

## CÁLCULO BÁSICO PARA AVALIAR ENERGIA DE POTÊNCIA

A energia de calor total ( $Q_t$ ) exigido para uma aplicação particular é a soma do número de variáveis. A equação de energia total básica é:

$$Q_t = Q_m + Q_L + \text{Fator de segurança}$$

Onde:

$Q_t$  = A energia total requerida em kilowats.

$Q_m$  = O total de energia em kilowats absorvida pelo produto trabalhado incluindo o calor latente, adição de material, recipientes e equipamento.

$Q_L$  = O total de energia perdido em kilowats nas superfícies por condução, convecção, radiação, ventilação e evaporação.

Fator de Segurança = 10% a 30%.

### Equação Básica de Aquecimento

As equações seguintes esboçam os cálculos necessários para determinar as variáveis e as equações de aquecimento. As equações 1 e 2 são usadas para determinar a energia de calor absorvido pelo produto trabalhado e o equipamento envolvido para isto. O calor específico dos materiais (kcal/kg°C) são encontrados na seção tabelas de propriedades dos materiais: sólidos não metálicos, metais, metais em estado líquido, líquidos, ar e gases.

As equações 3 e 4 para determinar as perdas através de superfícies e partes adjacentes, existem gráficos e tabelas, na seção de tabelas de propriedades de condutividade térmica (k) dos materiais que poderão auxiliar.

### Equação 1: Energia necessária para aumentar a temperatura dos materiais (sem mudança de estado)

A energia de aquecimento é determinada pelo peso do material, o calor específico e a diferença de temperatura. Alguns materiais têm calor específico diferenciados dependendo da temperatura. Quando ocorrer uma mudança de estado físico duas equações são requeridas para estes materiais, uma para quando o produto estiver no estado sólido e outra para quando passar para o estado líquido depois que o sólido derreteu.

$$Q_A = \frac{K_g \times C_{\text{esp}} \times \Delta T}{860}$$

860

Onde:

$Q_A$  = Kwh necessário par elevação da temperatura

$K_g$  = Peso do material em kg

$C_{\text{esp}}$  = Calor específico dos materiais (kcal/kg°C)

$\Delta T$  = Diferença na temperatura (T2 final – T1 inicial)

### **Equação 2: Energia necessária para troca de estado físico dos materiais**

O calor absorvido pelos materiais é determinado pelo peso e seu calor latente de fusão ou vaporização.

$$Q_F \text{ ou } Q_V = \frac{K_g \times C_{\text{fus}} \text{ ou } C_{\text{vap}}}{860}$$

**Onde:**

$Q_F$  = Kw requerido para que o material mude de estado sólido para líquido

$Q_V$  = Kw necessário para que o material mude de estado líquido para o vapor

$K_g$  = Peso do material em quilos

$C_{\text{fus}}$  = Calor de fusão em Kcal/kg

$C_{\text{vap}}$  = Calor de vaporização em Kcal/kg

### **Equação 3: Energia perdida pelas superfícies**

A energia perdida nas superfícies através de irradiação, convecção e evaporação é determinada pela área da superfície o calor perdido em W/m<sup>2</sup>.

$$Q_{ps} = \frac{A \times T_{ps}}{1000w/kw}$$

**Onde:**

$Q_{ps}$  = Kwh perdida pelas superfícies por radiação, convecção e evaporação

$A$  = Área da superfície em m<sup>2</sup>

$T_{ps}$  = Taxa de perda pela superfície em watts por m<sup>2</sup> da temperatura final (w/m<sup>2</sup>/hr das tabelas abaixo)

### **Equação 4: Energia perdida por condução através de matérias ou isolamento**

A energia perdida por condução é determinada pela área de superfície, a condutividade térmica do material, a espessura da isolamento e a diferença de temperatura entre as faces.

$$Q_{pc} = \frac{A \times K \times \Delta T}{e \times 860}$$

### Onde:

$Q_{pc}$  = Kwh perdida por condução  
 $A$  = Área da superfície em metros quadrados  
 $K$  = Condutividade térmica do material ou da Isolação Kcal/m.h.°C  
 $\Delta T$  = Diferença de temperatura °C  
 $e$  = Espessura do material ou da isolação em metros

### RESUMO DAS NECESSIDADES DE ENERGIA

As equações 5A e 5B são usadas para resumir os resultados de todas as equações acima descritas. Estas duas equações determinam o total de energia requerido para as duas situações de processos (para elevação inicial da temperatura e durante a operação).

