

SISTEMAS DE VAPOR

A utilização do vapor para fim de aquecimento e de acionamento mecânico remonta a Revolução Industrial, iniciada no século XVIII. Dessa época datam os primeiros teares movidos a vapor, que constituíram um notável marco na indústria, que então despontava na Inglaterra. As caldeiras foram desenvolvidas e refinadas passando, até mesmo, a ser empregadas no acionamento de navios, trens, etc.

Hoje, em todo o mundo, inclusive no Brasil, podemos observar sistemas de vapor não só aplicados à indústria (em especial a área têxtil), como a hospitais, hotéis, shoppings e até em edifícios residenciais.

Mas, *por que o uso de sistemas de vapor para aquecimento?* Por que não o sistema de aquecimento direto, seja por meio de energia elétrica ou por combustão?

O vapor armazena grande quantidade de energia, que pode ser levada de modo simples, rápido e eficiente até os locais de consumo mais remotos. Na maioria dos casos, o uso de vapor tem-se revelado muito mais econômico que outras formas de aquecimento.

FLUXOGRAMA GERAL DE UM SISTEMA DE VAPOR

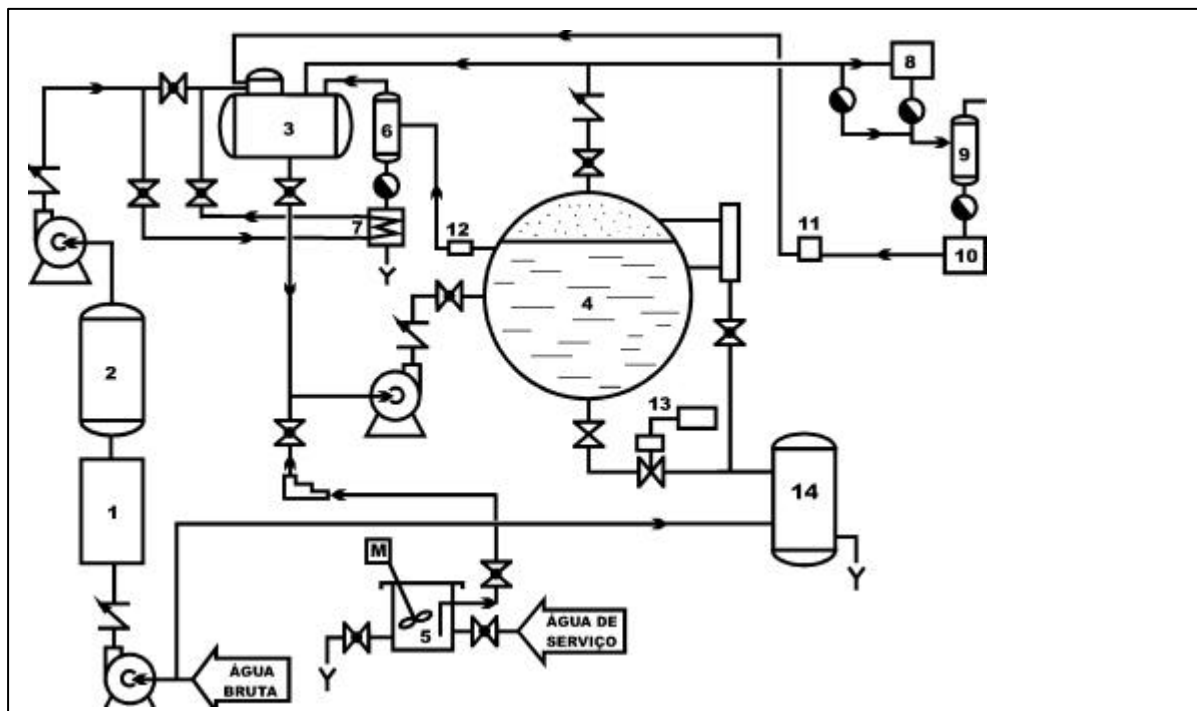
Um sistema de vapor é constituído basicamente de três partes ou seções:

- Geração de Vapor
- Distribuição de Vapor
- Consumo de Vapor

Se desejarmos obter o máximo rendimento de um Sistema de Vapor, é necessário considerar uma quarta seção:

- Recuperação do condensado e do vapor "flash"

Mostramos abaixo um fluxograma típico que contempla essas seções do sistema de vapor:



GERAÇÃO DE VAPOR

Este é obviamente o ponto de partida de um sistema de vapor, abrangendo desde a entrada de água bruta até a saída de vapor produzido por uma ou mais caldeiras. É o que se chama comumente de **Central de Vapor**.

