



## Ar Comprimido

### Potência requerida para ar comprimido

Pressão manométrica bar	Estágio simples	Estágio duplo	Estágio triplo
0.5	4.0	-	-
1.0	7.5	-	-
2.5	15	14	-
5.0	23	20	19
7.0	28	24	22
10.0	34	28	27
14.0	40	32	30

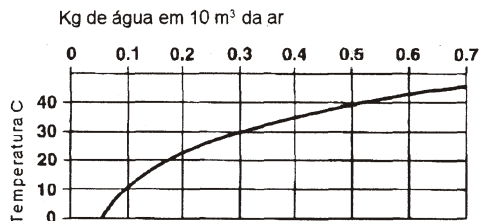
### Descarga de ar através de um orifício

Pressão manométrica bar	Descarga de ar livre em dm³/s para orifícios de vários diâmetros						
	0.05mm	1mm	2mm	3mm	5mm	10mm	12.5mm
0.5	0.06	0.22	0.92	2.1	5.7	22.8	35.5
1.0	0.08	0.33	1.33	3.0	8.4	33.6	52.5
2.5	0.14	0.58	2.33	5.5	14.6	58.6	91.4
5.0	0.25	0.97	3.92	8.8	24.4	97.5	152.0
7.0	0.33	1.31	5.19	11.6	32.5	129.0	202.0

Nota: 1 bar = 100kPa

### Condensação em sistemas de ar comprimido

O ar atmosférico sempre contém uma quantidade de vapor d'água. A quantidade de vapor d'água contida no ar, depende da umidade relativa. A quantidade de umidade em um dado volume é dependente da sua temperatura - veja gráfico abaixo:



A umidade também cai quando a pressão sobe. Quando o vapor d'água existente no ar livre entra no compressor duas coisas podem acontecer. A capacidade de reter água decrescerá a medida que o ar é comprimido em um volume menor, mas aumentará por causa da alta temperatura resultante da compressão. Sob estas condições o ar deixará o compressor exatamente com a mesma quantidade de água do início da compressão. Em seguida o ar deve ser submetido a um trocador de calor para remover o excesso de umidade por condensação.

**Intercooling:** Um intercooler é instalado entre os estágios de compressores multi-estágio primeiramente para reduzir seu volume e salvar energia em compressões adicionais, mais isso também serve para um melhor aproveitamento do condensado o qual, se passar para o próximo estágio de compressão pode condensar nas paredes do cilindro resultando em danos ao compressor.

**Aftercooling:** Um aftercooler deve ser montado imediatamente após o compressor para remover o máximo possível de água antes do ar entrar no balão.

Quando irá condensar? Isso é melhor ilustrado por um exemplo - entrada de ar a 20°C e 70% de umidade relativa. O compressor fornece 1 m³/s de ar comprimido a 7 bar g e 25°C. O compressor contém em 1 m³/s; como mostrado no gráfico acima, a seguinte quantidade de água:

$$\frac{0.18 \times 70}{10 \times 100} = 0.0126 \text{ kg/s}$$

Taxa de compressão à 7 bar g é de 7.91 (Consulte tabela abaixo). Considerando que seu volume é proporcional a temperatura absoluta e com taxa de compressão de 1,1 m³ ocupará:

$$\frac{1 \times (273 + 25)}{7.91 (273 + 20)} = 0.128 \text{ m}^3$$

Do gráfico de umidade relativa 10 m³ de ar a 25°C podem conter 0.24kg de água. Sendo assim 0.128 m³ de ar podem conter.

$$0.128 \times \frac{0.24}{10} = 0.00307 \text{ kg/s}$$

A quantidade de água condensada será:

$$0.0126 - 0.00307 = 0.00953 \text{ kg/s (= 34.3 kg/h)}$$

### Taxa de compressão

Pressão bar g	0.5	1	2	3	4	5	6	7	8	10	12	14	18
Taxa de compressão	1.5	1.99	2.97	3.96	4.95	5.94	6.92	7.91	8.9	10.87	12.85	14.82	18.77

### Dimensionamento do balão

O Tamanho do balão é usualmente de 1 minuto de vazão do compressor, mas quando o consumo é alto e razoavelmente constante o ar no acumulador terá menos tempo de resfriamento. Quando isso acontece, o melhor tamanho de acumulador deve ser calculado, conforme fórmula descrita abaixo:

$$\text{Capacidade do balão em m}^3 = \frac{\text{m}^3 \text{ de ar livre necessários}}{\text{Perda de carga permissível}}$$

Exemplo: Um serviço de ar comprimido (máquina) requer m³ - pressão avaliada em 7 barg. pressão mínima de trabalho é 5,5 barg. O tamanho do acumulador deve ser:  $3/1,5 = 2 \text{ m}^3$



## Ar Comprimido

### Dimensionamento do balão

O Tamanho do balão é usualmente de 1 minuto de vazão do compressor, mas quando o consumo é alto e razoavelmente constante o ar no acumulador terá menos tempo de resfriamento. Quando isso acontece, o melhor tamanho de acumulador deve ser calculado, conforme fórmula descrita abaixo:

Capacidade do balão em  $m^3 = \frac{m^3 \text{ de ar livre necessários}}{\text{Perda de carga permissível}}$

Exemplo: Um serviço de ar comprimido (máquina) requer  $m^3$  -pressão avaliada em 7 barg. pressão mínima de trabalho é 5,5 barg. O tamanho do acumulador deve ser:  $3/1,5 = 2 m^3$

**Denagem:** Deve haver uma queda geral (inclinação) na direção do fluxo de 1% (por exemplo 1m em 100m). A distância entre os pontos de drenagem não pode passar de 30m. Pontos de drenagem devem ser instalados com botas coletoras.

**Separadores:** São recomendados e devem ser instalados na saída de ar do acumulador. Os separadores são dimensionados, usualmente, com o mesmo diâmetro da tubulação.

### Dimensionamento:

**Método de velocidade** - As linhas principais são normalmente dimensionadas para uma velocidade de 6-9 m/s, a qual é suficientemente baixa para prevenir uma perda de carga excessiva. O dimensionamento pela velocidade apresenta uma forma fácil de determinação do tamanho da tubulação, mas deve ser lembrado que a capacidade do compressor e o consumo de um equipamento é expresso, normalmente, em  $dm^3/s$  de ar livre e que quando comprimido o volume diminuirá.

Exemplo: determine o tamanho da linha principal para carregar 100  $dm^3/s$  de ar livre, trabalhando sobre pressão de 7 barg. Da tabela de compressão obtemos o valor de 7,91 para uma pressão de 7 barg. Entretanto, o volume de ar comprimido é  $100/7,91 = 12,64 dm^3/s$ . É possível agora utilizar a tabela de Volume de Ar Comprimido para selecionar o tamanho da tubo em relação a velocidades variadas.

Método de perda de carga - Para longas linhas, a perda de carga através da linha principal, dimensionada pelo método da velocidade pode ser maior que o desejável e é sempre uma boa idéia para testar qual será a atual perda de pressão. É claro que só é possível obter uma estimativa quando isto depende do tipo e condições da tubulação e da resistência de várias montagens.

A tabela abaixo mostra o comprimento equivalente em metros para acessórios de linha:

### Perda de carga em comprimento equivalente de tubulação (m)

Acessórios	15	20	25	32	40	50	65	100	125
Cotovelo	0,26	0,37	0,49	0,67	0,76	1,07	1,37	2,44	3,20
Longa curva	0,15	0,18	0,21	0,38	0,46	0,61	0,76	1,20	1,52
Curva de retorno	0,46	0,61	0,76	1,07	1,20	1,68	1,98	3,66	4,88
Válvula globo	0,76	1,07	1,37	1,98	2,44	3,36	3,96	7,32	9,45
Válvula gaveta	0,11	0,14	0,18	0,27	0,32	0,40	0,49	0,91	1,20
T simples	0,12	0,18	0,24	0,38	0,40	0,52	0,67	1,20	1,52
T duplo	0,52	0,70	0,91	1,37	1,58	2,14	2,74	4,88	6,40

Adicionando o comprimento equivalente ao comprimento atual do tubo, a perda de pressão pode ser facilmente calculada.

### Volume de Ar Comprimido ( $dm^3/s$ ) em tubos de Aço Inox BS1387 dadas velocidades

		Diâmetro nominal do tubo															
m/s	15	20	25	32	40	50	65	80	100	125	150	200					
3,0	0,6	1,1	1,7	3,0	4,1	6,5	10,9	15,1	25,7	39,2	56,2	98,5					
3,5	0,7	1,3	2,0	3,5	4,7	7,6	12,7	17,6	30,0	45,7	65,5	115,0					
4,0	0,8	1,4	2,3	4,0	5,4	8,7	14,6	20,1	34,2	52,2	74,9	131,0					
4,5	0,9	1,6	2,6	4,5	6,1	9,8	16,4	22,6	38,5	58,8	84,2	147,0					
5,0	1,0	1,8	2,8	5,0	6,8	10,8	18,2	25,1	42,8	65,4	93,6	164,0					
5,5	1,1	2,0	3,1	5,5	7,4	11,9	20,0	27,6	47,1	71,9	103,0	181,0					
6,0	1,2	2,1	3,4	6,0	8,1	13,0	21,8	30,1	51,3	78,5	112,0	197,0					
6,5	1,3	2,3	3,7	6,5	8,8	14,1	23,7	32,6	55,6	85,0	122,0	213,0					
7,0	1,4	2,5	4,0	7,0	9,5	15,1	25,5	35,1	59,9	91,5	131,0	230,0					
7,5	1,5	2,7	4,3	7,5	10,1	16,2	27,3	37,6	54,2	98,0	140,0	246,0					
8,0	1,6	2,8	4,5	8,0	10,8	17,3	29,1	40,1	68,5	105,0	150,0	263,0					
8,5	1,7	3,0	4,8	8,5	11,5	18,4	31,0	42,6	72,8	111,0	159,0	278,0					
9,0	1,8	3,2	5,1	9,0	12,2	19,5	32,8	45,1	77,1	118,0	169,0	296,0					

