

## **A EFICIÊNCIA DE UMA CALDEIRA FOGOTUBULAR NÃO É UM CÁLCULO MISTERIOSO**

Esta breve explanação tem o objetivo de orientar técnicos e engenheiros sobre a eficiência das caldeiras e para os usuários do programa EFICIÊNCIA STEAMMASTER. E, se para muitos o assunto já é repetitivo, para outros pode ser muito esclarecedor. Persistindo dúvidas entre em contato.

### **Eficiência da combustão**

Eficiência de Combustão é a indicação da habilidade do queimador em queimar o combustível.

A quantidade de combustível não queimado e o ar em excesso são usados para definir a eficiência de combustão de um queimador.

A maior parcela das perdas apresentadas por uma caldeira se dá pelos gases da combustão que são lançados pela chaminé. Se um queimador não consegue obter uma queima limpa com baixo excesso de ar, é então regulado para trabalhar com excesso de ar, sendo que este excesso de ar só abaixa a temperatura da chama e reduz a capacidade de geração da caldeira, rebaixando também drasticamente a eficiência.

Queimadores trabalhando com níveis baixos de combustíveis não queimados e operando a um nível de excesso de ar baixo (em torno de 15%) são considerados eficientes.

## **Eficiência Térmica**

Eficiência térmica é a medida da eficácia da troca de calor da caldeira. Ela mede a habilidade em transferir calor do processo de combustão para a água ou vapor na caldeira. Por ser unicamente uma medida da eficácia da troca de calor da caldeira, ela não leva em conta a radiação e perdas de convecção do casco da caldeira, coluna d'água, ou outros componentes. Desta forma não é verdadeira sua indicação do uso do combustível na caldeira; Contudo, aliada à verificação da combustão, pode nos fornecer uma boa indicação de como está a eficiência da caldeira. De fato, se você verifica que não há pontos com temperaturas muito altas, no casco ou outras partes da caldeira, não há vazamentos de vapor ou gases de combustão. Uma simples análise da temperatura e composição dos gases da chaminé pode nos oferecer dados confiáveis para o cálculo da eficiência. Além disto a Steammaster fornece um gráfico com a estimativa das perdas diversas de acordo com a carga de trabalho.

## **Eficiência da Caldeira**

Eficiência da caldeira é a eficiência pura da transferência de calor do combustível para o vapor, a qual leva em conta a radiação e perdas de convecções. É uma indicação verdadeira da eficiência total da caldeira.

Como descrito no ASME POWER TEST CODE, PTC 4.1, a eficiência combustível-vapor de uma caldeira pode ser determinada por 02 métodos; o método entrada-saída e o método perdas de calor.

### **- Método entrada-saída:**

A eficiência por este método é baseada na proporção da saída e entradas de calor na caldeira. Ela é calculada em se dividindo a saída da caldeira (Kcal) pela entrada da caldeira (Kcal) e multiplicando por 100. A entrada atual e saída da caldeira são determinadas pela instrumentação e os dados são usados nos cálculos que resultam na eficiência combustível para vapor sendo ainda hoje o método mais difícil de se realizar devido à necessidade de se conhecer com precisão, no mínimo os seguintes parâmetros: vazão de vapor, água, combustível e a temperatura destes.

### **- Método perdas de calor:**

O método de medida de eficiência *Equilíbrio de Calor* é baseado na consideração de todas as perdas de calor da caldeira. O método para cálculo atual consiste da subtração de 100% do total das perdas, sendo que o valor resultante é a eficiência combustível-vapor da caldeira.

## **Perdas na chaminé:**

É a maior porção das perdas do calor onde muito dinheiro é jogado fora todos os dias. Este é um bom indicador da eficiência da caldeira. A temperatura na chaminé é a temperatura dos gases de combustão (seco ou úmido) deixando a caldeira e refletindo diretamente na energia que não se transferiu do combustível para o vapor ou água quente. Quanto menor a temperatura na chaminé, maior será a eficiência da caldeira, e hoje nenhuma caldeira no Brasil consegue temperaturas de chaminé menores que a Steammaster.

