

4

Termoacumulação: alternativa tecnológica para eficiência energética.

A crescente necessidade de implantação de medidas de eficiência energética leva cada vez mais a busca por tecnologias alternativas para racionalização do consumo de energia elétrica.

Conforme exposto no capítulo 2, a demanda por energia aumenta a passos largos, assim como a utilização de combustíveis fósseis, sendo os investimentos necessários para acompanhar estes crescimentos altos e que causam grandes impactos ambientais.

Verifica-se também que os setores comerciais, industriais e de edificação são grandes consumidores de energia elétrica no país, concentrando grande parte deste consumo no horário de ponta, sendo uma expressiva parcela deste consumo destinada a sistemas de climatização, onde a tecnologia de termoacumulação aparece como uma boa opção de racionalização de energia.

Estes consumidores oferecem excelentes condições para implantação de sistemas de eficiência, sendo um ambiente bastante favorável para gerar ganhos sociais, econômicos e ambientais, com a autoprodução e Gerenciamento pelo Lado da Demanda (GLD).

Do ponto de vista econômico, é mais atrativo investir-se em projetos de eficiência energética do que na expansão do sistema elétrico nacional, além de que estes projetos promoverem a conservação do meio ambiente.

A termoacumulação por ser uma tecnologia que possibilita o deslocamento de carga, o que propicia a melhor utilização e gestão da utilização de energia, é considerada como uma alternativa de eficiência energética.

Importante ressaltar, que a mitigação dos custos de energia com a utilização do sistema de termoacumulação não está associada à redução de consumo. O que ocorre é o deslocamento do consumo de um horário com tarifação maior para um de menor tarifação, obtendo resultados economicamente relevantes para a unidade consumidora [64].

Apesar de ser uma tecnologia antiga e que pode trazer grandes benefícios ao setor energético, no Brasil a termoacumulação não é muito difundida e explorada, bem como, não existem políticas de incentivo ao seu uso.

4.1. Fundamentos da termoacumulação

A termoacumulação é um sistema que transforma a energia disponibilizada em períodos fora de ponta em energia térmica interna, que pode ser armazenada em bancos de gelo ou tanques de água gelada [63].

Esta tecnologia pode ser aplicada, principalmente, em consumidores de altas cargas e que utilizam energia no horário de pico, aos quais interessam transferir a carga deste período, quando as tarifas são mais elevadas, para outro com tarifa reduzida.

Assim a termoacumulação se apresenta como uma excelente alternativa tecnológica para aliviar o sistema elétrico no horário de ponta, bem como racionalizar o consumo de energia.

Através dela consegue-se eliminar a dependência direta entre a produção e o consumo, ou entre a oferta e a demanda do efeito frigorífico gerado, tornando possível, por exemplo, operar sistemas de condicionamento de ar de forma mais eficiente [63].

Destacando-se entre os principais candidatos ao uso deste sistema: shopping centers, hotéis, supermercados, centros de convenções, edifícios comerciais, estabelecimentos de ensino, aeroportos, indústrias em geral, hospitais.

As principais vantagens da termoacumulação são:

- A redução do tamanho da CAG (Central de Água Gelada), reduzindo o custo inicial dos equipamentos do sistema de climatização;
- Proporciona o deslocamento da carga do horário de alto consumo para outro de baixo, aliviando o sistema elétrico e reduzindo ou retroagindo investimentos no setor;
- Proporciona redução de custos com energia e o gerenciamento pelo lado da demanda.
- Gera maior confiabilidade e segurança do sistema de refrigeração, devido ao armazenamento de energia;
- Proporciona uma redução na potência instalada, o que resulta em uma menor demanda de energia, proporcionando um novo contrato de energia;
- Possibilita o aproveitamento das diferentes modalidades de tarifa de energia horo-sazonais para reduzir o custo com energia elétrica;
- Possibilita o melhor aproveitamento diário de energia, aumentando o fator de carga do sistema de frio; e
- Contribui para a redução do impacto ambiental, por ser tecnologia limpa.

As desvantagens para a implantação do sistema de termoacumulação são:

- A necessidade de grandes espaços para instalação dos reservatórios de armazenagem; e
- Altos investimentos iniciais em equipamentos.