A água proveniente do abastecimento é conduzida para a estação de tratamento externo (1), que pode ser *abrandamento* ou *desmineralização*, onde perde a maioria dos sais minerais, que provocam incrustação na caldeira.

A água tratada é armazenada em um *reservatório* (2) e daí prossegue para outro tratamento externo - *desaeração* (3), em que são eliminados os gases não condensáveis dissolvidos na água, principalmente o oxigênio e o dióxido de carbono, causadores de corrosão na caldeira ou na seção posterior.

Finalmente, a água que passa pelo desaerador é bombeada para a *caldeira* (4), onde é vaporizada. Nesse trajeto, a água recebe *produtos químicos* (5), através de bomba dosadora, para complementação do tratamento externo.

Na caldeira, há geralmente três pontos de descarga:

- **Coluna de nível** - a descarga serve para manter limpa a coluna e principalmente os eletrodos de nível;
- **Descarga de fundo** - tem como finalidade controlar o teor de sólidos em suspensão dentro do corpo da caldeira, sendo efetuada, preferencialmente, através de uma *válvula de descarga rápida* (13), que pode ser simples ou programável;
- **Descarga de superfície** - destinada a manter os sólidos, dissolvidos na água, dentro de limites satisfatórios, sendo feita por meio de uma *válvula especial* (12).

Na seção de geração de vapor, há vários recursos para economizar energia, cuja viabilidade deve ser estudada em cada caso. Entre as possibilidades, figura o aproveitamento do calor das descargas, principalmente da descarga de superfície. Esta, sendo contínua, pode ser canalizada para um *tanque de separação de vapor "flash"* (6), desviando esse vapor para, por exemplo, alimentar o desaerador e o condensado restante pode ser aproveitado em um *trocador de calor* (7), para pre-aquecer a água de reposição.

Outros recursos para economia de energia residem no isolamento térmico de todas as partes quentes da instalação, a regulação da combustão, instalação de economizador, pre-aquecedor de ar, etc.

DISTRIBUIÇÃO DE VAPOR

Para conduzir o vapor da caldeira até os vários consumidores de uma empresa é necessário um sistema de tubulações mais ou menos complexo, dependendo da quantidade, posição e características dos consumidores existentes.

Temos a considerar que o vapor deve atingir esses consumidores com uma determinada pressão e/ou temperatura, de uma forma mais eficiente possível e, nesse ponto, torna-se muito importante o projeto das linhas de distribuição de vapor. Sob o ponto de vista econômico e de eficiência, a rede de distribuição de vapor é influenciada, entre outros, pelos seguintes fatores:

- Dimensionamento da tubulação
- o (diâmetro e comprimento);
- Uso de acessórios adequados (curvas, conexões, válvulas, etc.);
- Isolamento térmico;
- Eliminação da água condensada que se forma dentro da tubulação;
- Remoção do ar e outros gases incondensáveis.

Por outro lado, as linhas de distribuição estão sujeitas a dilatações e contrações, devido a aquecimentos e resfriamentos sofridos durante a operação. Isso requer um estudo de flexibilidade da rede, introduzindo-se, se necessário, juntas de expansão.

CONSUMO DE VAPOR

Este é o objetivo e a razão da existência do sistema de vapor. O vapor pode ser utilizado para fins os mais diversos: acionamento mecânico de certos equipamentos (turbinas, bombas, etc.), aquecimento ambiental, processamento industrial, higienização, esterilização, etc.