O gráfico mostrado na próxima página (diâmetro da tubulação 15 - 100 mm) e na seguinte (diâmetro da tubulação 2,5 - 15 mm) permite uma fácil determinação da perda de carga através de todo o anel de tubulação usado nas indústrias. Ele é baseado na seguinte fórmula a qual pode também ser utilizada para calcular tubos que não apareçam no gráfico:

$$\text{Perda de carga (bar)} = \frac{800 L Q^2}{R d^{5,3}}$$

Onde :

L = Comprimento do tubo em m  
Q = Taxa de vazão de ar livre  $dm^3/s$   
R = Taxa de compressão no início do tubo  
d = diâmetro interno do tubo em mm

**Ramificações (dimensionamento):** É comum que na linha de trabalho a passagem de ar comprimido ocorra em alta velocidade. A razão para isso é geralmente curta e, portanto, a alta velocidade não causa grande perda de carga. Para pressões de ar de 5,5 - 7,0 barg, velocidades entre 18-24 m/s são comuns. Para pressões baixas entretanto um cuidado maior deve ser tomado. O gráficos de capacidade de vazão dá detalhes em relação entre o diâmetro da tubulação, pressão de ar, taxa de vazão e velocidade. É importante notar que quando usar gráfico o diâmetro utilizado é o real e não o nominal.

08



## Calculando a Descarga de água para Controle de STD

São necessárias as seguintes informações:

1. A quantidade adequada de STD em partes por milhão (ppm) ou  $\mu$  s/cm na caldeira (B).
2. a quantidade de STD em partes por milhão (ppm) ou  $\mu$  s/cm na água de alimentação (F). Um valor médio pode ser obtido verificando-se os dados do tratamento da água ou uma amostra da água de alimentação deve ser analisada utilizando-se um condutímetro.

Condutividade ( $\mu$  s/cm)  $\times$  0.7 = STD em partes por milhão (ppm).

3. A quantidade de vapor gerado pela caldeira, usualmente medido em kg/h (S). Para selecionar um sistema de descarga, a figura mais importante é normalmente a quantidade de vapor gerado pela caldeira na sua capacidade máxima.

Quando as informações definidas em 1, 2 e 3 estiverem disponíveis, a taxa de descarga necessária pode ser calculada como segue:

$$\text{Taxa de descarga} = \frac{F \times S}{(B - F)}$$

Onde:

F= STD da água de alimentação em partes por milhão (ppm) ou  $\mu$  s/cm.

B= STD adequado para a água da caldeira em partes por milhão (ppm) ou  $\mu$  s/cm.

S= Geração de Vapor em kg/h.

### Seleção

Tendo estabelecido a taxa de descarga necessárias, verifique a tabela abaixo para assegurar que a válvula tem capacidade da vazão suficiente para a sua pressão de operação.

### Capacidade de Descarga da Válvula (kg/h)

Pressão da caldeira (barg)	Baixas Vazões 10 mm de curso	Médias Vazões 15 mm de curso	Altas Vazões 20 mm de curso
5.5	400	550	860
7	460	710	1150
10	570	950	1500
15	700	1150	1650



## Tratamento de Água

### Valores de pH

O pH mede o grau de acidez ou alcalinidade da água relacionando a concentração de íons de hidrogênio. Para a água pura à 21°C, a concentração de íons de hidrogênio e íons de hidroxilas é a mesma e cada uma pode ser expressa como  $10^{-7}$  g/l. É conveniente usar o logaritmo na base 10 deste valor e trocar o sinal: deste modo a água pura contendo íons de hidrogênio à 21°C é considerada neutra, ou seja, o valor de seu pH será 7. Água com falta de íons de hidrogênio é considerada alcalina ( $\text{pH} > 7$ ) e água com excesso de íons de hidrogênio é considerada ácida ( $\text{pH} < 7$ ). A escala de Ph se estende entre 0 à 14. Veja o diagrama de Ph para vários líquidos na página 000.

### Dureza

As análises de “sódios totais” tomam como referência o represamento de uma solução de água filtrada para mostrar os vários sais minerais. somente sais contendo propriedades de incrustação, isto é, cálcio e magnésio, são considerados com avaliação quantitativa de dureza.

A dureza tem sido tradicionalmente expressa em termos como “componentes temporários” e “componentes permanentes”, a substituição para “carbonato” e “monocarbonato” tem uma avaliação mais precisa das características da dureza da água. Numericamente, a dureza do carbonato é usualmente identificada com a alcalinidade da água. A unidade tradicional de dureza, o “Grau de Dureza” (grãos de cálcio por galão imperial), tem sido substituído por “partes por 100.000” ou por “partes por milhão”. a última escala tem como vantagem ser sinônima com a equivalente métrica mg/l.

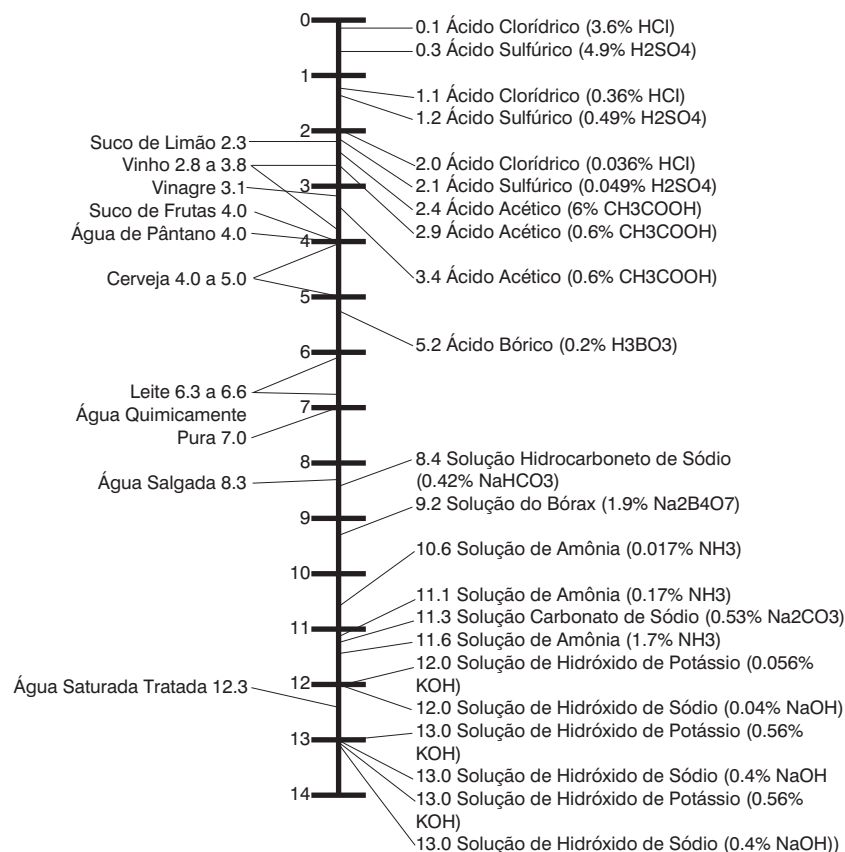
### Fatores de Conversão para Escalas de Dureza

Unidades	Partes por Milhão (mg/l)	Partes por 100.000	Grãos por Galão Imperial	Grãos por Galão Americano
Uma parte por Milhão de $\text{CaCO}_3$	1.0	0.1	0.07	0.058
Uma parte por 100.000 de $\text{CaCO}_3$	10.0	1.00	0.70	0.58
Um grão por Galão Imperial de $\text{CaCO}_3$ (=1 grau de Dureza)	14.3	1.43	1.00	0.83
Um Grão por Galão Americano de $\text{CaCO}_3$	17.1	1.71	1.20	1.00

### Diagrama de pH

pH: escala de acidez e alcalinidade: pH 7= neutro  
pH > 7= ácido  
pH < 7= alcalino

Segue abaixo, diagrama ilustrativo com os valores de pH para vários líquidos.