4.1.1.

Formas de termoacumulação

As formas mais comuns de termoacumulação utilizam o armazenamento térmico através de tanques de água gelada, gelo e outras substâncias que mudam de fase, conhecidas como sais eutéticos. Essas formas diferenciam-se pela quantidade de energia armazenada por unidade de volume e as temperaturas em que armazenam o "frio" [46].

Nos tanques de armazenamento de água gelada, onde a água normalmente fica armazenada a temperaturas entre 4°C e 6°C, o acúmulo de água gelada utiliza o calor sensível da água para armazenar frio e o volume de armazenagem depende da diferença de temperatura entre a água fornecida pelo armazenamento e a água de retorno, sendo a diferença de temperatura de 11°C praticamente a máxima obtida, apesar de existirem sistemas instalados com diferenças de 17°C. O volume mínimo de água gelada é de aproximadamente 0,086 m³/kWh para 11°C.

Nos tanques de armazenamento de gelo, a energia térmica é armazenada sob a forma de gelo a 0°C, o acúmulo de gelo utiliza o calor latente de fusão da água (335 kJ/kg), o volume armazenado depende da proporção final de gelo/água em um tanque completamente cheio, variando geralmente de 0,02m³/kWh a 0,03m³/kWh, dependendo da tecnologia de armazenamento de gelo utilizada, equipamentos especiais podem ser utilizados: "chillers" padrões selecionados para trabalho a baixas temperaturas.

Para armazenar essa energia, o equipamento de refrigeração deve fornecer fluido a temperaturas de -9°C a -3°C, ficando abaixo da faixa normal de operação dos equipamentos de refrigeração convencionais e o fluido para trocas de calor para formação de gelo deve ser uma solução anti-congelante como o glicol, por exemplo. A armazenagem a baixas temperaturas do gelo também proporciona a produção de ar a menores temperaturas para resfriamento [46].

As soluções de sais eutéticos, que mudam de fase são disponibilizadas em diversas fórmulas para derreter e congelar em diversas temperaturas. A formulação mais comum para aplicações de termoacumulação é uma mistura de

sais inorgânicos, água, e agentes estabilizadores e nucleadores, que derretem e congelam a 8,3°C.

Essa solução é encapsulada em reservatórios plásticos retangulares inseridos em um tanque de armazenamento pelo qual a água é circulada. O volume de armazenamento de tal sistema é de aproximadamente 0,048 m³ /kWh, incluindo os reservatórios e a água no tanque. A temperatura de mudança de fase dessa solução de 8.3°C permite a utilização de equipamentos padrões de resfriamento para executar o acúmulo. Temperaturas de descarga são maiores que as temperaturas de fornecimento da maioria dos sistemas convencionais de resfriamento, portanto estratégias de operação são limitadas [46].

4.1.2.

Tecnologias de armazenamento para sistemas de termoacumulação

Os tanques de armazenamento de fluidos podem ser: i) de concreto, que oferecem baixo custo de material e se caracterizam por ser pouco condutores de energia térmica; ii) aço carbono, que apesar de possuírem alto custo de aquisição e terem a necessidade de serem isolados, são mais práticos e requerem pouca manutenção; ou iii) de fibra, que são rígidos, resistentes, com baixo poder corrosivo e com custo razoável, porém são fabricados em tamanhos pré-determinados, podendo ser um complicador quando da necessidade de tanques de maiores dimensões.

As instalações dos tanques podem ser: subterrâneas ou parcialmente enterrados, que reduzem os custos de isolamento térmico e de estrutura, ou, totalmente dispostos ao meio ambiente, que são utilizados quando não é possível escavar o terreno ou se deseja ter um controle visual de infiltrações [16].

Os sistemas de termoacumulação com reservatórios de água gelada possuem as vantagens de produção de água gelada a uma temperatura de evaporação mais alta, consumindo menos energia; de utilização de um sistema convencional, como os *chillers*; do funcionamento simultâneo do *chiller* e do armazenamento é facilitado; da possibilidade de combinar o reservatório de água gelada com o reservatório para combate a incêndio.

E as desvantagens da necessidade de grande espaço para a colocação dos tanques de armazenamento; do grande volume de água no circuito; e das dificuldades de evitar a mistura de água quente com a água fria.