## **Perdas de Convecção e Radiação:**

Todas as caldeiras têm perdas de convecção e radiação. As perdas representam a radiação do calor da caldeira para o ambiente.

Radiações e perdas de convecções expressas em Kcal/h, são essencialmente constantes na área de caldeira, mas variam entre diferentes tipos de caldeiras, tamanhos, pressões de operação e carga de trabalho. Todas as caldeiras Steammaster FOUR, são isoladas com 100 mm de lã de rocha de alta densidade, com proteção em aço inoxidável (toda a caldeira é isenta de amianto).

## **Componentes da Eficiência:**

A eficiência da caldeira, quando calculada pelo método de equilíbrio de calor ASME, inclui perdas na chaminé e radiação e convecções. Mas que fatores têm efeito maior na eficiência de uma caldeira?

Em uma primeira discussão, o projeto da caldeira é o maior fator.

São fatores-chaves para entendermos os cálculos de eficiência da caldeira:

1. Temperatura dos gases (Temperatura da chaminé)
2. Especificações do combustível
3. Ar excesso
4. Temperatura do ar ambiente
5. Perdas por radiação e convecção

### 1.Temperatura dos gases:

É a temperatura dos gases combustos assim que saem da caldeira.

Um modo em potencial de manipular um valor de eficiência é utilizar uma temperatura dos gases menor do que a real nos cálculos. Quando estiver analisando um cálculo de eficiência, verifique a temperatura dos gases. Ela é real? Ela é próxima ou menor do que a temperatura dos fluidos (água) no interior da caldeira?

Para caldeiras FOUR Steammaster, garantimos temperaturas de gases de chaminé tão baixas quanto 45°C acima da água da caldeira, para 100% da carga. E isto só a Steammaster faz.

Não seja tolo em estimar temperaturas de chaminé. Tenha certeza da prova dela.

### 2.Especificação do Combustível:

A especificação do combustível pode também ter um efeito dramático sobre a eficiência. No caso de combustíveis gasosos, o maior teor de hidrogênio forma mais vapor de água durante a combustão. Este vapor de água usa energia assim que muda de fase no processo de combustão. (A água que acaba de ser formada na combustão do hidrogênio formando H<sub>2</sub>O, se evapora exigindo para isto seu calor de vaporização que é então lançado na chaminé). Esta é a razão porque o óleo combustível queima em um nível de eficiência maior do que o gás natural.

Quando estiver analisando o cálculo ou eficiência garantida, verifique as especificações do combustível, é a representação do combustível que você usará na caldeira? A representação da eficiência da combustão usando baixo teor de hidrogênio poderá não ser uma avaliação apurada do seu consumo de combustível.

### 3.Excesso de ar:

Excesso de ar é o ar extra provido para o queimador, além do ar requerido para a completa combustão. Ele é fornecido para o queimador porque uma queima sem ar suficiente ou o estritamente necessário (queima estequiométrica) não é possível em queimadores industriais.

Mudanças sazonais na temperatura e pressão barométrica, podem causar excesso de ar em uma caldeira numa média de 5% a 10%, ou provocar a queima num nível de baixo excesso de ar podendo resultar em alto CO e fuligem na caldeira.

O ar é então provido em excesso para o queimador permitindo um fator de segurança, jogando fora porém energia em potencial que poderia ser transferida para água na caldeira. Neste caso, ar em excesso acima do tecnicamente correto,

reduz a eficiência da caldeira, aumentando drasticamente as perdas nos gases da chaminé, lembre-se que o ar entra no queimador, a temperatura ambiente sai na chaminé a centenas de graus acima.

Um projeto de queimador de qualidade permitirá queima a um nível máximo de excesso de ar em torno de 15% (3% como O<sub>2</sub>).

