



O uso eficiente de caldeiras na indústria

- Dimensionamento
- Operação
- Automação



Por uma questão de sobrevivência, a busca de eficiência em uma indústria é hoje o assunto principal.

Esta busca alcançou o setor de utilidades, e especificamente a geração de vapor, que é um dos custos mais expressivos dentro do processo produtivo.

O nosso objetivo é explicar como:

- ✓ O dimensionamento;
- ✓ A operação;
- ✓ A automação de caldeiras;

Podem contribuir para a melhoria da eficiência da produção.



Eficiência no dimensionamento de caldeiras

Uma caldeira bem dimensionada é aquela capaz de:

- ✓ Atender a demanda de vapor dentro do seu limite eficiente de operação;
- ✓ Atender aos picos de consumo e estar ao mesmo tempo dentro do seu limite eficiente de operação;
- ✓ Possuir resposta rápida às variações de pressão.



- 1) Normalmente as caldeiras possuem maior eficiência acima de 70% de sua capacidade, chegando na sua eficiência máxima entre 90% a 100 % de sua capacidade nominal.
 - ❖ Isto devido ao excesso de ar na combustão, temperatura de chama, etc.
 - ✓ Portanto, caldeiras superdimensionadas para a demanda, irão consumir maior quantidade de combustível.



2) Possuir um Turn Down adequado ao processo.

✓ Processos produtivos com flutuação de demanda são os que mais exigem em termos de dimensionamento, pois em um instante a demanda pode variar muito.

Por este motivo, a caldeira deverá ser capaz de variar a carga entre a demanda sem apagar ou desligar o sistema de combustão.

Turn-Down: é a capacidade que uma caldeira possui em modular a sua carga entre as faixas de máxima e mínima produção

Valores usuais de Turn-Down para os seguintes combustíveis:

- ✓ Caldeiras a óleo: 1:4
- ✓ Caldeiras a gás: 1:6
- ✓ Caldeiras a Biomassa: 1:2,5

Exemplo:

Uma caldeira a biomassa com capacidade de 10000 Kg(vapor)/h, irá certamente desligar em uma faixa de demanda inferior a 4000 Kg(vapor)/h, ocasionando:

- ✓ Emissão de CO, para a atmosfera, que é combustível sendo jogado fora.
- ✓ Aumenta o consumo de energia elétrica devido a partidas frequêntes.
- ✓ Aumenta o consumo de combustível devido a gaseificação.
- ✓ Aumenta o consumo de combustível devido ao acréscimo do excesso de ar na combustão, por possuir pouco combustível na fornalha.



- 3) O tempo de resposta às variações de demanda é uma das causas que mais afetam o rendimento em um processo.
- ❖ Tempo de resposta lento, comum em caldeiras a biomassa, provoca queda de pressão muitas vezes inaceitáveis, que irão causar:
 - ✓ Aumento no tempo de duração ou velocidade do processo;
 - ✓ Perda da qualidade do material processado.



❖ Como é possível contornar este problema?

Respostas:

➤ Dimensione a caldeira com uma pressão de pelo menos 02 Kgf/cm² a mais que o processo necessita.

A caldeira poderá variar a pressão dentro desta faixa, que o processo não sofrerá esta influência.



❖ Normalmente um dos principais desafios é dimensionar a caldeira para uma unidade que já possui uma ou mais caldeiras, e está ampliando a sua demanda. É certo que operar mais de 01 caldeira ao mesmo tempo fica mais caro.

✓ Fica a dúvida: compra uma caldeira que atenda a nova demanda? Ou, compra uma caldeira de menor capacidade que juntamente com a caldeira existente irá atender a nova demanda?



❖ A resposta não poderá ser dada sem fazer a seguinte avaliação:

✓ A caldeira existente é uma caldeira moderna, possui rendimento térmico compatível com as caldeiras atuais?

✓ A demanda a ser acrescida representa quantos % da demanda atual ?

✓ Quanto aumentará o custo de manutenção e operação, operando simultaneamente mais de 01 caldeira?



❖ Se a caldeira existente for uma caldeira antiga, certamente possui rendimento térmico inferior e o correto é optar por uma caldeira nova que atenda a nova demanda.

❖ Se a planta for daquelas que está em constante expansão, ou que seja previsto uma próxima expansão em um intervalo de tempo menor que 02 anos, é recomendável que se opte por uma caldeira menor que juntamente com a caldeira existente irá suprir a nova demanda. Recomenda-se neste caso fazer uma atualização, se possível, nas condições de combustão da caldeira existente para que tenha um melhor rendimento.