Já os sistemas de termoacumulação com reservatórios de gelo têm como vantagens a redução do tamanho do acumulador; a produção de água gelada a temperaturas muito mais baixas; a vazão menor de água gelada; menores serpentinas nos *fan-coils*; e menor vazão de ar. Sendo a principal desvantagem de sistemas com estes reservatórios a necessidade de equipamento especial de refrigeração [63].

A figura 13 apresenta um reservatório de armazenamento de água gelada construído em concreto, e, a figura 14 um reservatório de armazenamento de gelo, construído em aço carbono.



Figura 13 – Instalação típica de reservatório de água gelada
Fonte o autor



Figura 14 – Instalação típica de um reservatório de gelo
Fonte o autor

4.1.3. Tipos de sistemas de termoacumulação

Os sistemas de termoacumulação podem ser classificados de acordo com o tipo de fluido utilizado e o modo de acumulação térmica empregada no sistema, podendo ser [58]:

- Sistema de *termoacumulação com água resfriada* utiliza a capacidade térmica sensível de água para acumulação do resfriamento. A capacidade térmica sensível é a capacidade de calor absorvida em uma mudança de temperatura sofrida por uma determinada massa de água. Normalmente a água resfriada é gerada e estocada com temperaturas variando entre 4°C e 5,5°C, compatíveis com as características construtivas dos resfriadores de líquido existentes no mercado.
- Sistema de *termoacumulação com gelo* utiliza a capacidade térmica de absorção de calor no gelo, durante o processo de fusão o gelo é armazenado a 0°C, durante os períodos de baixa carga térmica dos ambientes climatizados ou quando os trocadores de calor (*fan-coil*) estão na maior parte desligados.
- Sistema de *termoacumulação com gelo e fragmentos*, neste sistema uma máquina de gelo produz gelo em fragmentos que são depositados em um reservatório de água.
- Sistema de *termoacumulação com gelo em cápsulas* utiliza cápsulas seladas com água, submersas em um reservatório por onde circula a solução de glicol.

4.1.4. O funcionamento básico da termoacumulação

A figura 15 mostra a representação simplificada das instalações de um sistema de termoacumulação, que é basicamente composta pelo *chiller*, pelo tanque de armazenamento que pode ser de gelo ou água gelada e pelo *fan-coil*.

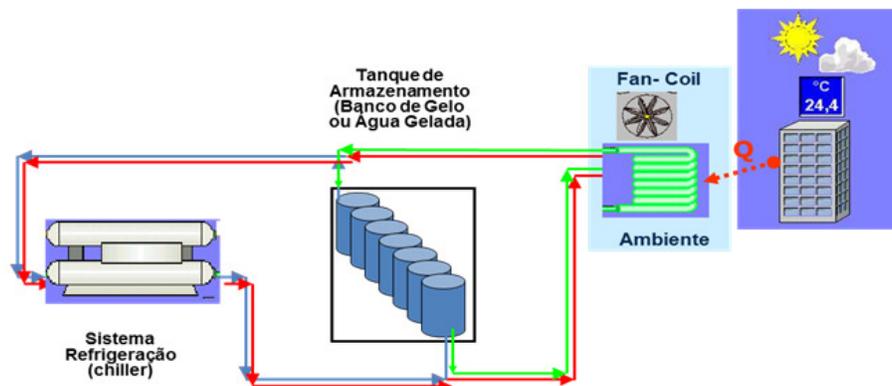


Figura 15 – Instalações básicas de um sistema de termoacumulação
Fonte [63]

Durante o período no qual a carga térmica é reduzida ou que a instalação não esta sendo utilizada, os *chillers* são ligados para armazenar água gelada em reservatórios isolados termicamente, construídos de chapa de aço ou concreto com várias câmaras interligadas (tipo labirinto) ou taques unicelulares (tipo estratificado), que reduz as perdas por mistura e transmissão, melhorando a eficiência do sistema.

No acionamento do sistema, o ambiente passa a consumir a carga térmica armazenada nos tanques, desligando-se da rede de alimentação, somente voltando a ser realimentando, após o horário de pico da rede elétrica.