

## GRAU DE PROTEÇÃO

O grau de proteção para invólucro de equipamentos elétricos conforme norma ABNT NBR IEC 60529:2005.

# IP

Numeral	Grau de proteção contra a penetração de objetos sólidos estranhos indicado pelo primeiro numeral
	Descrição resumida do grau de proteção
0	Não protegido
1	Protegido contra objetos sólidos de Ø 50mm e maior
2	Protegido contra objetos sólidos de Ø 12mm e maior
3	Protegido contra objetos sólidos de Ø 2,5mm e maior
4	Protegido contra objetos sólidos de Ø 1,0mm e maior
5	Protegido contra poeira
6	Totalmente protegido contra poeira

Numeral	Grau de proteção contra a penetração de água indicados pelo segundo numeral
	Descrição resumida do grau de proteção
0	Não protegido
1	Protegido contra gotas d'água caindo verticalmente
2	Protegido contra gotas d'água caindo verticalmente com invólucro inclinado até 15°
3	Protegido contra aspersão de água
4	Protegido contra projeção de água
5	Protegido contra jatos de água
6	Protegido contra jatos potentes de água
7	Protegido contra efeitos de imersão temporária em água
8	Protegido contra efeitos de imersão contínua em água

Exemplos:

IP51  
IP65

nota:

As bobinas utilizadas nas válvulas com acionamento elétrico atendem ao grau de proteção IP 65 desde que sejam respeitadas as especificações dos numerais correspondentes e que a montagem utilize fiação correspondente ao prensa cabo do conector (plug-in) e que a vedação entre conector e bobina encontre-se corretamente alocada e em bom estado. Cortes na vedação, trincas no conector, etc comprometem o grau de proteção indicado.

PRESSÃO é a relação entre a força e a superfície na qual ela é aplicada.

$$P = \frac{F(N)}{S(m^2)} = Pa$$

Pressão Manométrica	Pressão Relativa	Pressão Absoluta
Pressão Atmosférica		
Vácuo Absoluto		

Pressão Atmosférica - é a pressão exercida pelo ar em uma superfície qualquer ao nível do mar,

Pressão Absoluta - é a pressão acima de zero (Vácuo Absoluto),

Pressão Manométrica - é a pressão indicada pelos manômetros que igual Pressão Absoluta - Pressão Relativa,

Pressão de Linha (Alimentação) - é o valor de pressão disponível na rede de distribuição do ar comprimido,

Pressão de Trabalho - é a pressão ou faixa de pressão que o equipamento pneumática atua,

Pressão de Entrada - é a pressão do ar comprimido na conexão de alimentação do equipamento (componente)

Pressão de Saída - é a pressão do ar comprimido na conexão de utilização do equipamento (componente)

$\Delta p$  Queda de Pressão - é a diferença entre a pressão do ar comprimido de Entrada e Saída.