# Tabelas de Tipos de Flanges

Ø/DN	D		E		F		H		J		K		R		S						
	D	k	No db	D	k	No db	D	k	No db	D	k	No db	D	k	No db	D	k	No db			
12-15	3/4	25/8	4 1/2	USE D	334	7	4 1/2	4 1/2	3 1/4	4 5/8	USE H	115	83	4 1/2	3 1/4	4 5/8	USE K	5	3 1/2	4 3/4	
	95	67	95			178	115	83	4 1/2	3 1/4			4 5/8	115	83	4 1/2		3 1/4	4 5/8	127	89
	102	73	102			210	115	83	4 1/2	3 1/4			4 5/8	115	83	4 1/2		3 1/4	4 5/8	127	89
16-20	1	27/8	4 1/2	USE D	434	37/16	4 5/8	4 3/4	37/16	4 5/8	USE H	121	88	4 3/4	37/16	4 5/8	USE K	5 1/2	4	4 3/4	
	115	83	121			88	4 3/4	37/16	4 5/8	121			88	4 3/4	37/16	4 5/8		140	102		
	133	99	133			99	5 1/4	37/8	4 5/8	5 1/4			37/8	4 5/8	5 1/4	37/8		4 5/8	146	108	
24-30	1 1/2	3 1/4	4 1/2	USE D	514	37/16	4 5/8	5 1/2	4 1/8	4 5/8	USE H	140	104	5 1/2	4 1/8	4 3/4	USE K	6 1/4	5 1/4	8 3/4	
	133	99	140			104	5 1/2	4 1/8	4 5/8	140			104	5 1/2	4 1/8	4 3/4		160	122		
	153	115	153			115	6 1/2	5	4 5/8	6 1/2			5	4 5/8	6 1/2	5		4 5/8	173	133	
36-48	2	4 1/2	4 5/8	USE D	714	5 3/4	8 5/8	7 1/4	5 3/4	8 5/8	USE H	165	127	7 1/4	5 3/4	8 3/4	USE K	7 1/4	5 3/4	8 3/4	
	165	127	165			127	7 1/4	5 3/4	8 5/8	7 1/4			5 3/4	8 3/4	7 1/4	5 3/4		8 3/4	185	147	
	185	147	185			147	8 1/2	6 1/2	8 5/8	8 1/2			6 1/2	8 3/4	8 1/2	6 1/2		8 3/4	203	165	
60-90	3	5 1/4	5 1/8	USE D	912	8 5/8	9 7/12	9 7/12	8 3/4	9 7/12	8 3/4	USE H	229	192	9 7/12	8 3/4	USE K	9 3/4	8	8 1	
	216	178	216			178	9 7/12	8 3/4	9 7/12	8 3/4	9 7/12			8 3/4	9 7/12	8 3/4		248	203		
	254	210	254			210	10 1/4	9 1/4	8 3/4	10 1/4	9 1/4			8 3/4	10 1/4	9 1/4		8 3/4	287	235	
90-150	4	6 1/4	5 1/8	USE D	1114	9 1/4	8 3/4	11 1/4	9 1/4	8 3/4	USE H	280	235	11 1/4	9 1/4	8 3/4	USE K	11 1/4	9 1/4	12 7/8	
	280	235	280			235	11 1/4	9 1/4	8 3/4	11 1/4			9 1/4	8 3/4	11 1/4	9 1/4		8 3/4	324	273	
	336	294	336			294	12 1/4	10 1/4	12 7/8	12 1/4			10 1/4	12 7/8	12 1/4	10 1/4		12 7/8	370	319	
180-240	5	7 1/4	5 1/8	USE D	1314	11 1/2	8 5/8	13 1/4	11 1/2	8 5/8	USE H	305	261	13 1/4	11 1/2	8 5/8	USE K	13 1/4	11 1/2	8 5/8	
	336	294	336			294	13 1/4	11 1/2	8 5/8	13 1/4			11 1/2	8 5/8	13 1/4	11 1/2		8 5/8	412	366	
	396	324	396			324	14 1/2	12 3/4	12 7/8	14 1/2			12 3/4	12 7/8	14 1/2	12 3/4		12 7/8	470	395	

BS 450 & DIN		6		10		16		25		40		64		100	
Ø/DN	D	k	No db	D	k	No db	D	k	No db	D	k	No db	D	k	No db
12-15	80	55	4 M10	USE 16	95 65 4 M12	80	55	4 M10	USE 40	95 65 4 M12	105 75 4 M12	115 85 4 M12	140 100 4 M16	150 110 4 M16	165 125 4 M16
16-20	90	65	4 M10			90	65	4 M10							
24-30	100	75	4 M10			100	75	4 M10							
36-48	120	90	4 M12			120	90	4 M12							
60-90	150	110	4 M16	USE 16	150 110 4 M16	150	110	4 M16	USE 40	165 125 4 M16	185 145 4 M16	200 160 4 M16	220 180 4 M16	250 210 4 M16	285 240 4 M20
100-125	180	130	4 M16			180	130	4 M16							
150-200	210	170	4 M16			210	170	4 M16							
250-300	280	235	4 M16			280	235	4 M16							
360-480	340	295	4 M20	USE 16	340 295 12 M20	340	295	4 M20	USE 40	370 324 12 M24	415 345 12 M28	470 395 12 M32	530 440 12 M36	600 500 12 M40	680 560 12 M44
600-900	420	350	4 M24			420	350	4 M24							
1200-1500	500	420	4 M28			500	420	4 M28							
1800-2400	600	500	4 M32			600	500	4 M32							

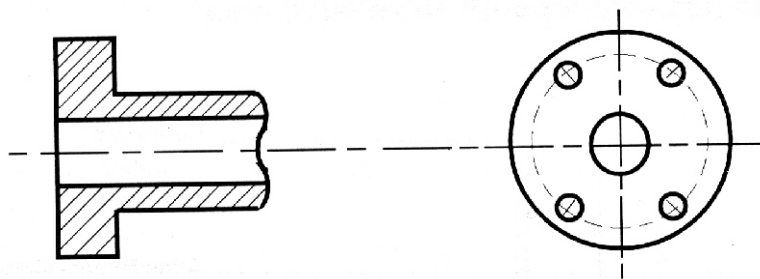
ANSI	125 / 150				250 / 300				400				600				900				1500			
	Ø	D	k	No db	D	k	No db	D	k	No db	D	k	No db	D	k	No db	D	k	No db	D	k	No db		
	1/2"	3/4	2 3/8	4 1/2	3/4	2 5/8	4 1/2	10	7 7/8	4 5/8	10	7 7/8	4 5/8	12 1/4	9 1/4	8 11/8	12 1/4	9 1/4	8 11/8	15 1/2	12 1/2	13 1/8		
		89	60	95	67	95	67	254	200	254	200	254	200	350	267	350	267	350	267	374	263	374		
	3/4"	39	70	118	83	118	83	118	83	118	83	118	83	134	111	134	111	134	111	158	132	158		
	1"	108	79	125	89	125	89	158	125	158	125	158	125	188	142	188	142	188	142	225	172	225		
	1 1/4"	118	89	133	99	133	99	166	127	166	127	166	127	200	159	200	159	200	159	242	190	242		
	1 1/2"	127	99	156	115	156	115	188	142	188	142	188	142	225	172	225	172	225	172	263	200	263		
	2"	153	122	166	127	166	127	200	159	200	159	200	159	242	190	242	190	242	190	283	220	283		
	2 1/2"	176	140	192	149	192	149	225	172	225	172	225	172	263	200	263	200	263	200	303	240	303		
	3"	192	153	210	159	210	159	242	190	242	190	242	190	283	220	283	220	283	220	325	262	325		
	4"	229	192	264	200	264	200	283	220	283	220	283	220	325	262	325	262	325	262	355	292	355		
	5"	254	216	280	235	280	235	303	240	303	240	303	240	355	292	355	292	355	292	395	319	395		
	6"	280	242	319	270	319	270	355	294	355	294	355	294	400	315	400	315	400	315	438	355	438		
	8"	312	263	355	319	355	319	400	315	400	315	400	315	438	355	438	355	438	355	478	395	478		



## Tipos de Flanges

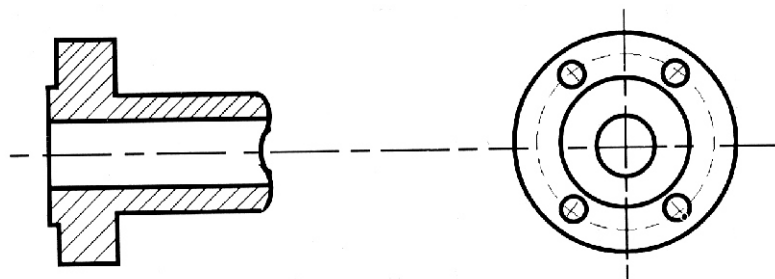
### Face Lisa

O excesso do conjunto da área da união da face é fabricado corretamente cruzado, normalmente para um polimento final.



### Face com Ressalto

O ressalto da união da face é dimensionado especificamente no centro da flange. A união da face pode ser polida ou ter um acabamento dentado, concordando com o aspecto abaixo para especificação.



### Tolerância para flanges

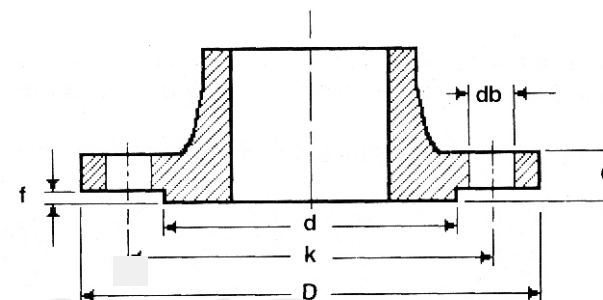
Como padrão as Companhias manufaturam as flanges seguindo as tolerâncias abaixo:

Diâmetro externo ( D )	+2mm/-0.0mm
Espessura	+2mm/-0.0mm
Diâmetro doo ressalto da face	+0.5mm
Altura do ressaltno da face	+0.2mm
Diâmetro circular da lingueta	+0.5mm
Diâmetro da qualidade da lingueta	+0.5mm/-0.0mm

### Flanges

Odesenho abaixo indica o significado dos dados relacionados na Tabela de tipos de flanges ( página de trás).