O consumo de vapor pode ser:

- **Direto** - em que o vapor "vivo" entra em contato diretamente com o produto, sem qualquer superfície de separação.
- **Indireto** - quando o vapor fornece calor ao processo, através de uma superfície. Neste caso, o condensado, com o seu calor sensível, constitui um resíduo, potencialmente aproveitável. Esta é a prática mais comum de utilização de vapor.

A injeção direta de vapor pode ser feita tanto em líquidos como em sólidos.

Em líquidos, o vapor vivo mistura-se com o produto, cedendo todo o seu calor, isto é, o sensível e o latente, e obviamente neste caso o condensado torna-se parte integrante do produto. É um sistema simples, de baixo custo e de fácil manutenção. A vantagem é justamente o aproveitamento imediato do calor sensível, tornando o processo bastante econômico. Uma das desvantagens é a diluição do produto líquido, pelo condensado incorporado, além do risco de contaminação do produto por algum resíduo carregado pelo vapor.

Na injeção direta em sólidos, feita em equipamentos como autoclaves, esterilizadores hospitalares, pasteurizadores de leite, na indústria têxtil - equipamento de tingimento "barcas", etc. estão presentes os problemas de descarga de condensado e eliminação de ar e gases incondensáveis, tal como no sistema de aquecimento indireto.

Os consumidores indiretos apresentam uma variedade muito grande: serpentinas, camisas, cilindros e outros, cada qual com suas características específicas, porém requerendo cuidados gerais, para assegurar um bom desempenho e economia operacional. Entre esses cuidados, podemos citar:

- Isolamento térmico das superfícies externas, onde necessário, para evitar perdas por radiação;
- Remoção eficaz de condensado;
- Eliminação de ar e outros gases não condensáveis;
- Manutenção da limpeza das superfícies de troca de calor.

RECUPERAÇÃO DE CONDENSADO E DE VAPOR "FLASH"

O calor total contido no vapor utilizado em aquecimento consiste em duas parcelas:

- **Calor sensível** - é a parte responsável pelo aquecimento da água até atingir o ponto de ebulição - representa cerca de 25% do calor total contido no vapor;
- **Calor latente** - é a parcela de calor que promove a mudança de fase da água para o vapor, ou seja, a vaporização da água - representa o restante de calor contido no vapor ou seja cerca de 75% do calor total.

Ao passar pelos consumidores, o vapor cede todo o calor latente e se condensa, voltando portanto à fase líquida. Esse condensado, entretanto, retém 25% do calor total, cabendo ao empresário decidir sobre o aproveitamento dessa energia. Por outro lado, o condensado, salvo nos casos de contaminação, constitui uma água de boa qualidade, previamente tratada, podendo ser reaproveitada na alimentação da caldeira e, assim economizar água de reposição e respectivo tratamento.

Portanto, os principais motivos que nos leva a reaproveitar o condensado, procurando aumentar o rendimento do sistema, são:

- Recuperação do calor sensível da água de alimentação, com conseqüente economia de combustível;
- Economia de água de reposição;
- Economia do tratamento da água.

Caso não seja viável economicamente o uso do condensado na caldeira devido, por exemplo, a contaminação ou a distâncias muito grandes da caldeira ao ponto de descarga do condensado, este pode ainda ser aproveitado em pre-aquecimento local de algum produto, dentro do processo da empresa.

Uma outra economia potencial em um sistema de vapor é o aproveitamento do **vapor "flash"**, também chamado de **vapor de reevaporação** ou **vapor reevaporado**.

Ao ser descarregado o condensado, através de purgadores, ele sofre uma mudança de estado, passando de uma pressão alta (do processo) para pressão menor, geralmente atmosférica. Ao sofrer essa depressão, parte do calor contido no condensado vaporiza uma parcela deste, formando o vapor "flash".

A quantidade de vapor "flash" produzida, depende das pressões do condensado a montante e a jusante dos purgadores, sendo proporcional à diferença entre essas pressões. Ex. O condensado à pressão manométrica de 10 kgf/cm², descarregado à pressão atmosférica, pode gerar cerca de 15% de vapor "flash".

O vapor "flash" pode ser aproveitado próximo ao local onde se forma em aquecimento a baixa pressão.