

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

Organização de Apostila Técnica de Circuitos Hidráulicos e
Pneumáticos.

Trabalho apresentado pela aluna Danniella
Rosa, matrícula GRR19993763, na
disciplina Trabalho de Graduação IV,
professor orientador Alfredo Calixto.

Curitiba – Julho 2007

AGRADECIMENTOS

Aos professores Carlo Giuseppe Filippin e Alfredo Calixto que pela UFPR – Universidade Federal do Paraná me deram à oportunidade de desenvolver este trabalho, e que além de mestres exemplares são grandessíssimos amigos.

Ao professor Waldyr de Lima e Silva que me fez enxergar que a Engenharia Mecânica é minha verdadeira vocação.

Ao Glauco Domingues de Mello do Lactec – Instituto de Tecnologia e Desenvolvimento que viu em mim capacidade e me deu confiança para superar o desafio de desenvolver algo tão grandioso.

Aos meus pais Reinaldo Rosa e Luísa Inês Gnata Rosa que sempre me apoiaram e acreditaram em mim mesmo quando eu mesma já não acreditava.

À minha sogra Eliane Zauer Fiakofski que preencheu todo o tempo em que estive ausente por causa dos estudos, junto com minha filha e foi para ela, e para mim, uma verdadeira mãe.

Ao meu marido Carlos Alberto Fiakofski Cadamuro e minha filha Millena Rosa Cadamuro que são minha razão principal por tanta luta e por me fazerem querer, todos os dias, ser uma pessoa melhor e transformar esse mundo num lugar melhor para vivermos.

ÍNDICE

LISTA DE TABELAS	vii
LISTA DE FIGURAS.....	viii
LISTA DE EQUAÇÕES	xii
INTRODUÇÃO	1
1 CONCEITOS DE HIDRÁULICA	2
1.1 DISTRIBUINDO E CONCENTRANDO	3
1.2 CONCEITO DE VAZÃO.....	5
1.3 A LEI DE PASCAL	5
1.3.1 Prensa Hidráulica.....	6
1.3.2 Ilustrando a Lei de Pascal.....	6
1.4 PRESSÃO DE SERVIÇO UTILIZADA.....	7
1.5 RESISTÊNCIA À PASSAGEM DO FLUIDO	8
1.5.1 Velocidades de Fluxo Recomendadas no Sistema Óleo-Hidráulico	9
1.5.1.1 Fluxo em paralelo	9
1.5.1.2 Fluxo em série	10
2 BOMBAS HIDRÁULICAS	11
2.1 BOMBAS LINEARES DE PISTÕES RADIAIS.....	12
2.2 BOMBAS LINEARES DE PISTÕES AXIAIS	12
2.3 BOMBAS ROTATIVAS DE ENGRANAGENS.....	14
2.4 BOMBAS ROTATIVAS DE PALHETAS	15
2.5 RESERVATÓRIO.....	15
2.6 CUIDADOS NA INSTALAÇÃO DE BOMBAS.....	16
2.7 ALINHAMENTO DAS BOMBAS.....	16
2.8 CAVITAÇÃO.....	16
2.9 QUALIDADE DO FLUIDO	17
2.10 TEMPERATURA DO FLUIDO	17
2.11 SOBREPRESSÃO.....	17
3 ATUADORES HIDRÁULICOS	18
3.1 ATUADORES LINEARES.....	18
3.2 ATUADORES ROTATIVOS	22
3.3 APLICAÇÕES E COMPARAÇÕES	24
3.3.1 Comparação Entre Peso e Tamanho.....	24
3.3.2 Comparação Entre os Rendimentos.....	24
3.3.3 Trabalho em Condições Adversas	24
3.3.4 Características de Performance	25
3.3.5 Reversibilidade Instantânea.....	25
3.3.6 Fonte de Alimentação.....	25
3.4 OBSERVAÇÕES FINAIS SOBRE MOTORES HIDRÁULICOS	25
4 VÁLVULAS	27
4.1 TIPOS DE CENTROS DAS VÁLVULAS	28
4.2 VÁLVULAS ACIONADAS ELETRICAMENTE	28
4.3 VÁLVULA ALTERNADORA (FUNÇÃO LÓGICA “OU”)	29
4.4 VÁLVULA DE SIMULTANEIDADE (ELEMENTO LÓGICO “E”).....	30
4.5 VÁLVULAS REGULADORAS DE PRESSÃO.....	30
4.5.1 Limitando a Pressão Máxima do Sistema.....	30
4.5.2 Determinando um Nível de Pressão de Trabalho	31
4.5.3 Determinando Dois Níveis Diferentes de Pressão.....	31