Onde: D - Diâmetro externo  
k - Diâmetro da furação  
db - Diâmetro dos furos  
d - Diâmetro do ressalto  
f - Espessura do ressalto  
C - Espessura da Flange





## Propriedade de Vários Líquidos Comuns

Propriedades de Vários Líquidos Comuns

Líquido	Fórmula Química ou Símbolo	Peso Molecular (M)	Densidade (*) (P) (lb / pé <sup>3</sup> )	Peso Específico Relativo (G)	Constantes Críticas				Temperatura de Ebulição (à pressão atmosférica)	
					Temperatura Crítica, Tc		Pressão Crítica, Pc		Fº	Cº
					ºF	ºC	psi	bar		
Acetaldeído	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O	54	48,774	0,782	370	188	-	-	69	17
Acetona	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O	58	49,773	0,79	455	236	691	48	133	56
Ácido Acético	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub>	60	65,489	1,05	612	322	841	58	245	118
Ácido Clorídrico, 30%	HCL	36	76,090	1,22	124	51	1198	82	-121	-85
Ácido Nítrico, 60%	HNO <sub>3</sub>	63	85,448	1,37	-	-	-	-	187	86
Ácido Sulfúrico, 100%	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	98	114,138	1,83	-	-	-	-	640	338
Água	H <sub>2</sub> O	18	62,371	1,00	705	374	3206	221	212	100
Álcool Etilico	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> O	46	49,210	0,789	469	243	927	64	172	78
Álcool Metílico	CH <sub>4</sub> O	32	49,460	0,793	464	240	1156	80	149	65
Aminobenzol	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> N	93	63,743	1,022	799	426	769	53	363	184
Amônia, Saturada	NH <sub>3</sub>	17	38,670	0,62	270	168	1636	113	-29	-34
Benzeno (Benzol)	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	78	54,824	0,879	552	289	701	48	176	80
Cloro	CL <sub>2</sub>	71	88,566	1,42	291	144	1118	77	-30	-34
Cloreto de Cálcio, 25%	CaCl	-	76,716	1,23	-	-	-	-	-	-
Cloreto de Sódio, 25%	NaCl	-	74,221	1,19	-	-	-	-	-	-
Éter Etilico	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> O	74	44,470	0,713	381	194	522	36	93	34
Furfural	C <sub>5</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub>	96	72,350	1,16	-	-	-	-	324	162
Gasolina	-	-	46,778	0,75	-	-	-	-	-	-
Glicerina , 100%	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> O <sub>3</sub>	92	78,587	1,26	-	-	-	-	554	290
Glicol	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> O <sub>2</sub>	62	70,167	1,125	-	-	-	-	387	197
Mercúrio	Hg	200	844,877	13,546	2660	1460	15300	1055	674	357
Nitrobenzol	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> O <sub>2</sub> N	123	76,092	1,22	-	-	-	-	412	211
n-Octano	C <sub>8</sub> H <sub>18</sub>	114	43,659	0,700	565	296	362	25	259	126
Óleo Lubrificante	-	-	57,069	0,915	-	-	-	-	-	-
Petróleo	-	-	49,896	0,80	-	-	-	-	-	-
Querosene	-	-	48,649 - 51,144	0,78 - 0,82	-	-	-	-	-	-
Sulfeto de Carbono	CS <sub>2</sub>	76	78,774	1,263	530	277	1102	76	115	46
Terpentina	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub>	130	53,327	0,855	709	376	-	-	320	160
Toluol	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub>	92	54,387	0,872	610	321	611	42	232	111
Tricloroetileno	C <sub>2</sub> HCl <sub>2</sub>	96	91,560	1,468	-	-	-	-	189	87
m-Xileno	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub>	106	53,888	0,864	655	346	509	35	282	139

(\*) Densidade à 20°C (68°F) e pressão atmosférica



## Propriedade de Vários Gases Comuns

### Propriedades de Vários Líquidos Comuns

Gás	Fórmula Química ou Símbolo	Peso Molecular (M)	Densidade (*) (P) (lb / pé³)	Peso Específico Relativo (G)	Constantes Críticas				Calor Específico à Temperatura Ambiente		Razão dos Calores Específicos (C <sub>p</sub> /C <sub>v</sub> ) (K)
					Temperatura Crítica, Tc		Pressão Crítica, Pc		C <sub>p</sub>	C <sub>v</sub>	
					°F	°C	psi	bar			
Acetileno	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	26	0,06754	0,8971	97	36	911	63	0,3500	0,2734	1,28
Amônia	NH <sub>3</sub>	17	0,04420	0,5871	270	168	1636	113	0,5230	0,4064	1,29
Ar	-	29	0,07528	1,0000	-222	-141	547	38	0,2410	0,1725	1,40
n-Butano	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	58	0,15725	2,0888	305	152	551	38	0,3908	0,3565	1,096
Cloreto de Metila	CH <sub>3</sub> Cl	50	0,1309	1,7388	289	143	1000	69	0,240	0,2006	1,20
Cloro	Cl <sub>2</sub>	71	0,1857	2,4667	291	144	1145	79	-	-	-
Dióxido de Carbono	CO <sub>2</sub>	44	0,1142	1,5170	87	31	1071	74	0,205	0,1599	1,28
Dióxido de Enxofre	SO <sub>2</sub>	64	0,1663	2,2090	315	157	1143	79	0,154	0,1230	1,25
Etano	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	30	0,07868	1,045	90	32	710	49	0,4097	0,3437	1,192
Etileno	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	28	0,0728	0,9670	50	10	742	51	0,40	0,3292	1,215
Hélio	He	4	0,01039	0,13801	-450	-268	33	2	1,25	0,754	1,66
Hidrogênio	H <sub>2</sub>	2	0,005224	0,06952	-400	-240	188	13	3,42	2,435	1,40
Metano	CH <sub>4</sub>	16	0,04163	0,5530	-116	-82	673	46	0,5271	0,403	1,307
Monóxido de Carbono	CO	28	0,07269	0,9655	-220	-140	507	35	0,243	0,1721	1,41
Neônio	Ne	20	0,05621	0,7466	-380	-229	395	27	-	-	-
Nitrogênio	N <sub>2</sub>	28	0,07274	0,96625	-233	-147	492	34	0,247	0,1761	1,40
Óxido Nítrico	NO	30	0,07788	1,0345	-137	-94	957	66	0,231	0,1648	1,40
Óxido Nitroso	N <sub>2</sub> O	44	0,1143	1,5183	97	36	1054	72	0,221	0,1759	1,26
Oxigênio	O <sub>2</sub>	32	0,08305	1,1032	-181	-119	736	51	0,217	0,1549	1,40
Propano	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	44	0,1164	1,5462	206	97	617	42	0,3885	0,3435	1,131

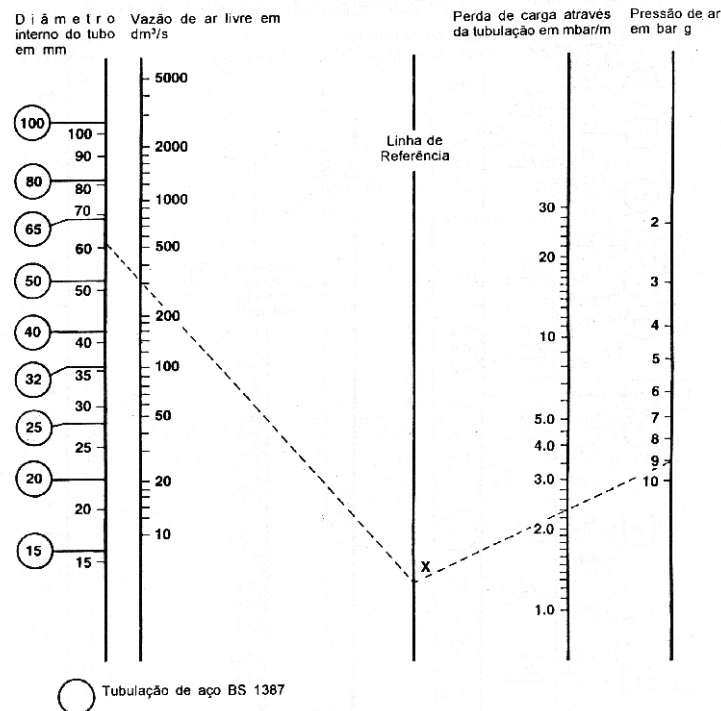
(\*) Densidade à 20°C (68°F) e pressão atmosférica





## Perda de Carga em Tubulação de Aço

### Perda de carga em tubulação de Aço (15-100mm)

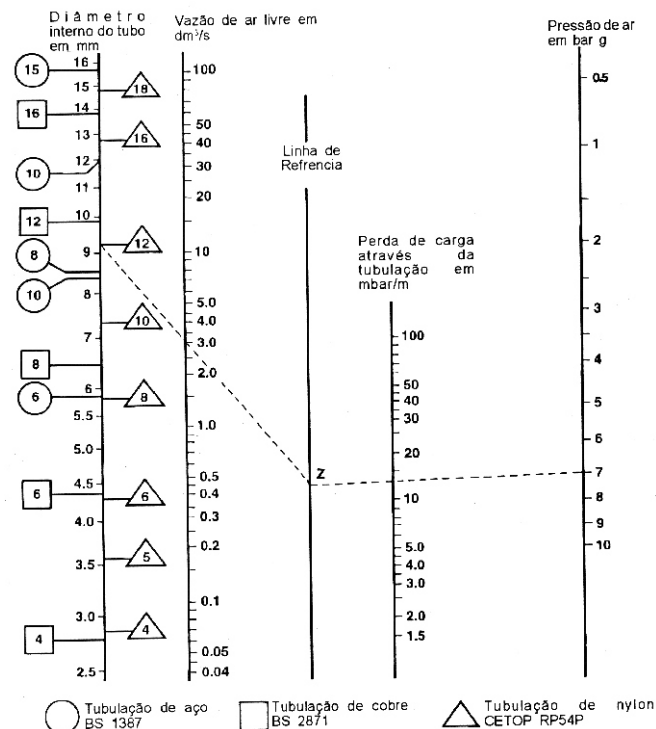


08

Exemplo: determine o tamanho do tubo necessário para a passagem de  $300 \text{ dm}^3/\text{s}$  de ar livre com uma perda de carga não superior a 300 mbar em tubulação de 125m de comprimento. A pressão de ar é de 9 bar g.

