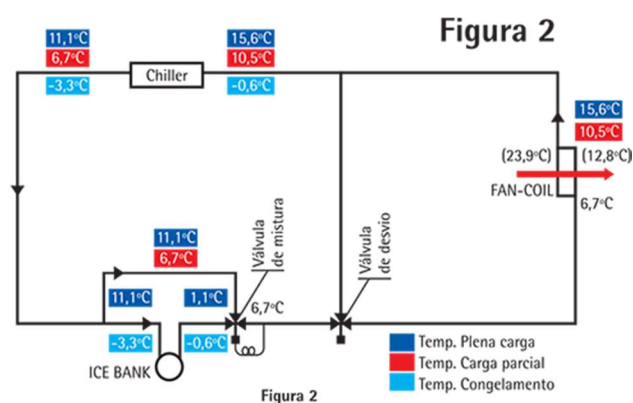
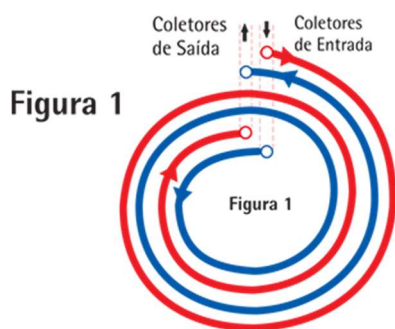
No fluxograma (figura 2), típico para um sistema de armazenagem parcial, durante o dia a solução é resfriada pelo banco de gelo de 11,1 para 1,1°C. Uma válvula de mistura com temperatura ajustada em 6,7°C é ligada ao “by-pass” do banco de gelo e permite que uma quantidade suficiente de fluido a 11,1°C “by-passe” o banco de gelo e misture-se com o fluido de 1,1°C, obtendo assim a temperatura ajustada de 6,7°C. Este fluido segue para o fan-coil, onde resfria o ar de 23,9°C, para 12,8°C. De lá sai a uma temperatura de 15,6°C e volta ao chiller, onde é resfriado a 11,1°C. Do chiller retorna ao banco de gelo para novo ciclo.

A válvula de mistura, de 3 vias, reguladora de temperatura, no circuito de “by-pass” do banco de gelo, tem a vantagem adicional de proporcionar um controle contínuo da capacidade com infinitas combinações de vazões da linha principal e do “by-pass”. Quando a carga real de refrigeração é igual ou menor que a capacidade do chiller, todo o fluido passa através do “by-pass”.

Durante a noite, a solução de água-glicol circula através do chiller e do banco de gelo, “by-passando” o fan-coil. O chiller resfria a solução de água-glicol a -3,3°C, ao invés de produzir água gelada a 6,7°C, usada em sistemas convencionais de ar condicionado. Esta solução entra no banco de gelo a -3,3°C e retorna ao chiller a -0,6°C. Isto reduz a capacidade nominal do chiller em aproximadamente 30%. Entretanto, a eficiência do compressor é apenas levemente reduzida porque as temperaturas noturnas mais baixas do ar externo elevam a eficiência do conjunto.

O glicol recomendado para solução é um líquido refrigerante industrial à base de etileno-glicol, especialmente formulado para baixa viscosidade e características superiores de transferência de calor. Ele deve conter um multicomponente inibidor de corrosão e permitir o uso de bombas, tubulações, guarnições, vedações e fan-coils tradicionais.

Entretanto, por causa da diferença do coeficiente de transferência de calor entre água-glicol e água, a capacidade do fan-coil deverá ser aumentada em aproximadamente 5%.



**Especificações**

Características	Modelos		
	1098	1190	1240
Capacidade total (TRh)	115	190	238
Tempo nominal de descarga (h)	6-12	6-12	6-12
Capacidade de armazenagem de calor latente (TRh)	98	162	202
Capacidade de armazenagem de calor sensível (TRh)	17	28	36
Temperatura máxima de operação (°C)	38	38	38
Pressão máxima de operação (kgf/cm <sup>2</sup> )	6	6	6
Diâmetro externo (mm)	2.328	2.328	2.328
Altura (mm)	1.728	2.567	3.200
Peso vazio (kgf)	472	750	910
Peso em operação (kgf)	4.603	7.640	9.523
Volume de água/gelo (l)	3.631	6.132	7.665
Volume de fluido na serpentina (l)	340	560	700
Conexões flange diâmetro (pol)	2,1/2	2,1/2	2,1/2

Perda de pressão (glicol 25%/-2,2°C) em mCA			
Modelos	1098	1190	1240
Vazão de 5.000 l/h	3,5	1,9	-
Vazão de 9.000 l/h	7,6	3,9	1,5
Vazão de 12.500 l/h	12,7	6,1	1,8
Vazão de 25.000 l/h	-	17,3	7,8
Vazão de 35.000 l/h	-	-	-

**ALPINA EQUIPAMENTOS INDUSTRIAIS LTDA.**

Estrada Marco Polo, 940 - CEP 09844-150

CAIXA POSTAL 661 - CEP 09701-970

São Bernardo do Campo - SP - Brasil

Telefone: +55 114347-9133

Telefax: +55 11 4347-9104

e-mail: vendas.torres@alpina.com.br

www.alpinaequipamentos.com.br