4.5.4	Determinando ao Mesmo Tempo Dois Níveis de Pressão Distintos.....	31
4.5.5	Descarregando a Bomba.....	31
4.6	VÁLVULAS DE CONTROLE DIRECIONAL.....	32
4.7	VÁLVULA REGULADORA DE VAZÃO	34
4.7.1	Válvulas Controladoras de Fluxo Sem Compensação de Pressão.....	35
4.7.2	Válvulas Controladoras de Fluxo Com Compensação de Pressão	35
4.7.3	Válvula Controladora de Fluxo do Tipo Restrição.....	36
4.7.4	Válvula de Escape Rápido.....	36
5	FLUIDOS HIDRÁULICOS.....	38
5.1	CARACTERÍSTICAS DE UM BOM ÓLEO MINERAL.....	40
5.1.1	Antiemulsificação.....	40
5.1.2	Neutralização	40
5.1.3	Ponto de Anilina (P.A.)	40
5.1.4	Aditivos	41
5.2	FLUIDOS RESISTENTES AO FOGO.....	41
5.3	MUDANÇA DE ÓLEO	42
6	TUBULAÇÕES.....	44
6.1	CLASSIFICAÇÃO DAS TUBULAÇÕES	44
6.1.1	Tubos Rígidos.....	44
6.1.1.1	Instalação de tubos rígidos	45
6.1.2	Tubos Semi-Rígidos	45
6.1.2.1	Instalação de tubos semi-rígidos.....	46
6.1.3	Tubos Flexíveis	49
6.1.3.1	Instalação de tubos flexíveis.....	49
7	ACESSÓRIOS	52
7.1	FILTROS	52
7.1.1	Elemento Filtrante - Material do Filtro	52
7.1.2	Filtros de Fibra Metálica	53
7.1.3	Filtros de Sucção	53
7.1.4	Filtro de Pressão	53
7.1.5	Filtro de Retorno.....	54
7.1.6	Indicadores de Impurezas	55
7.2	PRESSOSTATO.....	57
7.2.1	Pressostato de Êmbolo.....	57
7.2.2	Pressostato de Mola Tubular	58
7.2.3	Válvula Seletora e de Controle do Manômetro	59
7.3	TROCADORES DE CALOR.....	64
7.3.1	Resfriadores	64
7.3.1.1	Resfriador a ar ou radiador	65
7.3.1.2	Resfriadores a água.....	65
7.3.2	Aquecedores	65
7.3.2.1	Tipos de aquecedores	66
7.4	TERMOSTATO, TERMÔMETRO	66
7.5	INDICADOR ELÉTRICO DE NÍVEL	66
8	VEDANTES	67
8.1	O'RINGS	67
8.2	V'RINGS	67
8.3	ANÉIS RASPADORES	67
8.4	ANÉIS UNIÃO PARA PARAFUSOS.....	68
8.5	GAXETAS	68