Uma perda de carga de 300 mbar em uma tubulação de 125m de comprimento é equivalente a  $300/125$  ou  $2.4 \text{ mbar/m}$ . Ligue o ponto referente a 9 bar g da linha nomeada pressão de ar a  $2.4 \text{ mbar/m}$  na linha de queda de pressão e projete até cortar a linha de referência. Ligue este ponto até  $300 \text{ dm}^3/\text{s}$  até a linha referente a vazão de ar livre e projete até a linha de diâmetro interno em 61mm. Sendo assim, escolha um tubo que tenha no mínimo um diâmetro de 61mm - Fica claro que um tubo Dn65 já nos dá uma pequena margem de segurança.

### Perda de carga em canos e tubos (2.5-15mm)

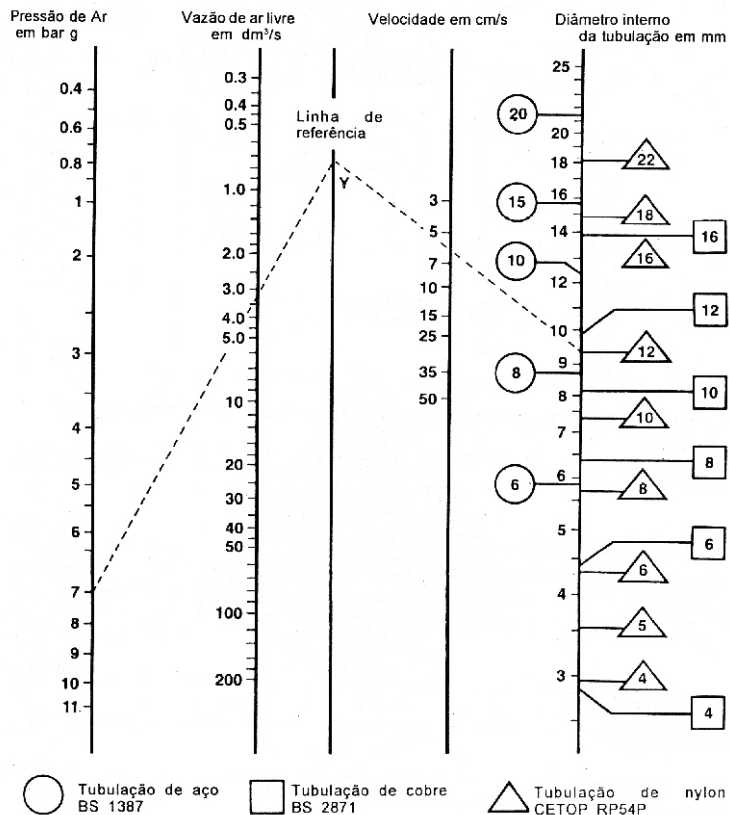


Exemplo: determine a quantidade de ar que pode passar através de um tubo de nylon de diâmetro nominal de 12mm (OD) de mesma maneira que a perda de carga não ultrapasse 10 mbar/m.

O primeiro ponto a verificar é queda de carga através do tubo de nylon é aproximadamente 20% menor que a no tubo de aço; Ligue o ponto referente a 7 barg da linha de pressão de ar até o ponto  $12.5 \text{ mbar/m}$  criando o ponto Z na linha de referência. Ligue o ponto Z até a linha tamanho da tubulação no ponto referente a um tubo de nylon de 12mm; onde esta linha cruzar a linha de vazão de ar livre será a máxima vazão para a perda de carga não exceder  $3,1 \text{ dm}^3/\text{s}$ .

# Perda de Carga em Tubulação de Aço

## Capacidade de Vazão em velocidades variadas



Exemplo: Determine a velocidade de vazão do ar comprimido escoando em um tubo de nylon de 12mm de diâmetro quando o fluxo é de 3,1 dm³/s e a pressão na linha é de 7 bar g. Faz-se a união do ponto de 7 bar g até 3,1 dm³/s e projeta-se até a linha de referência. Ligue esta linha até o tubo de diâmetro de 12mm. Leia a velocidade, neste caso é de 6 m/s.

## Tubulação Standard/Dimensões dos tubos

Tubos de Aço BS 1387			Tubos de cobre BS 2871 parte 2			Tubo de Nylon CETOP RP54P	
Diâmetro nominal mm	Serviço leve Min ID mm	Serviço pesado Min ID mm	OD mm	Espessura mm	Min ID mm	OD mm	Min ID mm
6	5.8	4.5	3	0.6	1.72	4	2.77
8	8.6	7.5	4	0.6	2.72	5	3.55
10	12.1	11.0	6	0.8	4.32	6	4.24
15	15.8	14.6	8	0.8	6.32	8	5.74
20	21.3	20.1	10	0.8	8.32	10	7.24
25	26.9	25.3	12	1.0	9.90	12	9.24
32	35.6	34.0	16	1.0	13.9	16	12.74
40	41.5	39.9				18	14.7
50	52.5	50.8				22	18.1
65	68.1	66.4				28	23.14
80	80.0	78.4					
100	104.0	102.0					
125	129.0	128.0					
150	154.0	153.0					

## Consumo típico de ar em ferramentas pneumáticas em aplicações a 5,5 bar g

Ferramentas / aplicações	Detalhe	dm³/s de ar livre
Furadeiras	7mm	4.7-7.5
	10mm	7.1-9.4
	13mm	11.8-14.1
	25mm	28.3-37.7
	50mm	37.7-56.6
	75mm	47.2-61.4
Moedor		4.7-11.8
Polidoras		4.7-21.1
Torque para parafusos acima de	7mm	4.7-7.1
	13mm	11.8-16.5
	25mm	18.9-26.0
	38mm	23.6-33.0
Parafusadeiras		3.3-11.8
Torquímetro		4.7-14.1
Sprays (à 3.4 bar g)	Pequena	0.47-2.4
	Média	2.4-5.7
	Grande	5.7-11.8
Pistolas Pneumáticas		2.4
Compressores	< 1kW	(por kW) 14.1-16.5
	1-4 kW	(por kW) 14.1
	> 4kW	(por kW) 11.8



## Densidade Relativa e Calor Específico para diversos Materiais

Material	Densidade Relativa	SHC kJ/kg°C
Aço	-	0.5
Alacatrão	1.2	1.46
Alumínio	2.55 - 2.8	0.92
Andaluzita	-	0.71
Antimônio	-	0.2
Apatita	-	0.83
Arenito	2.0 - 2.6	0.92
Argila	1.8 - 2.6	0.92
Asbestos	2.1 - 2.8	0.83
Augite	-	0.79
Baquelite, madeira	1.38	-
Baquelite, asbesto	-	1.59
Barita	4.5	0.46
Bário	3.5	2.93
Basalto	2.7 - 3.2	0.83
Berílio	-	0.83
Bismuto	9.8	0.12
Bórax	1.8 - 2.1	1.0
Borracha	-	2.0
Boro	2.32	1.29
Cadmio	8.65	0.25
Calcita 0 - 37°C	-	0.79
Calcita 0- 100°C	-	0.83
Cálcio	4.58	0.62
Calcopirita	-	0.54
Carbono	1.8 - 2.1	0.71
Carborundo	-	0.66
Carvão	0.64 - 0.93	1.08 - 1.54
Casserita	-	0.37
Cementita	-	1.54
Chumbo	11.34	0.12
Cobalto	8.9	0.46
Cobre	8.8 - 8.95	0.37
Concreto, pedra	-	0.79
Concreto, metal	-	0.75
Corindo	-	0.41
Cromo	7.1	0.5

Material	Densidade Relativa	SHC kJ/kg°C
Diamante	3.51	0.62
Dolomia	2.89	0.92
Espato-Fluor	-	0.87
Estanho	7.2 - 7.5	0.2
Ferro Fundido	7.03 - 7.13	0.5
Ferro Forjado	7.6 - 7.9	0.5
Galena	-	0.2
Granada	-	0.75
Granito	2.4 - 2.7	0.79
Gelo - 79°C	-	1.46
Gelo - 40°C	-	1.79
Gelo - 20°C	-	1.96
Gelo - 0°F	-	2.05
Gesso	-	4.77
Hematita	5.2	0.66
Homblende	3.0	0.83
Hiperstênio	-	0.79
Iridio	21.78 - 22.42	0.12
Lã	-	-
Labradorita	-	0.79
Lava	-	0.83
Louça	-	0.79
Madeira	0.35 - 0.99	1.33 - 2.0
Magnetita	3.2	0.66
Magnésio	1.74	1.04
Malanquita	-	0.75
Manganês	7.42	0.46
Mármore	2.6 - 2.86	0.79
Mercúrio	13.6	0.12
Mica	-	0.87
Molibdênio	10.2	0.25
Níquel	8.9	0.46
Oligósico	-	0.87
Ortósico	-	0.79
Pedra	-	0.83
Peda Calcária	2.1 - 2.86	0.92
Plática Piroxilo	-	1.42 - 1.59



## Densidade Relativa e Calor Específico para diversos Materiais

Material	Densidade Relativa	SHC kJ/kg°C
Platina	21.45	0.12
Pirolusita	-	0.83
Porcelana	-	1.08
Potássio	0.86	0.54
Quartzo 12.8 -100°C	2.5 - 2.8	0.79
Quartzo 0°C	-	0.71
Sera	-	1.38
Serpentina	2.7 - 2.8	1.08
Sódio	0.97	1.25
Talco	2.6 - 2.8	0.87
Telha	-	0.62
Telúrio	6.0 - 6.24.	0.2