## Tabela para Conversão de Unidades de Pressão

Unidades	Pa	kPa	MPa	bar	mbar	kp/cm <sup>2</sup>	cm H <sub>2</sub> O	mm H <sub>2</sub> O	mm Hg	psi
Pa	1	10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-5</sup>	10 <sup>-5</sup>	10 <sup>-2</sup>	10,1972.10 <sup>-6</sup>	10,1972.10 <sup>-3</sup>	101,972.10 <sup>-3</sup>	7,50062.10 <sup>-3</sup>	0,145038.10 <sup>-3</sup>
kPa	10 <sup>3</sup>	1	10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-2</sup>	10	10,1972.10 <sup>-3</sup>	10,1972	101,972	7,50062	0,145038
MPa	10 <sup>5</sup>	10 <sup>3</sup>	1	10	10 <sup>4</sup>	10,1972	10,1972.10 <sup>3</sup>	101,972.10 <sup>3</sup>	7,50062.10 <sup>3</sup>	0,145038.10 <sup>3</sup>
bar	10 <sup>6</sup>	10 <sup>2</sup>	10 <sup>-1</sup>	1	10 <sup>3</sup>	1,01972	1,01972.10 <sup>3</sup>	10,1972.10 <sup>3</sup>	750,062	14,5038
mbar	100	0,1	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-3</sup>	1	1000	1,01972	10,1972	0,750062	14,5038.10 <sup>-3</sup>
kp/cm <sup>2</sup>	98,066,5	98,0665	98,0665.10 <sup>-3</sup>	0,980665	980,665	1	1000	10.000	735,559	14,2233
cm H <sub>2</sub> O	98,0665	98,0665.10 <sup>-3</sup>	98,0665.10 <sup>-6</sup>	0,980665.10 <sup>-3</sup>	0,980665	10 <sup>-3</sup>	1	10	0,735559	14,2233.10 <sup>-3</sup>
mm H <sub>2</sub> O	9,80665	9,80665.10 <sup>-3</sup>	9,80665.10 <sup>-6</sup>	98,0665.10 <sup>-6</sup>	98,0665.10 <sup>-3</sup>	104	0,1	1	73,5559.10 <sup>-3</sup>	714,2233.10 <sup>3</sup>
mm Hg	133,322	133,322.10 <sup>-3</sup>	133,322.10 <sup>-3</sup>	1,33322.10 <sup>-3</sup>	1,33322	1,35951.10 <sup>-3</sup>	1,35951	13,5951	1	19,3368.10 <sup>-3</sup>
psi	6.894,76	6,89476	6,89476.10 <sup>-3</sup>	68,9476.10 <sup>-3</sup>	68,9476	70,307.10 <sup>-3</sup>	70,307	703,07	51,7149	1

PRESSÃO é a relação entre a força e a superfície na qual ela é aplicada.

Pressão Atmosférica - é a pressão exercida pelo ar em uma superfície qualquer ao nível do mar,

Pressão Absoluta - é a pressão acima de zero (Vácuo Absoluto),

Pressão Manométrica - é a pressão indicada pelos manômetros que igual Pressão Absoluta - Pressão Relativa,

Pressão de Linha (Alimentação) - é o valor de pressão disponível na rede de distribuição do ar comprimido,

Pressão de Trabalho - é a pressão ou faixa de pressão que o equipamento pneumática atua,

Pressão de Entrada - é a pressão do ar comprimido na conexão de alimentação do equipamento (componente)

Pressão de Saída - é a pressão do ar comprimido na conexão de utilização do equipamento (componente)

$\Delta p$  Queda de Pressão - é a diferença entre a pressão do ar comprimido de Entrada e Saída.

## CARGA MÁXIMA NA HASTE

A haste do atuador linear ao receber uma determinada carga está sujeita a uma carga máxima (flexão + compressão). Quando da especificação para uma aplicação com curso longo, é necessário ter a certeza que o diâmetro da haste esta adequado para a carga aplicada e para o tipo de montagem.

1 - Calculando a força máxima:

$$F \leq \frac{20.350 \text{ } \varnothing^4}{C^2 \cdot K^2}$$

2 - Calculando o diâmetro mínimo aceitável:

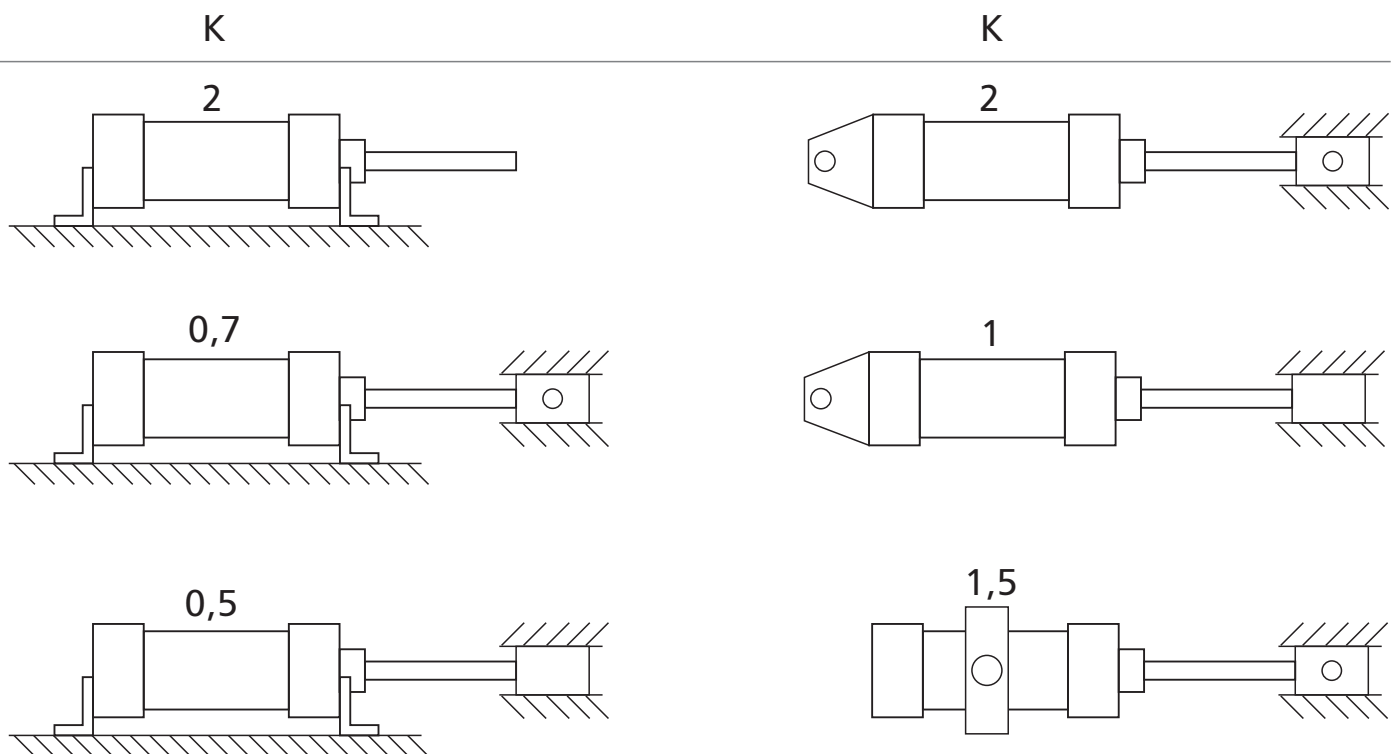
$$S \geq 4 \sqrt{\frac{F \cdot C^2 \cdot K^2}{20.350}}$$

F = força aplicada (N)

Ø = diâmetro da haste (mm)

C = curso (mm)

K = coeficiente de comprimento (quadro abaixo)