8.5.1	Gaxeta Tipo Chevron	68
8.6	RETENTORES.....	68
8.7	ANÁLISE DE FALHAS E POSSÍVEIS CAUSAS DE VAZAMENTOS	70
8.8	SELEÇÃO DE VEDANTES POR CATÁLOGOS.....	70
8.8.1	Materiais de Vedantes	71
8.8.1.1	Borracha natural – NR.....	71
8.8.1.2	Borracha nitrílica – NBR.....	71
8.8.1.3	Etileno propileno – EPDM	71
8.8.1.4	Hypalon – CSM.....	71
8.8.1.5	Neoprene – CR	71
8.8.1.6	Poliuretano – AU	72
8.8.1.7	S.B.R.....	72
8.8.1.8	Silicone – SI	72
8.8.1.9	Teflon – PTFE	72
8.8.1.10	Couro.....	72
8.8.1.11	Chevron	72
8.8.1.12	Borracha para contato com produtos alimentícios	73
9	SISTEMAS HIDRÁULICOS.....	74
9.1	CLASSIFICAÇÃO DOS SISTEMAS ÓLEO HIDRÁULICOS.....	74
9.2	ESQUEMA GERAL DE UM SISTEMA HIDRÁULICO.....	75
9.3	VANTAGENS E DESVANTAGENS DOS SISTEMAS HIDRÁULICOS	76
9.3.1	Vantagens	76
9.3.2	Desvantagens	76
9.3.3	Comparações com Sistemas Pneumáticos	76
10	SÍMBOLOGIA GERAL.....	77
10.1	NÚMERO DE POSIÇÕES.....	81
10.2	NÚMERO DE VIAS	81
10.3	ACIONAMENTOS OU COMANDO.....	82
10.3.1	Acionamentos Musculares.....	82
10.3.2	Acionamentos Mecânicos.....	82
10.3.3	Acionamentos pneumáticos	83
10.3.4	Acionamento Elétrico	83
10.3.5	Tipos de Retorno	84
10.4	SÍMBOLOS BÁSICOS FUNCIONAIS.....	84
11	CIRCUITOS HIDRÁULICOS.....	98
11.1	O CIRCUITO HIDRÁULICO.....	98
11.2	SISTEMA HIDRÁULICO SIMPLES (CIRCUITO ABERTO)	98
11.3	SISTEMA HIDRÁULICO COM VÁLVULAS DIRECIONAIS EM SÉRIE	99
11.4	SISTEMA HIDRÁULICO COM VÁLVULAS DIRECIONAIS EM PARALELO	99
11.4.1	Válvulas Direcionais – Circuitos de Ligações.....	101
11.4.1.1	Ligaçāo em paralelo de elementos de válvulas	101
11.4.1.2	Ligaçāo em tandem.....	102
11.4.1.3	Ligaçāo em série.....	102
11.5	SISTEMA HIDRÁULICO DE 3 ESTÁGIOS DE PRESSÃO, COM ALIMENTAÇÃO DE PRESSÃO, COMANDADO À DISTÂNCIA	102
11.6	SISTEMA HIDRÁULICO COM CILINDRO LIGADO EM CIRCUITO REGENERATIVO	103
11.7	SISTEMA HIDRÁULICO COM DUPLO BLOQUEIO DE UM CILINDRO	104
11.8	SISTEMA HIDRÁULICO COM VÁLVULA DE CONTRA PRESSÃO E VÁLVULA DE RETENÇÃO COM DESBLOQUEIO HIDRÁULICO.....	105

11.9	SISTEMA HIDRÁULICO COM REGULAGEM DE PRESSÃO NO CILINDRO, COM LIGAÇÃO EM SEQUÊNCIA E DEPENDENTE DA PRESSÃO, PARA O AVANÇO E RETORNO DE UM SEGUNDO CILINDRO.....	106
11.10	SISTEMA HIDRÁULICO PARA UMA PRENSA, COM VÁLVULA DE PRÉ-ENCHIMENTO (OU DE SUCÇÃO) E CILINDRO DE AVANÇO RÁPIDO.....	107
11.11	SISTEMA HIDRÁULICO PARA O DESLOCAMENTO SIMULTÂNEO DE VÁRIOS CILINDROS. SISTEMA “BOWDEN”.....	108
11.12	SISTEMA HIDRÁULICO PARA O DESLOCAMENTO SINCRÔNICO, PRINCÍPIO DA DOSAGEM.....	110
11.13	EXEMPLO DE COMANDO PARA UMA EMPILHADEIRA	111
11.14	CIRCUITO FECHADO	113
11.15	SISTEMA HIDRÁULICO PARA APLICAÇÃO COM CARGAS ALTERNADAS	114
12	MANUTENÇÃO.....	116
12.1	ESPECIFICAÇÃO	116
12.2	TANQUE E CONDUTORES	116
12.3	EQUIPAMENTOS NOVOS	116
12.4	ABASTECIMENTO COM ÓLEO.....	117
12.5	ACUMULADORES HIDRÁULICOS.....	117
12.6	SENTIDO DE ROTAÇÃO DO MOTOR ELÉTRICO	118
12.7	INÍCIO DE FUNCIONAMENTO DO EQUIPAMENTO.....	118
12.8	DESAERAÇÃO	118
12.9	CONEXÕES.....	118
12.10	RENOVAÇÃO DO ÓLEO.....	119
12.11	FILTROS DE AR.....	119
12.12	FILTROS DE ÓLEO.....	120
12.13	LIMPEZA DO SISTEMA HIDRÁULICO.....	120
12.14	CONTROLE DA MANUTENÇÃO.....	121
12.15	ORGANOGRAMAS PARA LOCALIZAÇÃO DE DEFEITOS.....	122
12.15.1	Organograma 01	122
12.15.2	Organograma 02	123
12.15.3	Organograma 03	124
12.15.4	Organograma 04	125
12.15.5	Organograma 05	126
12.16	MONTAGEM DE COMPONENTES.....	127
12.17	MANUTENÇÃO PLANIFICADA.....	127
12.18	MANUTENÇÃO DE BOMBAS.....	129
12.18.1	Bomba Barulhenta	129
12.18.2	A Bomba Não Bombeia.....	130
12.18.3	Vazamentos em Torno da Bomba	131
12.18.4	Sobreaquecimento	131
12.18.5	Funcionamento Irregular	132
12.18.6	Baixa Pressão No Sistema	133
12.19.	MANUTENÇÃO DE EQUIPAMENTOS PNEUMÁTICOS.....	133
12.19.1	Filtros de Ar.....	134
12.19.2	Regulador de Pressão	135
12.19.3	Lubrificador	135
12.19.4	Cilindros de Ação Dupla	136
12.19.5	Cilindros de Ação Simples	137
12.19.6	Válvula de Atuação Pneumática.....	137