Material	Densidade Relativa	SHC kJ/kg°C
Titânio	4.5	0.58
Topázio	-	0.87
Tungstênio	19.22	0.16
Vanádio	5.96	0.5
Vidro, chapeado	2.45 - 2.72	0.5
Vidro, comum	2.4 - 2.8	0.83
Vidro, cristal	2.9 - 3.0	0.5
Vidro, lâ	-	0.66
Vidro, pirex	-	0.83
Vulcanizado	-	1.38
Zinco	6.9 - 7.2	0.37

## Densidade Relativa e Calor Específico para diversos Líquidos

Líquido	Densidade Relativa	SHC kJ/kg°C
Acetona	0.790	2.13
Água	1	4.18
Água Salina	1.0235	3.93
Alcool, etílico 0°C	0.789	2.30
Alcool, etílico 40°C	0.789	2.72
Alcool, etílico 4-10°C	0.796	2.46
Alcool, etílico 15-21°C	0.796	2.51
Amônia 0°C	0.62	4.6
Amônia 40°C	-	4.85
Amônia 80°C	-	5.39
Amônia 100°C	-	6.19
Amônia 114°C	-	6.73
Benzeno	1.02	2.17
Cloreto de cálcio	-	1.75
Cloreto de Sódio	1.20	3.05
Difenilamina	1.19	3.3
Éter Etílico	1.16	1.92
Etileno Glicólico	-	2.21
Glicerina	-	2.21
Quartzo 0°C	1.26	2.42

Líquido	Densidade Relativa	SHC kJ/kg°C
Gasolina	-	2.21
Hidrato de Potássio	1.24	3.68
Hidrato de Sódio	1.27	3.93
Mercúrio	19.6	1.38
Naftalina	1.14	1.71
Nitrobenzeno	-	1.5
Óleo Cítrico	-	1.84
Óleo Combustível	0.96	1.67
Óleo Combustível	0.91	1.84
Óleo Combustível	0.86	1.88
Óleo Combustível	0.81	2.09
Óleo de Mamona	-	1.79
Óleo de Oliva	0.91 - 0.94	1.96
Óleo de Sésamo	-	1.63
Óleo de Soja	-	1.96
Petróleo	-	2.13
Querosene	-	2.0
Terebentina	0.87	1.71
Tolual	0.866	1.5
Xilênio	0.861 - 0.881	1.71





# Conversão de Unidades

## COMPRIMENTO

De Para →	milímetro	centímetro	metro	kilômetro	Polegada	Pé	Jarda	Milha
milímetro	1	0.1	0.001	—	0.03937	—	—	—
centímetro	10	1	0.01	—	0.393701	0.032808	—	—
metro	1000	100	1	0.001	39.3701	3.28084	1.09361	—
kilômetro	—	—	1000	1	—	3280.84	1093.61	0.621371
Polegada	25.4	2.54	—	—	1	0.083333	0.027778	—
Pé	304.8	30.48	0.3048	—	12	1	0.33333	—
Jarda	914.4	91.44	0.9144	0.000914	36	3	1	0.000568
Milha	—	—	1609.344	1.609344	—	5280	1760	1

## ÁREA

De Para →	cm²	m²	km²	in²	ft²	yd²	acre	milha²
cm²	1	0.0001	—	0.155	0.001076	0.0001196	—	—
m²	10000	1	0.000001	1550	10.7639	1.19599	0.0002471	—
km²	—	1000000	1	—	—	—	247.105	0.386102
in²	6.4516	0.000645	—	1	0.006944	0.000772	—	—
ft²	929.03	0.092903	—	144	1	0.111111	0.000023	—
yd²	8361.27	0.836127	—	1296	9	1	0.0002066	—
acre	—	4046.86	0.004047	—	43560	4840	1	0.001562
milha²	—	—	2.589987	—	—	—	640	1

## MASSA

De Para →	kg	ton	lb	UK cwt	UK ton	US cwt	US ton
kg	1	0.001	2.20462	0.019684	0.000984	0.0022046	0.001102
ton	1000	1	2204.62	19.6841	0.984207	22.0462	1.10231
lb	0.453592	0.000454	1	0.008929	0.000446	0.01	0.0005
UK cwt	50.8023	0.050802	112	1	0.05	1.12	0.056
UK ton	1016.05	1.01605	2240	20	1	22.4	1.12
US cwt	45.3592	0.045359	100	0.892857	0.044643	1	0.05
US ton	907.185	0.907185	2000	17.8517	0.892857	20	1

## VOLUME

De Para →	cm³	m³	litro (dm³)	in³	ft³	yd³	UK pint	UK gall	US pint	US gall
cm³	1	—	0.001	0.061024	0.0000353	—	0.001760	0.00022	0.002113	0.000264
m³	—	1	1000	61023.7	35.3147	1.30795	1759.75	219.969	2113.38	264.172
litro (dm³)	1000	0.001	1	61.0237	0.035315	0.001308	1.75975	0.219969	2.11338	0.264172
in³	16.3871	—	0.016387	1	0.0005787	0.0000214	0.028837	0.003605	0.034632	0.004329
ft³	28316.8	0.028317	28.3168	1728	1	0.037037	49.8307	6.22883	59.8442	7.48052
yd³	764555	0.764555	764.555	46656	27	1	1345.429	168.1784	1615.793	201.974
UK pint	568.261	0.0005683	0.568261	34.6774	0.020068	0.000743	1	0.125	1.20095	0.150119
UK gall	4546.09	0.0045461	4.54609	277.42	0.160544	0.005946	8	1	9.6076	1.20095
US pint	473.176	0.0004732	0.473176	28.875	0.01671	0.000619	0.832674	0.104084	1	0.125
US gall	3785.41	0.0037854	3.785411	231	0.133681	0.004951	6.661392	0.832674	8	1

## PRESSÃO

De Para →	atm	mmHg	m bar	bar	pascal	pol H <sub>2</sub> O	pol Hg	psi
atm	1	760	1013.25	1.0132	101325	406.781	29.9213	14.6959
mmHg	0.0013158	1	1.33322	0.001333	133.322	0.53524	0.03937	0.019337
m bar	0.0009869	0.750062	1	0.001	100	0.401463	0.02953	0.014504
bar	0.9869	750.062	1000	1	100000	401.463	29.53	14.504
pascal	0.0000099	0.007501	0.01	0.00001	1	0.004015	0.0002953	0.000145
pol H <sub>2</sub> O	0.0024583	1.86832	2.49089	0.002491	249.089	1	0.073556	0.036127
pol Hg	0.033421	25.4	33.8639	0.0338639	3386.39	13.5951	1	0.491154
psi	0.068046	51.7149	68.9476	0.068948	6894.76	27.6799	2.03602	1

Pascal = 1 N/m²

## VAZÃO EM VOLUME

De Para →	L/s (dm³/s)	L/h	m³/s	m³/h	cfm	ft³/h	UK gal/min	UK gal/h	US gal/min	US gal/h
L/s (dm³/s)	1	3600	0.001	3.6	2.118882	127.133	13.19814	791.8884	15.85032	951.019
L/h	0.000278	1	—	0.001	0.000588	0.035315	0.003666	0.219969	0.004403	0.264172
m³/s	1000	3600000	1	3600	2118.88	127133	13198.1	791889	15850.3	951019
m³/h	0.277778	1000	0.000278	1	0.588578	35.3147	3.66615	219.969	4.402863	264.1718
cfm	0.471947	1699.017	0.000472	1.699017	1	60	6.228833	373.73	7.480517	448.831
ft³/h	0.007866	28.3168	—	0.028317	0.016667	1	0.103814	6.228833	0.124675	7.480517
UK gal/min	0.075768	272.766	0.0000758	0.272766	0.160544	9.63262	1	60	1.20095	72.057
UK gal/h	0.001263	4.54609	—	0.004546	0.002676	0.160544	0.016667	1	0.020016	1.20095
US gal/min	0.06309	227.125	0.0000631	0.227125	0.133681	8.020832	0.832674	49.96045	1	60
US gal/h	0.001052	3.785411	—	0.003785	0.002228	0.133681	0.013878	0.832674	0.016667	1

## FORÇA

De Para →	Btu/h	W	Kcal/h	KW
Btu/h	1	0.293071	0.251996	0.000293
W	3.41214	1	0.859845	0.001
Kcal/h	3.96832	1.163	1	0.001163
KW	3412.14	1000	859.845	1

## ENERGIA

De Para →	Btu	Therm	J	kJ	Cal
Btu	1	0.00001	1055.06	1.055	251.996
Therm	100000	1	—	105 500	25 199 600
J	0.00094	—	1	0.001	238.8
kJ	0.9478	0.00009478	1000	1	238.85
Cal	0.0039683	0.0039683 x 10 <sup>-5</sup>	4.1868	—	1

## CALOR ESPECÍFICO

De Para →	Btu/lb °F	J/kg °C
Btu/lb °F	1	4186.8
J/kg °C	0.00023	1

## RADIAÇÃO

De Para →	Btu/ft² h	W/m²	Kcal/m² h
Btu/ft² h	1	3.154	2.712
W/m²	0.3169	1	0.859
Kcal/m² h	0.368	1.163	1

## TRANSMISSÃO DE CALOR

From To →	Btu/ft² h °F	W/m² °C	Kcal/m² h °C
Btu/ft² h °F	1	5.67826	4.88243
W/m² °C	0.176110	1	0.859845
Kcal/m² h °C	0.204816	1.163	1