#### Equação 5A: Energia de calor necessária para elevação inicial da temperatura

$$Q_t = \frac{(Q_A + Q_F \text{ [ou } Q_V] + Q_{ps} + Q_{pc})}{T} (1 + F_s)$$

### Onde:

$Q_t$  = Total de energia em Kw  
 $Q_A$  = Kw necessário para elevação da temperatura  
 $Q_F$  = Kw necessário para mudança de estado sólido para líquido  
 $Q_V$  = Kw necessário para mudança de estado líquido para gás  
 $Q_{ps}$  = Kw/h perdido nas superfícies por radiação, convecção e evaporação  
 $Q_{pc}$  = Kw/h perdido por condução  
 $F_s$  = Fator de segurança  
 $T$  = Tempo do processo inicial em horas

#### Equação 5B: Energia de calor necessária para manutenção da temperatura de processo<sup>3</sup>

$$Q_t = (Q_A + Q_F \text{ [ou } Q_V] + Q_{ps} + Q_{pc}) (1 + F_s)$$

### Onde:

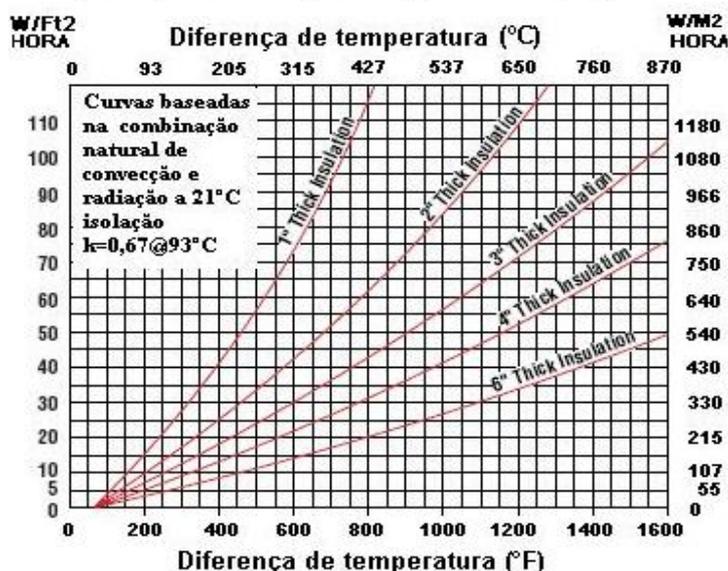
$Q_t$  = Total de energia em Kw/h  
 $Q_A$  = Kw/h necessário para elevação da temperatura  
 $Q_F$  = Kw/h necessário para mudança de estado sólido para líquido  
 $Q_V$  = Kw/h necessário para mudança de estado líquido para gás  
 $Q_{ps}$  = Kw/h perdido nas superfícies por radiação, convecção e evaporação  
 $Q_{pc}$  = Kw/h perdido por condução  
 $F_s$  = Fator de segurança

**Observação:** Quando for dimensionar o equipamento a ser instalado, escolha o maior dos resultados nas equações acima.

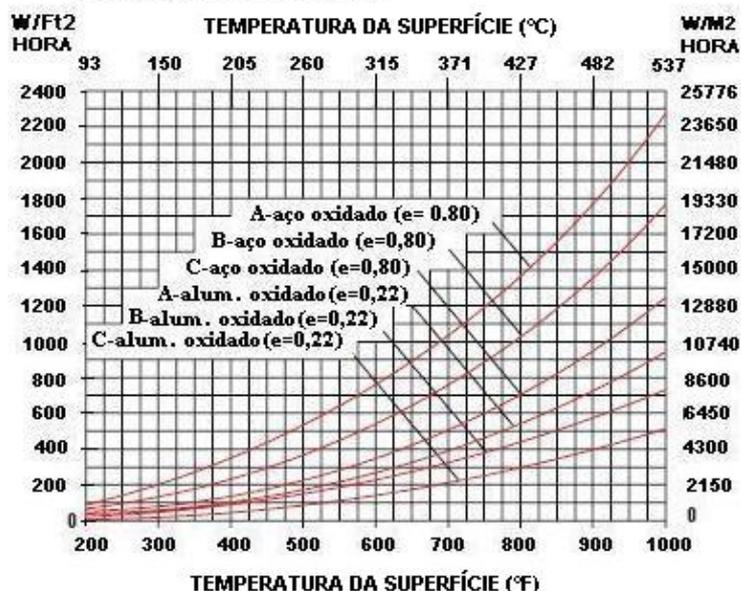
- 1 - **Fator de perda** - abaixo mostrará gráficos sobre perdas por irradiação, convecção e evaporação
- 2 - **Tempo - (t)** - poderá ser dividido pelo tempo de aquecimento inicial em horas, minutos ou dias.
- 3 - **Exigências operacionais** - normalmente são padronizados em horas (t=1) caso não estejam deverão ser recalculados para uma base de hora em hora.