12.19.7	Válvulas de Atuação Elétrica	138
13	CIRCUITOS HIDRÁULICOS PNEUMÁTICOS	140
13.1	ELEMENTOS DE UTILIZAÇÃO DA ENERGIA HIDRÁULICA.....	140
13.2	ELEMENTOS DE GERAÇÃO DA ENERGIA HIDRÁULICA	140
13.3	ELEMENTOS DE CONTROLE DE ENERGIA HIDRÁULICA	141
13.4	ELEMENTOS DE TRANSMISSÃO DA ENERGIA HIDRÁULICA.....	141
13.5	MEIO DE TRANSMISSÃO DA ENERGIA HIDRÁULICA	141
13.6	EQUIPAMENTOS SUPLEMENTARES	141
13.7	DEFINIÇÃO DE C.H.P.	141
14	PRODUÇÃO DE AR COMPRIMIDO	142
14.1	TIPOS DE COMPRESSORES.....	143
14.2	REDE DE AR COMPRIMIDO	144
14.3	MANUTENÇÃO DA REDE DE AR COMPRIMIDO.....	145
14.3.1	Umidade do Ar	145
14.3.2	Secagem do Ar	146
14.3.2.1	Secagem por absorção	147
14.3.2.2	Secagem por adsorção	148
14.3.2.3	Secagem a frio	149
14.4	RESERVATÓRIO DE AR COMPRIMIDO	150
14.5	UNIDADE DE CONSERVAÇÃO.....	150
14.6	FILTRO DE AR COMPRIMIDO	150
14.7	FUNCIONAMENTO DO DRENO AUTOMÁTICO	151
14.8	REGULADOR DE PRESSÃO.....	152
14.9	LUBRIFICADOR DE AR COMPRIMIDO.....	153
15	ESQUEMAS DE COMANDO	155
15.1	REPRESENTAÇÃO DE SEQÜÊNCIA DE MOVIMENTOS.....	155
15.2	RELAÇÃO EM SEQÜÊNCIA CRONOLÓGICA	156
15.3	SETAS OU SÍMBOLOS	156
15.4	DIAGRAMA	156
15.5	DIAGRAMA DE MOVIMENTO	157
15.6	DIAGRAMA DE COMANDO	157
15.7	TIPOS DE ESQUEMA	159
15.7.1	Esquema de Comando de Posição	159
15.7.2	Esquema de Comando de Sistema.....	160
15.8	DENOMINAÇÃO DOS ELEMENTOS PNEUMÁTICOS.....	160
15.9	ELABORAÇÃO DOS ESQUEMAS DE COMANDO	162
15.9.1	Método Intuitivo	162
15.9.2	Método Cascata	162
16	CIRCUITOS HIDRÁULICOS	165
17	COMANDOS PNEUMÁTICOS	175
18	CIRCUITOS ELETROPNEUMÁTICOS	187
19	EXERCÍCIOS	198
20	EXERCÍCIOS – RESPOSTAS	204
	CONCLUSÃO	221
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	222