## TELAS DE MALHAS QUADRADAS

MESH	φ Fio mm	Abertura mm	Área Aberta %
60	0.18	0.243	33
80	0.14	0.178	31
100	0.10	0.154	34
150	0.06	0.109	41
200	0.05	0.077	37

## COEFICIENTE GLOBAL DE TRANSMISSÃO DE CALOR

Fluido quente	Fluido frio	Kcal/h x m² x °C
Para Trocadores de Calor Compactos		
Água	1000 - 3500	
Metanol	1000 - 3500	
Amônia	1000 - 3500	
Vapor	Soluções Aquosas	500 - 3500
	Óleos Leves	500 - 3500
	Óleos Médios	250 - 1000
	Óleos Pesados	30 - 300
	Gases	25 - 250
Para Serpentinhas Submersas		
Vapor	Água	500 - 1500
	Óleo	70 - 150
Para Tanques e Tubulações de Óleo		
Equipamento	Temperatura	Não isolado Isolado
	até 10°C	5.9 1.4
Tanque coberto	até 27°C	6.4 1.6
	até 38°C	6.9 1.7
	até 10°C	6.9 1.7
Tanque descoberto	até 27°C	7.4 1.8
	até 38°C	7.9 1.9
Tanque enterrado	Todas	5.9 --
Tubulação coberta	até 27°C	7.4 1.8
	27°C a 127°C	10.1 2.8
Tubulação exposta	até 27°C	8.8 2.2
	27°C a 127°C	13.5 3.4



## Conversão de Unidades

PRESSÃO		CONDENSADO FORMADO A CADA 30 m DURANTE O PROCESSO (kg/H)															
barg	psig	2"	2 1/2"	3"	4"	6"	8"	10"	12"	14"	16"	18"	20"	24"			
0.7	10	2.7	3.1	4.0	4.9	7.2	9	11	13	14	16	17	20	24			
2.1	30	3.6	4.0	4.9	6.3	8.9	12	14	17	19	21	22	25	30			
4.2	60	4.5	5.4	6.3	8.0	12.0	15	18	22	24	28	30	33	40			
7.0	100	5.4	6.7	8.0	9.8	14.7	18	23	27	30	34	37	42	50			
8.5	125	5.8	7.2	8.9	10.7	16.1	20	25	30	33	38	40	45	54			
12.0	175	7.1	8.5	10.3	11.6	17.0	24	30	35	38	44	48	53	63			
17.5	250	8.1	9.8	12.1	15.2	22.3	28	34	41	45	52	56	63	75			
21.0	300	8.9	11.2	13.4	16.5	24.1	30	38	45	50	56	62	69	82			
28.0	400	10.3	12.5	15.2	19.2	28.1	36	44	53	58	66	72	80	96			
35.0	500	12.5	14.7	17.4	21.9	32.6	41	51	60	66	76	83	92	100			
42.0	600	13.4	16.5	19.6	24.6	36.6	46	57	68	75	85	93	104	124			

LÍQUIDOS			
Líquido	Kcal/Kg.°C	Líquido	Kcal/Kg.°C
ACETONA	0.51	ÉTER ETÍLICO	0.53
ÁGUA	1.00	GASOLINA	0.53
ÁGUA DO MAR	0.94	GLICERINA	0.58
ÁLCOOL ETÍLICO (0 °C)	0.55	ÓLEO COMBUSTÍVEL	0.4 a 0.5
ÁLCOOL ETÍLICO (40 °C)	0.65	ÓLEO DE OLIVA	0.47
AMÔNIA (0 °C)	1.10	ÓLEO DE SOJA	0.47
AMÔNIA (100 °C)	1.48	PETRÓLEO	0.51
CLORETO DE CÁLCIO	0.73	QUEROSENE	0.48
CLORETO DE SÓDIO	0.79	XILENO	0.41

PERDA DE VAPOR POR VAZAMENTO (Kg/h)				
DIÂMETRO DO FURO	PRESSÃO ( barg )			
	3.5	7.0	10.0	21.0
1/16" (1.6 mm)	3.4	6.6	11.3	15.0
1/8" (3.0 mm)	13.5	25.0	40.5	60.0
3/16" (5.0 mm)	31.0	57.0	90.0	135.0
1/4" (6.0 mm)	56.0	101.0	171.0	240.0

TELAS DE MALHAS QUADRADAS			
MESH	φ Fio mm	Abertura mm	Área Aberta %
60	0.18	0.243	33
80	0.14	0.178	31
100	0.10	0.154	34
150	0.06	0.109	41
200	0.05	0.077	37

### Calor Específico

GASES E VAPORES					
GÁS OU VAPOR	Kcal/Kg.°C		GÁS OU VAPOR	Kcal/Kg.°C	
	pressão constante	volume constante		pressão constante	volume constante
ACETONA	0.35	0.32	HIDROGÊNIO	3.41	2.41
AMÔNIA	0.54	0.42	NITROGÊNIO	0.24	0.17
AR SECO	0.25	0.18	OXIGÊNIO	0.22	0.16
CLORO	0.11	0.08	VAPOR (1 psia)	0.46	0.35
CO	0.24	0.17	VAPOR (14.7 psia)	0.47	0.36
CO <sub>2</sub>	0.20	0.15	VAPOR (150 psia)	0.54	0.42

SÓLIDOS			
Material	Kcal/Kg.°C	Material	Kcal/Kg.°C
AÇO	0.12	CONCRETO	0.19
ALUMÍNIO	0.22	FERRO FUNDIDO	0.12
ANTIMÔNIO	0.05	LÁ	0.33
ASBESTO	0.20	MADEIRA	0.32 a 0.48
BORRACHA	0.48	PORCELANA	0.26
CARVÃO	0.26 a 0.37	PRATA	0.06
CHUMBO	0.03	VIDRO	0.20
COBRE	0.09	ZINCO	0.09

PRESSÃO		CONDENSADO FORMADO A CADA 30 m DURANTE O AQUECIMENTO INICIAL ( kg/H )															
barg	psig	2"	2 1/2"	3"	4"	6"	8"	10"	12"	14"	16"	18"	20"	24"			
0.0	0.0	2.8	4.3	5.7	8.1	14.2	21.4	30.4	40	48	63	79	92	129			
0.7	10	3.3	5.3	6.9	9.8	17.3	25.9	37.1	49	58	75	95	112	156			
1.4	20	3.7	6.0	7.8	11.1	19.6	29.5	41.5	55	65	85	108	127	177			
2.8	40	4.4	7.1	9.2	13.1	23.0	34.8	49.1	65	77	100	127	149	208			
4.2	60	4.9	7.8	10.2	14.6	25.6	38.4	54.5	72	86	112	141	166	231			
7.0	100	5.7	9.1	11.9	16.9	29.7	44.6	63.4	84	99	130	163	192	268			
8.5	125	6.1	9.7	12.7	18.0	31.7	47.8	67.9	90	106	138	175	206	287			
10.5	150	6.5	10.3	13.4	19.1	33.6	50.4	71.4	95	112	146	185	217	303			
12.0	175	6.8	10.8	14.2	20.1	35.4	53.1	75.4	100	118	155	195	229	320			
14.0	200	7.1	11.3	14.8	21.0	37.0	55.8	79.0	105	124	162	204	240	334			
17.5	250	7.7	12.2	16.0	22.7	39.9	59.8	85.3	113	134	174	220	259	360			
21.0	300	11.2	17.1	22.9	33.4	63.7	96.9	143.7	198	237	305	381	467	528			
28.0	400	12.4	19.0	25.5	37.1	70.8	107.6	159.8	220	263	339	434	519	737			
35.0	500	13.5	20.7	27.7	40.4	77.0	117.0	173.6	239	287	368	461	564	800			
42.0	600	14.6	22.4	30.0	43.7	83.3	126.8	187.9	259	310	398	499	610	866			



## Coeficientes Globais: Transmissão de Calor em Vasos Encamisados

Fluído Encamizado	Fluído Aquecido	Material da parede	Total U* W/m² °C
Vapor	Água	Inox	850 - 1700
Vapor	Solução Acquosa	Inox	450 - 1140
Vapor	Orgânicos	Inox	285 - 850
Vapor	Óleo Leve	Inox	340 - 910
Vapor	Óleo Pesado	Inox	57 - 285
Salmoura	Água	Inox	230 - 1625
Salmoura	Solução Acquosa	Inox	200 - 850
Salmoura	Orgânicos	Inox	170 - 680
Salmoura	Óleo Leve	Inox	200 - 740
Salmoura	Óleo Pesado	Inox	57 - 230
Trasn. Calor do Óleo	Água	Inox	285 - 1140
Trasn. Calor do Óleo	Solução Acquosa	Inox	230 - 850
Trasn. Calor do Óleo	Orgânicos	Inox	170 - 680
Trasn. Calor do Óleo	Óleo Leve	Inox	230 - 425
Trasn. Calor do Óleo	Óleo Pesado	Inox	57 - 230
Vapor	Água	Tubo Encamizado A.C.	400 - 570
Vapor	Solução Acquosa	Tubo Encamizado A.C.	285 - 480
Vapor	Orgânicos	Tubo Encamizado A.C.	170 - 680
Vapor	Óleo Leve	Tubo Encamizado A.C.	230 - 425
Vapor	Óleo Pesado	Tubo Encamizado A.C.	57 - 230
Salmoura	Água	Tubo Encamizado A.C.	170 - 450
Salmoura	Solução Acquosa	Tubo Encamizado A.C.	140 - 400
Salmoura	Orgânicos	Tubo Encamizado A.C.	115 - 340
Salmoura	Óleo Leve	Tubo Encamizado A.C.	140 - 370
Salmoura	Óleo Pesado	Tubo Encamizado A.C.	57 - 170
Trasn. Calor do Óleo	Água	Tubo Encamizado A.C.	170 - 450
Trasn. Calor do Óleo	Solução Acquosa	Tubo Encamizado A.C.	140 - 400
Trasn. Calor do Óleo	Orgânicos	Tubo Encamizado A.C.	140 - 370
Trasn. Calor do Óleo	Óleo Leve	Tubo Encamizado A.C.	115 - 400
Trasn. Calor do Óleo	Óleo Pesado	Tubo Encamizado A.C.	57 - 200