O O<sub>2</sub> representa a porcentagem de oxigênio no gás. Excesso de ar é medido por coleta (amostra) no gás. Para por exemplo 15% de excesso de ar, O<sub>2</sub> 3%.

O fato é que, mesmo com a capacidade teórica do queimador de rodar com nível de excesso de ar menor que 15%, raramente estão disponíveis para isto na prática. O nível de excesso de ar real para uma caldeira em operação é 15%, se um fator de segurança apropriado estiver sendo mantido.

Se menos que 15% de excesso de ar estiver sendo usado para calcular a eficiência, isto é pouco provável de se obter, pelo menos não por muito tempo e você estará provavelmente baseando seu uso de combustível numa eficiência maior do que a real no dia-a-dia. Solicite ao vendedor do equipamento para recalcular a eficiência a um valor de excesso real.

#### 4. Temperatura ambiente:

A temperatura ambiente pode ter um efeito dramático na eficiência da caldeira. Uma variação de 5°C na temperatura ambiente pode ter uma consequência na eficiência de 1% ou mais. A maioria das casas de caldeira são relativamente quentes. Logo, a maioria dos cálculos de eficiência são baseados em temperaturas ambientes de 26° C. Quando analisar os cálculos da eficiência garantida, verifique as condições do ar ambiente utilizado. Se um valor maior que 26° C for utilizado, ele não está consistente com a boa prática. E, se a caldeira ficar do lado de fora (da casa), a eficiência será ainda menor, independentemente do projeto da caldeira. Para determinar seu uso atual de combustível, peça para que a eficiência seja calculada nas condições de ambiente reais.

#### 5. Perdas de convecção e radiação:

As perdas de convecção e radiação representam as perdas de calor do vaso de pressão. Caldeiras são isoladas para minimizar estas perdas. No entanto, toda caldeira tem perdas de convecção e radiação.

Às vezes, a eficácia é representada sem as perdas de convecção e radiação. Isto não é um reflexo verdadeiro do uso do combustível da caldeira.

O projeto da caldeira também pode ter um efeito nas perdas de convecção e radiação.

Perdas de radiação e convecção são também uma função da velocidade do ar na casa de caldeiras. Uma típica casa de caldeira não tem velocidades de vento altas. Caldeiras operando do lado de fora no entanto, terão maiores perdas de convecção e radiação.

O termo eficiência da caldeira é freqüentemente substituído por eficiência térmica. E para nós da Steammaster é importante fazer esta distinção, porque se para uma análise/comparação entre momentos diferentes do mesmo equipamento, ou entre equipamentos distintos com a mesma metodologia, a eficiência térmica é aceitável, é bem vinda devido a facilidade em se obter o teor de CO<sub>2</sub> ou O<sub>2</sub>, e temperatura; Porém para comprovação na entrega técnica das caldeiras é preciso definir claramente o que se está e como se está medindo, afim de se evitar aborrecimentos para ambas as partes.

## **PORQUE STEAMMASTER FOUR É A CALDEIRA MAIS EFICIENTE DO BRASIL**

Os dados sobre a eficiência, usados para comparação entre caldeiras devem ser baseados em dados comprovados de performance, para dar uma comparação precisa do combustível usado.

Nem todas as caldeiras são igualmente criadas. Algumas diferenças básicas de projeto podem mostrar claramente variações na expectativa do nível de performance de eficiência. A maneira com que afirmam alguns fabricantes de que suas caldeiras apresentam por exemplo 91% de eficiência não tem valor algum, sem a informação clara e inequívoca das condições em que este número é obtido, haja visto que há enorme variação da eficiência perante a alteração por exemplo da pressão de trabalho, da temperatura ambiente e outros. É claro que uma simplificação é bem vinda para uma olhada rápida, porém devemos ter cuidado ao analisar eficiência das caldeiras pois, uma determinada caldeira poderá consumir muitas vezes, o capital inicial a ser gasto, somente com o combustível queimado anualmente. Conseqüentemente, a diferença de poucos percentuais na eficiência da caldeira, entre diferentes unidades, pode se traduzir em economias substanciais. Assim, **o custo inicial (da aquisição e instalação) de uma caldeira é a menor porção do investimento.** Custos de combustível e custos de manutenção representam a maior porção, tendo isto em mente a Steammaster prefere esclarecer este assunto de forma clara e como sempre em linguagem a mais acessível possível.