❖ Por fim, alguns setores possuem uma demanda muito instável, com picos de vapor que chegam as vezes mais de 50% da demanda normal.

✓ Adquirir uma caldeira que atenda estes picos, sem queda de pressão, requer equipamento de maior capacidade, que na maioria do tempo ficará superdimensionado.



✓ Qual a melhor opção para esta situação?

O correto neste caso é instalar um buster de vapor.

O buster é um aparelho que acumula a energia em forma de água superaquecida a uma pressão superior a do processo, alimentado pelo vapor nos intervalos entre os picos de consumo, e no momento em que a pressão começa a cair, a água acumulada transforma-se em vapor por efeito flash.



Eficiência na operação de caldeiras

Como a operação de caldeira pode influenciar na eficiência, de modo a ser menos ou mais eficiente?

- ✓ Podemos afirmar que: quanto mais instrumentada (automatizada), for a caldeira, menor será a interferência na operação para que ela seja menos ou mais eficiente.
- ✓ Também podemos afirmar que: para combustíveis gasosos, a interferência na operação não irá alterar a sua eficiência.



No entanto, alguns fatores na operação tem uma influência muito grande na eficiência das caldeiras, os quais destacamos a seguir:

❖ Regulagem:

✓ A regulagem, ou tecnicamente falando, o controle do excesso de ar na combustão, é um dos fatores que mais influenciam na eficiência. Para se ter uma idéia, a cada 10% a mais no excesso de ar, tem-se uma perda no rendimento de:



- ❖ Para cada 10% de excesso de ar na combustão, tem-se uma redução no rendimento de:
 - ✓ Gás Natural – 0,5%
 - ✓ Óleo combustível: 0,8%
 - ✓ Biomassa: 0,6%



Perda de eficiência por umidade no combustível

❖ Para caldeiras queimando biomassa, a umidade do combustível tem uma influência enorme na eficiência:

✓ Para cada 10% a mais na umidade do combustível, tem-se uma redução de 0,8% na eficiência. Acima de 35% de umidade, as perdas são ainda maiores, pela dificuldade em se manter a combustão.

✓ Normalmente, a biomassa é comprada por m^3 . Se o combustível está com uma umidade acima do normal, a empresa está comprando água a preço de combustível.



- ❖ Para caldeiras a biomassa que possuem alimentação manual ou semi automática, o ciclo de abastecimento e a quantidade de combustível a ser alimentada em cada ciclo, está em função da sensibilidade do operador.
- ✓ Nestes casos, para uma caldeira que produz em média 15 ton (vapor)/h, pode ter um consumo de 10m³ de lenha a mais em 24 horas, o que representa R\$ 600,00 por dia.



- ❖ Vazamentos de água, descarga em excesso ou tratamento inadequado, faz com que se gaste uma quantidade maior de combustível.
- ✓ Cada 100 litros de água de descarga corresponde a: 2 Nm³ de GN, 1,8 kg de óleo, 0,014 m³ de lenha.

Como podemos evitar a perda de eficiência na operação?

- ✓ Controlar o excesso de ar através de medições do O₂ e CO₂, intervindo na regulagem caso haja discrepância significativa.
- ✓ Controlar a umidade e a densidade do combustível no recebimento por amostragem.
- ✓ Manter um controle confiável de consumo de combustível X produção de vapor.
- ✓ Manter sob observação a temperatura de saída dos gases, intervir com a limpeza da tubulação caso haja aumento da mesma.

Como podemos evitar a perda de eficiência na operação?

- ✓ Adequar o tratamento à qualidade da água, utilizando principalmente tratamentos físicos químicos, tais como abrandamento, desmineralização, osmose, desaeração, pois estes tratamentos irão diminuir a frequência e o tempo de descarga.
- ✓ Optar sempre por manutenção preventiva ou preditiva, pois normalmente a manutenção inadequada irá influenciar na eficiência do equipamento de forma direta ou indireta.

A automação melhorando a eficiência em caldeiras

- ❖ A automação é sem dúvida um dos meios mais eficazes para se aumentar o rendimento, ou de um processo, ou de um equipamento.
- ❖ A automação aplicada à caldeiras, que somente existia em caldeiras de grande porte, hoje se popularizou, e faz parte do escopo normal de fornecimento dos melhores fabricantes.