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Aplicações de pressões.....	4
Tabela 2 - Pressões em máquinas.....	7
Tabela 3 - Tubos de pressão.....	9
Tabela 4 - Tubos de sucção.....	9
Tabela 5 - Tubos de retorno.....	9
Tabela 6 - Grau de contaminação.....	52
Tabela 7 - Identificação de simbologia de válvulas.....	79
Tabela 8 - Símbolos básicos funcionais.....	85
Tabela 9 - Símbologia de linhas de fluxo.....	86
Tabela 10 - Símbolos de compressores e bombas.....	87
Tabela 11 - Símbolos de atuadores e motores rotativos.....	88
Tabela 12 - Símbolos de cilindros e atuadores lineares.....	89
Tabela 13 - Símbolos de acumuladores.....	90
Tabela 14 - Símbolos de trocadores de calor.....	91
Tabela 15 - Símbolos de filtros e purgadores.....	91
Tabela 16 - Símbolos de válvulas de pressão (a).....	92
Tabela 17 - Símbolos de válvulas de pressão (b).....	93
Tabela 18 - Símbolos de válvulas de bloqueio.....	93
Tabela 19 - Símbolos de válvulas de fluxo.....	94
Tabela 20 - Símbolos de instrumentos e acessórios.....	95
Tabela 21 - Símbolos de componentes elétricos (a).....	96
Tabela 22 - Símbolos de componentes elétricos (b).....	97
Tabela 23 - Secagem de ar.....	149
Tabela 24 - Passos de seqüência.....	156

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Distribuição de carga.....	3
Figura 2 - Diferença de pressão de acordo com a área de contato.....	4
Figura 3 - Diferença de pressão.....	5
Figura 4 - Prensa hidráulica.....	6
Figura 5 - Prensa hidráulica.....	7
Figura 6 - Fluido estático.....	8
Figura 7 - Fluido movendo-se.....	8
Figura 8 - Tendência de fluxo.....	9
Figura 9 - Tendência de fluxo com bloqueio.....	10
Figura 10 - Fluxo em série.....	10
Figura 11 - Tipos de bombas hidráulicas.....	11
Figura 12 - Esquema hidráulico.....	12
Figura 13 - Bomba linear de pistão radial.....	12
Figura 14 - Bomba linear de pistão axial.....	13
Figura 15 - Fluxo na bomba axial.....	13
Figura 16 - Bombas de engrenagem.....	14
Figura 17 - Bomba de palheta.....	15
Figura 18 - Reservatório.....	15
Figura 19 - Pistão.....	18
Figura 20 - Cilindro de simples ação (a).....	19
Figura 21 - Cilindro de simples ação (b).....	19
Figura 22 - Cilindro de dupla ação (a).....	20
Figura 23 - Cilindro de dupla ação (b).....	20
Figura 24 - Vista em corte de um cilindro hidráulico.....	20
Figura 25 - Utilização de cilindros em máquina ferramenta.....	21
Figura 26 - Utilização de cilindros (a).....	21
Figura 27 - Utilização de cilindros (b).....	22
Figura 28 - Utilização de cilindros (c).....	22
Figura 29 - Cilindro rotativo.....	23
Figura 30 - Motor hidráulico rotativo.....	23
Figura 31 - Válvula manuais.....	27
Figura 32 - Centros de válvula.....	28
Figura 33 - Válvula solenoíde.....	28
Figura 34 - Componentes hidráulicos utilizados num centro de usinagem computadorizado.	29
Figura 35 - Válvula de função "OU".....	29
Figura 36 - Válvula de função "E".....	30
Figura 37 - Válvula reguladora de pressão.....	30
Figura 38 - Válvula de controle direcional.....	32
Figura 39 - Controle direcional.....	32
Figura 40 - Válvula tipo globo.....	33
Figura 41 - Válvula tipo gaveta.....	33
Figura 42 - Válvula tipo esfera.....	33
Figura 43 - Válvula tipo agulha.....	34
Figura 44 - Válvula de retenção.....	34
Figura 45 - Pressão de acordo com a vazão.....	35
Figura 46 - Vazão x Diferencial de Pressão.....	35
Figura 47 - Válvula de escape rápido.....	36