\* Os valores listados são para agitação moderada.  
A.C.: Aço Carbono

### Calor Específico de Gases e Vapores

Gás ou Vapor	Calor Específico (pressão constante)
Acetona	1.31
Ácido Clorídrico	0.56
Álcool, C2 H5 OH	1.66
Álcool, CH3 OH	1.53
Amônia	1.76
Argônio	0.3
Ar seco, 10°C	0.71
Ar seco, 0 - 199°C	0.72
Ar seco, 20 - 440°C	0.74
Ar seco, 20 - 461°C	0.77
Ar seco, 20 - 798°C	0.78
Benzeno	0.98
Bromo	0.19
Dióxido de Bissulfeto	0.55
Dióxido de Carbono	0.62
Dióxido de Enxofre	0.49

Gás ou Vapor	Calor Específico (pressão constante)
Cloro	3.43
Clorofórmio	0.54
Éter	1.95
Hidrogênio	10.0
Metano	1.86
Monóxido de Carbono	0.71
Nitrogênio	0.71
Óxido de Nitrogênio	0.69
Óxido Nitroso	0.69
oxigênio	0.65
Sulfeto de HidroGênio	0.79
Tetróxido de Nitrogênio	4.59
Vapor, 0.68bar 49-315°C	1.46
Vapor, 1bar 104-315°C	1.5
Vapor, 10bar 182-315°C	1.76



## Vapor Saturado

Preessão Relativa Kgf/cm²	Pressão Absoluta kgf/cm²	Temperatura °C	Volume Específico m³/Kg	Calor Sensível Kcal/Kg	Calor Total Kcal/Kg	Calor Lateente Kcal/Kg
	0.01	6.7	131.70	6.7	600.1	593.0
	0.15	12.7	89.64	12.8	602.8	590.0
	0.02	17.2	68.27	17.2	604.8	587.4
	0.025	20.8	55.28	20.8	606.4	585.6
	0.03	23.8	46.53	23.8	607.7	583.9
	0.04	28.6	35.46	28.6	609.8	581.1
	0.05	32.5	28.73	32.5	611.5	578.9
	0.06	35.8	24.19	35.8	612.9	577.1
	0.08	41.2	18.45	41.1	615.2	574.1
	0.10	45.4	14.95	45.4	617.0	571.6
	0.12	49.1	12.60	49.0	618.5	569.5
	0.15	53.6	10.21	53.5	620.5	567.0
	0.20	59.7	7.795	59.6	623.1	563.5
	0.25	64.6	6.322	64.5	625.1	560.6
	0.30	68.7	5.328	68.6	626.8	558.2
	0.35	72.2	4.611	72.2	628.2	556.0
	0.40	75.4	4.096	75.4	629.5	554.1
	0.50	80.9	3.301	80.8	631.6	550.8
	0.60	85.5	2.783	85.4	633.4	548.0
	0.70	89.5	2.409	89.4	634.9	545.5
	0.80	92.9	2.125	92.9	636.2	543.2
	0.90	96.2	1.904	96.2	637.4	541.2
0	1.0	99.1	1.725	99.1	638.5	534.4
0.1	1.1	101.8	1.578	101.8	639.4	537.6
0.2	1.2	104.2	1.455	104.3	640.3	536.0
0.3	1.3	106.6	1.250	106.7	641.2	534.5
0.4	1.4	108.7	1.259	108.9	642.0	533.1
0.5	1.5	110.8	1.180	110.9	642.8	531.9
0.6	1.6	112.7	1.111	112.9	643.5	530.6
0.8	1.8	116.3	0.995	116.5	644.7	528.2
1.0	2.0	119.6	0.902	119.9	645.8	525.9
1.2	2.2	122.6	0.826	123.0	646.9	524.0
1.4	2.4	125.5	0.7616	125.8	648.0	522.1
1.6	2.6	128.1	0.7066	128.5	649.1	520.4
1.8	2.8	130.5	0.6592	131.0	650.2	518.7
2.0	3.0	132.9	0.6166	133.4	650.3	516.9
2.2	3.2	135.1	0.5817	135.7	651.0	515.8
2.4	3.4	137.2	0.5495	137.8	651.7	514.3
2.6	3.6	139.2	0.5208	139.9	652.4	512.8

Preessão Relativa Kgf/cm²	Pressão Absoluta kgf/cm²	Temperatura °C	Volume Específico m³/Kg	Calor Sensível Kcal/Kg	Calor Total Kcal/Kg	Calor Lateente Kcal/Kg
2.8	3.8	141.1	0.4951	141.8	653.1	511.3
3.0	4.0	142.9	0.4706	143.6	653.4	509.8
3.5	4.5	142.2	0.4224	148.1	654.6	506.7
4.0	5.0	151.1	0.3816	152.1	655.8	503.7
4.5	5.5	154.7	0.3497	155.9	656.8	501.2
5.0	6.0	158.1	0.3213	159.3	657.8	498.5
5.5	6.5	161.2	0.2987	162.7	658.6	496.1
6.0	7.0	164.2	0.2778	165.8	659.4	493.8
6.5	7.5	167.0	0.2609	167.7	660.1	491.6
7.0	8.0	169.6	0.2448	171.3	660.8	489.5
7.5	8.5	172.1	0.2317	174.0	661.4	487.5
8.0	9.0	174.5	0.2189	176.4	662.0	485.6
8.5	9.5	176.8	0.2085	179.0	662.5	483.7
9.0	10.0	179.0	0.1981	181.2	663.0	481.8
10.0	11.0	183.2	0.1808	185.6	663.9	478.3
11.0	12.0	187.1	0.1664	189.7	664.7	475.0
12.0	13.0	190.7	0.1541	193.5	665.4	471.9
13.0	14.0	194.1	0.1435	197.1	666.0	468.9
14.0	15.0	197.4	0.1343	200.6	666.6	466.0
15.0	16.0	200.4	0.1262	203.9	667.1	463.2
16.0	17.0	203.4	0.1190	207.1	667.5	460.4
17.0	18.0	206.1	0.1126	210.1	667.9	457.8
18.0	19.0	208.8	0.1068	213.0	668.2	455.2
19.0	20.0	211.4	0.1016	215.8	668.5	452.7
21.0	22.0	216.2	0.0925	221.2	668.9	447.7
23.0	24.0	220.8	0.0849	226.1	669.1	443.2
25.0	26.0	225.0	0.0785	230.8	669.3	438.7
27.0	28.0	229.0	0.0729	235.2	669.6	434.4
29.0	30.0	232.8	0.06802	239.5	669.7	430.2
31.0	32.0	236.3	0.06375	243.6	669.7	426.1
33.0	34.0	239.8	0.05995	247.5	669.6	422.1
35.0	36.0	243.0	0.05658	251.2	669.5	418.3
37.0	38.0	246.2	0.05353	254.8	669.3	414.5
39.0	40.0	249.2	0.05078	258.2	669.0	410.8
41.0	42.0	252.1	0.04828	261.6	668.8	407.2
43.0	44.0	254.9	0.04601	264.9	668.4	403.5
45.0	46.0	257.6	0.04393	268.0	668.0	400.0
47.0	48.0	260.2	0.04201	271.2	667.7	396.5
49.0	50.0	262.7	0.04024	274.2	667.3	393.1





## Vapor Saturado

Pressão Relativa Kgf/cm <sup>2</sup>	Pressão Absoluta kgf/cm <sup>2</sup>	Temperatura °C	Volume Específico m <sup>3</sup> /Kg	Calor Sensível Kcal/Kg	Calor Total Kcal/Kg	Calor Lateente Kcal/Kg
54.0	55.0	268.7	0.03636	281.4	666.2	384.8
59.0	60.0	274.3	0.03310	288.4	665.0	376.6
64.0	65.0	279.5	0.03033	294.8	663.6	368.8
69.0	70.0	284.5	0.02795	300.9	662.1	361.2
74.0	75.0	289.5	0.02587	307.0	660.5	355.5
79.0	80.0	293.6	0.02404	312.6	658.9	346.3
84.0	85.0	297.9	0.02241	318.2	657.0	338.8
89.0	90.0	301.9	0.02096	323.6	655.1	331.5
94.0	95.0	305.8	0.01964	328.8	653.2	324.4
99.0	100.0	309.5	0.01845	334.0	651.1	317.1
109.0	110.0	316.6	0.01637	344.0	646.7	302.7
119.0	120.0	323.2	0.01462	353.9	641.9	288.0
129.0	130.0	329.3	0.01312	363.0	636.6	273.6
139.0	140.0	335.1	0.01181	372.4	631.0	258.6
149.0	150.0	340.6	0.01065	381.7	624.9	243.2
159.0	160.0	345.7	0.00962	390.8	618.3	227.5
179.0	180.0	355.3	0.00781	410.2	602.5	192.3
199.0	200.0	364.1	0.00620	431.5	582.3	150.8
219.0	220.0	373.6	0.00394	478.0	532.0	54.0