## FORÇAS TEÓRICAS PARA OS ATUADORES - ISO

Diâmetro Cilindro	Diâmetro Haste	Movimento	Área Útil cm <sup>2</sup>	Força Estática em kgf									
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
8	4	Avanço	0,50	0,50	1,01	1,51	2,01	2,51	3,02	3,52	4,02	4,52	5,03
		Retorno	0,38	0,38	0,75	1,13	1,51	1,88	2,26	2,64	3,02	3,39	3,77
10	4	Avanço	0,79	0,79	1,57	2,36	3,14	3,93	4,71	5,50	6,28	7,07	7,85
		Retorno	0,66	0,66	1,32	1,98	2,64	3,30	3,96	4,62	5,28	5,94	6,60
12	6	Avanço	1,13	1,13	2,26	3,39	4,52	5,65	6,79	7,92	9,05	10,18	11,31
		Retorno	0,85	0,85	1,70	2,54	3,39	4,24	5,09	5,94	6,79	7,63	8,48
16	6	Avanço	2,01	2,01	4,02	6,03	8,04	10,05	12,06	14,07	16,08	18,10	20,11
		Retorno	1,73	1,73	3,46	5,18	6,91	8,64	10,37	12,09	13,82	15,55	17,28
20	8	Avanço	3,14	3,14	6,28	9,42	12,57	15,71	18,85	21,99	25,13	28,27	31,42
		Retorno	2,64	2,64	5,28	7,92	10,56	13,19	15,83	18,47	21,11	23,75	26,39
25	10	Avanço	4,91	4,91	9,82	14,73	19,63	24,54	29,45	34,36	39,27	44,18	49,09
		Retorno	4,12	4,12	8,25	12,37	16,49	20,62	24,74	28,86	32,99	37,11	41,23
32	12	Avanço	8,04	8,04	16,08	24,13	32,17	40,21	48,25	56,30	64,34	72,38	80,42
		Retorno	6,91	6,91	13,82	20,73	27,65	34,56	41,47	48,38	55,29	62,20	69,11
40	16	Avanço	12,57	12,57	25,13	37,70	50,26	62,83	75,40	87,96	100,53	113,09	125,66
		Retorno	10,56	10,56	21,11	31,67	42,22	52,78	63,33	73,89	84,44	95,00	105,55
50	20	Avanço	19,63	19,63	39,27	58,90	78,54	98,17	117,81	137,44	157,08	176,71	196,34
		Retorno	16,49	16,49	32,99	49,48	65,97	82,46	98,96	115,45	131,94	148,44	164,93
63	20	Avanço	31,17	31,17	62,34	93,51	124,69	155,86	187,03	218,20	249,37	280,54	311,72
		Retorno	28,03	28,03	56,06	84,09	112,12	140,15	168,18	196,21	224,24	252,27	280,30
80	25	Avanço	50,26	50,26	100,53	150,79	201,06	251,32	301,58	351,85	402,11	452,38	502,64
		Retorno	45,36	45,36	90,71	136,07	181,42	226,78	272,13	317,49	362,84	408,20	453,55
100	25	Avanço	78,54	78,54	157,08	235,61	314,15	392,69	471,23	549,76	628,30	706,84	785,38
		Retorno	73,63	73,63	147,26	220,89	294,52	368,14	441,77	515,40	589,03	662,66	736,29
125	32	Avanço	122,71	122,71	245,43	368,14	490,86	613,57	736,29	859,00	981,72	1.104,43	1.227,15
		Retorno	114,67	114,67	229,35	344,02	458,69	573,36	688,04	802,71	917,38	1.032,05	1.146,73
160	40	Avanço	201,06	201,06	402,11	603,17	804,22	1.005,28	1.206,34	1.407,39	1.608,45	1.809,50	2.010,56
		Retorno	188,49	188,49	376,98	565,47	753,96	942,45	1.130,94	1.319,43	1.507,92	1.696,41	1.884,90
200	40	Avanço	314,15	314,15	628,30	942,45	1.256,60	1.570,75	1.884,90	2.199,05	2.513,20	2.827,35	3.141,50
		Retorno	301,58	301,58	603,17	904,75	1.206,34	1.507,92	1.809,50	2.111,09	2.412,67	2.714,26	3.015,84

## FORÇAS TEÓRICAS PARA OS ATUADORES - COMPACTO

Diâmetro Cilindro	Diâmetro Haste	Movimento	Área Útil cm <sup>2</sup>	Força Estática em kgf									
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
20	10	Avanço	3,14	3,14	6,28	9,42	12,57	15,71	18,85	21,99	25,13	28,27	31,42
		Retorno	2,36	2,36	4,71	7,07	9,42	11,78	14,14	16,49	18,85	21,21	23,56
32	12	Avanço	8,04	8,04	16,08	24,13	32,17	40,21	48,25	56,30	64,34	72,38	80,42
		Retorno	6,91	6,91	13,82	20,73	27,65	34,56	41,47	48,38	55,29	62,20	69,11
40	12	Avanço	12,57	12,57	25,13	37,70	50,26	62,83	75,40	87,96	100,53	113,09	125,66
		Retorno	11,44	11,44	22,87	34,31	45,74	57,18	68,61	80,05	91,48	102,92	114,35
50	20	Avanço	19,63	19,63	39,27	58,90	78,54	98,17	117,81	137,44	157,08	176,71	196,34
		Retorno	16,49	16,49	32,99	49,48	65,97	82,46	98,96	115,45	131,94	148,44	164,93
63	20	Avanço	31,17	31,17	62,34	93,51	124,69	155,86	187,03	218,20	249,37	280,54	311,72
		Retorno	28,03	28,03	56,06	84,09	112,12	140,15	168,18	196,21	224,24	252,27	280,30
80	20	Avanço	50,26	50,26	100,53	150,79	201,06	251,32	301,58	351,85	402,11	452,38	502,64
		Retorno	47,12	47,12	94,25	141,37	188,49	235,61	282,74	329,86	376,98	424,10	471,23
100	25	Avanço	78,54	78,54	157,08	235,61	314,15	392,69	471,23	549,76	628,30	706,84	785,38
		Retorno	73,63	73,63	147,26	220,89	294,52	368,14	441,77	515,40	589,03	662,66	736,29