Toda caldeira opera sob os mesmos princípios termodinâmicos fundamentais e imutáveis em todo o planeta. Na Steam Master nós temos construído nossa reputação; produzindo um produto de maior valor e eficiência na indústria. Nós nos orgulhamos em fornecer isto e os fatos dizem que há uma diferença entre caldeiras e fábricas de caldeiras. O valor de uma caldeira Steammaster, pagará a si mesma, todos os dias e todos os anos, durante toda sua vida útil.

A escolha de uma caldeira Steammaster de baixo custo de manutenção e alta eficiência pode realmente fornecer economias e maximizar seu investimento na caldeira. Os dividendos que retornam cada ano, excedem em valor de qualquer economia de custo inicial de um “projeto mais barato”. o importante não é apenas iniciar eficientemente mas continuar a operar eficientemente ano após ano, mesmo após muito tempo e após reparos e consertos.

## **A EFICIÊNCIA SÓ É ÚTIL SE FOR MANTIDA E SUSTENTADA POR TODA A VIDA DA CALDEIRA.**

Escolher a caldeira mais eficiente é mais do que só escolher o fabricante/vendedor que está vencendo quanto à questão de atender ao valor da eficiência dado, ou melhor preço. A tecnologia da caldeira deve prever uma velocidade alta e constante nos gases da combustão sem utilização de artifícios como tubuladores ou tubos aspiralados que causam ao contrário do que se prega, uma maior retenção de fuligens e redução na vida útil dos tubos.

Nós da Steam Master, temos sólidas parcerias com fabricantes dos melhores componentes para as caldeiras. São em sua grande maioria líderes em todo o mundo no ramo em que atuam. Isto é muito melhor do que usar, válvulas, bombas e outros feitos em casa. Nós nos especializamos em caldeiras e queimadores e não abrimos mão, assim como todo técnico não deveria abrir mão de ter os melhores componentes em sua caldeira.

Só o conjunto caldeira/queimador Steammaster, trabalham com baixa perda de carga, válvulas moduladoras com ajuste variável acoplada a *comes*; garantindo a mesma proporção ar/combustível por longos períodos, e baixa pressão no combustível e fluido de atomização. Cuidado com queimadores que trabalham com alta pressão de ar ou combustível, pois estes tendem a não garantir a proporção ar/combustível por longo período.

Quando considerando a substituição de uma caldeira velha, considere os seguintes pontos para ter certeza de que está fazendo a avaliação correta de sua situação:

### **1. Custos de Manutenção**

Verifique seus custos de manutenção cuidadosamente. A caldeira velha está lhe custando dinheiro de várias formas, seja por manutenções emergenciais; tempo parado; maior tempo em manutenção (passado e pendentes); dificuldade em encontrar peças e às vezes caras; tempo do operador em manter a unidade em linha; além de problemas no vaso, queimador e refratários. Muitos destes custos podem estar escondidos em seu orçamento de manutenção geral. Você está pagando o preço por ter desatualizado sua casa de caldeira. Mas o custo precisa ser investigado e totalizado.

### **2. Performance da Caldeira**

As caldeiras Steammaster têm um padrão de performance muito maior do que o de projetos antigos e os ditos “modernos”. Baixo excesso de ar; Operação automática; Projeto de queimador; Controle da combustão eletrônico; Tecnologia de baixa emissão, e Garantia da alta eficiência; Baixa manutenção.