## Fatores de perdas de calor e gráficos

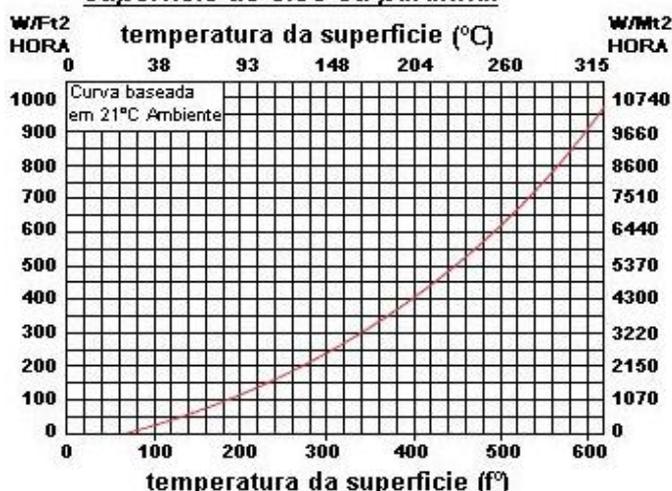
**GRÁFICO G-126S- Perdas de calor pelas superfícies isoladas em tanque, paredes de forno, tubos etc. convecção e radiação**



**GRÁFICO G-125- Perdas combinadas de calor pelas superfícies metálicas não isoladas por convecção e radiação.**



**GRÁFICO G-127S- perda de calor na superfície de óleo ou parafina.**



**Curva A** – Apresenta perda de calor através das superfícies verticais dos tanques, tubos etc. Também perdas de calor da superfície da parte superior de um vaso em contato com o chão na horizontal.

**Curva B** – Apresenta perdas médias de calor através da superfície superior ou inferior de um vaso em contato com o chão na horizontal.

**Curva C** – Apresenta perdas de calor através de base de um vaso em contato com o chão.

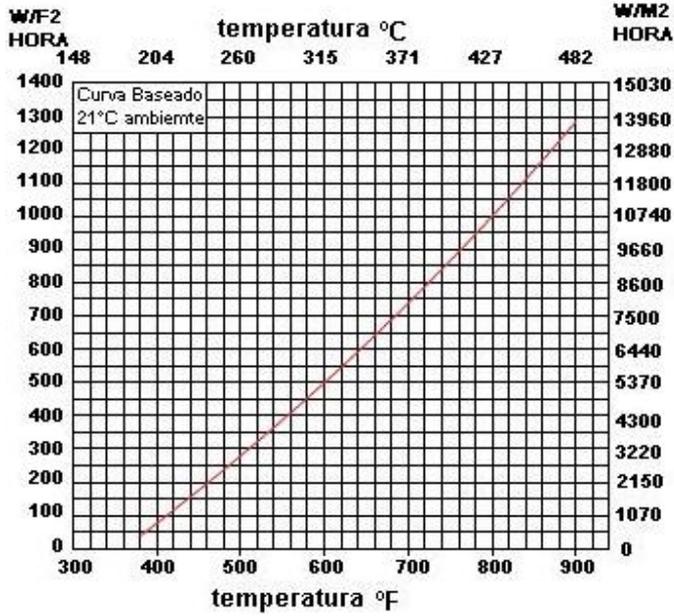
Todas as curvas pressupõe ar parado (aprox. 0,3m/s a 21°C).

Obs: No gráfico acima temos dificuldade de ler a temperatura inferior a 121°C (250°F), então estimamos a temperatura através da fórmula:

$$11,64W/m^2(\Delta T^{\circ}C)$$

Onde  $\Delta T$  é a diferença entre superfície aquecida e o ambiente

**GRAFICO G-128S - Perda de calor pelas superfícies de metal derretido (chumbo, antimônio, estanho, solda etc.)**



**GRAFICO G-114S - Perdas de calor pela superfície da Água**