## FORÇAS TEÓRICAS PARA OS ATUADORES SIMPLES AÇÃO - ISO 6432

Diâmetro Êmbolo	Força com mola comprimida N	Curso (mm) máximo	Força com mola estendida N
12	21	50	4,7
16	30		8,9
20	46		11,2
25	58		16,6

$$P^1 = P^2 + \frac{(P^2 - P^1) \times C}{C^1}$$

P<sup>1</sup> = força com a mola estendida  
 P<sup>2</sup> = força com a mola comprimida  
 C = curso necessário  
 C<sup>1</sup> = curso máximo

## CONSUMO DE AR

TABELA DE CONSUMO DE AR PARA CILINDROS - ISO 6432 e ISO15552/VDMA 24562

Diâmetro Cilindro	PRESSÃO DE TRABALHO (bar)										
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	CONSUMO DE AR (l/cm)										
12	0,0034	0,0045	0,0057	0,0068	0,0079	0,0090	0,0102	0,0113	0,0124	0,0133	0,0146
16	0,0060	0,0080	0,0100	0,0121	0,0141	0,0161	0,0181	0,0202	0,0221	0,0242	0,0267
20	0,0094	0,0126	0,0157	0,0188	0,0220	0,0251	0,0283	0,0314	0,0346	0,0371	0,0411
25	0,0147	0,0196	0,0245	0,0295	0,0344	0,0393	0,0442	0,0491	0,0540	0,0592	0,0647
32	0,024	0,031	0,039	0,047	0,055	0,063	0,07	0,078	0,086	0,094	0,101
40	0,037	0,049	0,061	0,073	0,086	0,098	0,11	0,122	0,134	0,146	0,159
50	0,058	0,077	0,096	0,115	0,134	0,153	0,172	0,191	0,21	0,229	0,248
63	0,092	0,122	0,152	0,182	0,212	0,242	0,273	0,303	0,333	0,363	0,393
80	0,148	0,196	0,245	0,294	0,342	0,391	0,439	0,488	0,537	0,585	0,634
100	0,231	0,307	0,383	0,459	0,535	0,611	0,687	0,763	0,839	0,915	0,991
125	0,36	0,479	0,598	0,717	0,835	0,954	1,073	1,1921	1,31	1,429	1,548
160	0,59	0,785	0,979	1,174	1,369	1,563	1,758	1,952	2,147	2,342	2,536
200	0,992	1,226	1,53	1,834	2,138	2,443	2,747	3,051	3,355	3,659	3,963

O cálculo de consumo de ar nos cilindros pneumáticos é muito importante quando se deseja conhecer a capacidade do compressor necessário para estabelecer a demanda de uma instalação.

Cálculo para consumo de ar em cilindros de dupla ação:

$Q = 2 \times (s \times n \times q)$  onde:

Q = Consumo de ar (l/min)

n = Número de ciclos por minuto

s = Curso (cm)

q = Consumo de ar por cm de curso (l/cm) - Conforme tabela acima.

## PLANO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA DOS CILINDROS

A vida dos cilindros pneumáticos é determinada em quilômetros percorridos pelo conjunto haste e êmbolo. Os períodos de manutenção e a vida útil dos cilindros são afetados também pela qualidade da montagem (alinhamento e esforços) e pela qualidade do ar (contaminantes e lubrificação). Podem ser feitas manutenções preventivas a cada 500 ou 3000km percorridos. Estipule, controles visuais de vazamento, desmontagens parciais, limpeza de elementos e reposições preventivas de peças estragadas. Utilize sempre Kits de reparo originais PROAR. A conversão do período indicada em km para horas pode ser obtida com o auxílio da fórmula abaixo:

$$H = 8,33 \cdot \text{km} / (c \cdot n)$$

onde:

km = Período de manutenção em quilômetros

c = Curso do cilindro (expresso em metros)

n = Frequência de operação do atuador (ciclos/minuto)

H = Período de manutenção em horas