### **3. Mudança de combustível.**

Se sua caldeira antiga utiliza um combustível e você deseja trocar ou precisa avaliar diferentes combustíveis, reveja os custos de conversão e manutenção, avalie a performance e vazão realmente garantida, talvez seja a hora certa para se considerar a compra de uma caldeira nova. Muitas vezes um investimento é feito em uma caldeira velha, onde os custos associados com a próxima maior exigência de manutenção irá justificar a compra da nova unidade. O resultado é perder dinheiro na atualização da unidade antiga.

### **4. .**

Seu representante Steam Master pode ajudá-lo a checar a eficiência de sua caldeira antiga com uma simples análise da chaminé. Os dados darão a você uma idéia geral da diferença entre o custo do combustível da caldeira existente e o de uma nova unidade. Baseado nos resultados da avaliação da chaminé, uma avaliação mais completa das necessidades de sua casa de caldeiras seria formada.

A Steammaster disponibiliza a todos um programa de computador desenvolvido por seus técnicos que pode ser usado por qualquer um sem dificuldade, para uma correta avaliação de sua casa de caldeiras.

Espessura do casco, peso, necessidades de *turndown*, necessidades de troca do tipo de combustível, necessidade de controles de emissões, tudo deve ser avaliado. O resultado será uma revisão precisa das economias potenciais em combustíveis, manutenção e eficiência na casa de caldeira, o que poderá significar melhora de custo substancial.

Alta eficiência é o resultado de considerações de projetos reais, incorporados na caldeira. Examinar algumas diferenças de projetos básicos de uma caldeira para outra, pode dar a você uma visão sobre a performance da eficiência esperada.

# HÁ DIFERENÇAS CHAVES ENTRE CALDEIRAS FOGOTUBULARES.

As seguintes questões deverão ser consideradas durante sua avaliação da caldeira:

## 1. Número de passes da caldeira

O número de passes da caldeira representa o número de vezes que a combustão dos gases quentes passam através da caldeira (existem trocadores de calor com 10 passes dos fluidos ou mais). Uma caldeira com 03 passes fornece 03 oportunidades para os gases quentes transferirem calor para a água na caldeira. Uma unidade de 04 passes, fornece 04 oportunidades. Além disto, a velocidade dos gases permanece alta e uniforme durante todo o trajeto pela caldeira. Os fatos são claros e incontestáveis. A temperatura da chaminé de uma caldeira 04 passes é mais baixa do que a temperatura da chaminé de uma caldeira similar de 02 ou 03 passes, operando sob as condições similares. A caldeira 04 passes terá sempre eficiência maior e custo menor de combustível. Isto não é uma opinião. Isto é física básica sobre a troca de calor. O projeto da caldeira 04 passes produz incontestavelmente coeficientes de troca de calor mais altos. Não se engane, tubos aspiralados e outros artifícios podem ajudar em um teste de eficiência, mas custará a você em manutenção posteriormente. Na verdade, uma boa caldeira não necessita de manutenção intensiva nos tubos, se a caldeira foi projetada para trabalhar com a velocidade correta dos gases. Cada passe da caldeira possui uma área seccional que garante a velocidade correta do gás e alta taxa de transferência de calor.

## 2. Superfície de aquecimento

Em termos gerais a superfície de aquecimento em metros quadrado é exatamente a porta por onde o calor gerado na combustão pode ser transmitido para a água, gerando o vapor, de nada adianta um bom queimador e qualquer outro artifício sem área de aquecimento, não se reduz a área de aquecimento sem graves prejuízos para a eficiência da caldeira e até para a produção de vapor. Uma caldeira com pequena área de aquecimento pode produzir o vapor prometido (muitas vezes não o fazem); porém a durabilidade do equipamento será seriamente afetada, e a eficiência alcançada pode durar por apenas algumas semanas. A superfície de aquecimento padrão para uma caldeira fogotubular Steammaster é abaixo de 270cm<sup>2</sup> x Kg de vapor.