- ❖ A automação, se bem aplicada, consegue melhoria significativa nos seguintes pontos:
- ✓ Diminuição no consumo de combustível através de controles de combustão e modulação de chama ou carga.
- ✓ Estabilidade na pressão de operação, evitando flutuações na pressão e conseqüentemente melhorando a performance e tempo de processo.
- ✓ Estabilidade no nível de água, evitando arraste e ou alteração na qualidade do vapor (título), diminuindo o consumo de vapor e diminuindo o tempo de processo.



- ❖ A automação bem aplicada, (continuação):
- ✓ Eliminação ou diminuição de perdas de água quente por descargas desnecessárias ou mal calculadas, reduzindo o consumo de combustível, produtos químicos e água tratada.
- ✓ Economia de energia elétrica.
- ✓ Precisão nas informações sobre consumo de água, combustível (óleo e gás), produção de vapor, temperaturas, etc. Estes dados são analisados e em caso de discrepância, correções podem ser feitas de maneira rápida e eficiente evitando perdas.



- ❖ A automação desenvolvida para caldeiras é dividida em:
 - ✓ Controle da combustão:
 - Por posição, comumente denominada modulação por limites paralelos. Servo atuadores e ou inversores de frequência são combinados em uma curva, posição do atuador de combustível X posição do atuador de ar, e a combustão se dá dentro desta curva, otimizando o O_2 / CO_2 .



- ❖ A automação desenvolvida para caldeiras é dividida em:
- ✓ Controle da combustão:
 - Por medição de vazão, comumente denominada de limites cruzados, sendo que este poderá ter como opção a correção do O₂ por sonda.
 - Neste, o controle da combustão é feito por medição de vazão de combustível e vazão de ar de combustão, e aplica-se o quociente denominado de ratio (vazão de combustível / vazão de ar), onde em qualquer ponto da modulação a relação é obedecida.



- ❖ A automação desenvolvida para caldeiras (continuação):
- ✓ Controle da combustão:
 - Por medição de vazão, comumente denominada de limites cruzados.
 - Ainda, neste tipo de controle, durante a modulação, a chama fica oxidante, garantindo excesso de ar nas transições tanto em aumento de carga como na diminuição de carga.



- ❖ A automação desenvolvida para caldeiras (Continuação):
- ✓ Controle da combustão:
 - Controle de depressão na câmara de combustão. Aplicado a caldeiras que queimam biomassa e ou bi combustível, sendo um deles a biomassa. Neste controle, caso haja um aumento na combustão, um transmissor de pressão instalado na fornalha percebe o aumento ou a diminuição da pressão na câmara de combustão, e irá variar a rotação do exaustor mantendo a câmara de combustão sempre em depressão.



- ❖ A automação desenvolvida para caldeiras (Continuação):
- ✓ Controle de nível contínuo:
 - Por 01 elemento: onde mede-se apenas o nível na coluna de nível.
 - Por 02 e 03 elementos: também denominado sistema de controle antecipativo, aplicados principalmente em caldeiras aquatubulares, onde a deflexão do nível pode ocorrer de forma rápida. Este sistema através da medição de vapor e ou água e vapor, consegue antecipar uma variação no consumo de vapor e agir na reposição de água.



- ❖ A automação desenvolvida para caldeiras (Continuação):
- ✓ Controle de descargas de fundo:
 - Através de válvulas servo atuadas, e temporizador, controla-se a frequência e o tempo de abertura das válvulas de descarga de fundo, evitando consumo de água excessivo, pois a descarga será atuada em tempo e frequência corretos.



- ❖ A automação desenvolvida para caldeiras (Continuação):
- ✓ Controle de descarga contínua (dessalinização)
 - Através de um condutivímetro instalado na linha de evaporação e de uma válvula de controle, controla-se os sólidos totais sem a necessidade de fazer esta correção através de descargas de fundo, evitando o desperdício de água.
A descarga contínua evita o desperdício de água, pois drena esta água em uma posição onde há uma maior concentração de sais.

❖ A automação desenvolvida para caldeiras (Continuação):

✓ Supervisório de operação e controle.

- O sistema de supervisão (supervisório), é o responsável pela visualização e controle de parâmetros e set point, bem como a visualização de vazões, temperaturas e pressões, em telas desenvolvidas para que o operador tenha um panorama geral de operação do equipamento, podendo intervir e analisar os dados a procura de discrepâncias ou usá-los estatisticamente.