Porque este padrão? Na Steam Master cada detalhe do projeto é calculado com precisão e na área de aquecimento não é diferente. A transferência por radiação/convecção na fornalha, a convecção e radiação gasosa nos tubos, tudo é calculado; o que no caso da área de aquecimento pode resultar em redução da superfície. Porém nossos testes nos mostram e comprovam ano após ano que somente nosso padrão adotado - 270cm<sup>2</sup>/Kg de vapor garante a produção de vapor e eficiência contínua por toda a vida da caldeira.

## 3. Queimador / Compatibilidade da Caldeira

Uma caldeira compacta, inclui uma caldeira e um queimador desenvolvidos como uma única unidade, considerando a geometria da fornalha, a radiação e a transferência de calor por convecção, e devem ser testados em conjunto exaustivamente.

Somente com estes requisitos podemos assegurar a performance realmente boa.

O queimador comprado de terceiros irá funcionar na caldeira. Mas, terá capacidade, eficiência, turndown(Capacidade de modular a chama ajustando a queima do combustível a demanda do vapor), performance de excesso de ar e de Emissões também?

E, quem lhe dará a certeza da performance depois do start-up inicial?

Haverá um único fabricante responsável pela performance da unidade na primeira colocação?

Queimadores comprados separadamente podem resultar em um nível de performance menor, um start-up maior e exigências de manutenção. Isto pode custar seu dinheiro toda vez que tiver um problema e os técnicos da assistência local não puderem lhe dar o suporte da fábrica.

Quando se trata em escolher a caldeira, insista numa montagem simples e num projeto de queimador acessível para uma verdadeira eficiência e economia real.

## 4. Projeto do vaso

O projeto do vaso de pressão também tem importância na condução de uma caldeira, uma circulação da água adequada proporciona maior durabilidade e eficiência a caldeira, um bom acesso as partes internas tanto do gás quanto da água, pode facilitar as limpezas e manutenções e inspeções, o projeto e construção do vaso de pressão também é importante com vista a segurança.

## SUMÁRIO

A seleção de uma caldeira com projeto de baixo-custo de manutenção e alta eficiência, pode realmente retornar através de economias, seu investimento feito na hora da compra .

Caldeira de alta eficiência é o resultado de critérios específicos de projeto, incluindo:

- número de passes da caldeira
- compatibilidade caldeira / queimador
- superfície de aquecimento
- projeto do vaso de pressão
- cálculos de eficiência da caldeira que são precisos e representam de fato o combustível usado, necessita do uso da “prova” e verificação de dados que incluem:
  - .prova da temperatura da chaminé
  - .especificação precisa do combustível
  - .nível do excesso de ar em operação.
  - .temperatura da casa de caldeiras

Quando for avaliar sua caldeira adquirida, peça ao seu vendedor / fabricante para que através dos cálculos, mostre e prove a eficiência da caldeira. Também verifique o tipo da caldeira e o queimador que está sendo utilizado.

Você pagará pelo combustível na verdade usado, não o combustível estimado, baseado no cálculo de eficiência com dados irreais. Uma vez instalada a caldeira, você não pode voltar atrás e mudar o projeto de eficiência dela.

Tenha certeza que os dados que lhe oferecem serão reais e repetitivos por toda vida do equipamento. Você terá uma performance superior com os projetos Steammaster, os cálculos de eficiência e as caldeiras em funcionamento podem provar isto.

Nós da Steam Master não caímos na tentação de prometer valores que não podem ser comprovados, preferimos esclarecer e mostrar a verdade. Utilize o programa de cálculos por computador oferecido gratuitamente pela Steam Master para avaliar as caldeiras Steammaster; sua caldeira velha ou a de outro vendedor/fabricante, e padronize sua avaliação. Caso não possua computador, a Steam Master lhe disponibiliza gráficos fáceis de utilizar. Você pode ainda contactar qualquer representante Steam Master que terá toda a orientação necessária.

No final, o tempo gasto com avaliações sobre a eficiência do equipamento, terá valido a pena.

[www.steammaster.com.br](http://www.steammaster.com.br)

[www.caldeiras.com](http://www.caldeiras.com)

[www.queimadores.com](http://www.queimadores.com)