Figura 48 - Regulagem de fluxo por desvio	37
Figura 49 - Regulagem de fluxo pela saída.....	37
Figura 50 - Regulagem de fluxo pela saída.....	37
Figura 51 - Tubo de viscosidade cinemática	38
Figura 52 - Viscosímetros.	39
Figura 53 - Viscosidade x Temperatura.	39
Figura 54 -Tipos de conexão	44
Figura 55 - Junção de tubos rígidos.....	45
Figura 56 - Problemas no alargamento, curvador de tubo e ferramenta para alargar.....	46
Figura 57 - Curvadores de tubos e tubos curvados.....	48
Figura 58 - Curvador e disposições da tubulação.....	49
Figura 59 - Uma mangueira com suas camadas a disposição e a disposição das conexões de mangueiras flexíveis.....	50
Figura 60 - Mangueiras e a forma de manuseá-las.....	51
Figura 61 - Filtros de sucção com “by-pass”	53
Figura 62 - Filtro de pressão.....	54
Figura 63 - Filtro de retorno.	54
Figura 64 - Filtro duplo.	55
Figura 65 - Filtro com indicador óptico (mecânico) de saturação.....	55
Figura 66 - Filtro com indicador eletro-óptico de saturação.	56
Figura 67 -Filtro de ar e de enchimento.	56
Figura 68 - Filtro.	56
Figura 69 - Pressostatos.....	57
Figura 70 -Pressostato de êmbolo, tipo HED 1	57
Figura 71 - Pressostato.	57
Figura 72 - Pressostato tipo êmbolo, tipo HED 4.....	58
Figura 73 - Pressostato de tubo Bourdoun, tipo HED 2	59
Figura 74 - Pressostato com 2 microinterruptores.....	59
Figura 75 – Válvula seletora e de controle.....	60
Figura 76 - Vista válvula seletora com controle.....	60
Figura 77 - Manômetro com controle.....	60
Figura 78 - Seletor para manômetro MS4.	61
Figura 79 -Seletor para manômetro MS5.	61
Figura 80 - Válvula de controle do manômetro e unidade de controle de pressão.....	61
Figura 81 - Válvula de controle do manômetro.....	62
Figura 82 - Controle do manômetro.	62
Figura 83 - Unidade de controle de pressão.	63
Figura 84 - Símbolo unidade de controle de pressão.	63
Figura 85 - O'ring.	67
Figura 86 - V'ring.	67
Figura 87 - Retentor.....	69
Figura 88 - Vedaçao do retentor.	69
Figura 89 - Posições de retentor.	69
Figura 90 - Tipos de retentor.	70
Figura 91 - Esquema de um sistema hidráulico.....	75
Figura 92 - Fluxograma dos esquemas de comando.....	75
Figura 93 - Representação de válvula (símbolo).	77
Figura 94 - Números de posições.	77
Figura 95 - Fluxo.	77
Figura 96 - Bloqueios.	77

Figura 97 - União de vias.....	77
Figura 98 - Entrada e saída.....	78
Figura 99 - Conexões.....	78
Figura 100 - Posições de comando.....	78
Figura 101 - Válvula com posição central de repouso.....	78
Figura 102 - Vias de exaustão sem conexão.....	78
Figura 103 - Vias de exaustão com conexão.....	78
Figura 104 - Numeração em símbolo de válvulas.....	79
Figura 105 - Direcionamento na simbologia de válvula.....	79
Figura 106 - Válvula direcional de 2 vias (2/2) - fechada.....	79
Figura 107 - Válvula direcional de 2 vias (2/2) - aberta.....	79
Figura 108 - Válvula direcional de 3 vias (3/2) - fechada.....	80
Figura 109 - Válvula direcional de 3 vias (3/2) - aberta.....	80
Figura 110 - Válvula direcional de 3 vias (3/3) - centro fechada.....	80
Figura 111 - Válvula direcional de 4 vias (4/2).....	80
Figura 112 - Válvula direcional de 4 vias (4/3) - fechada.....	80
Figura 113 - Válvula direcional de 4 vias (4/3).....	80
Figura 114 - Válvula direcional de 5 vias (5/2).....	81
Figura 115 - Válvula direcional de 5 vias (5/3).....	81
Figura 116 - Direção de fluxo.....	81
Figura 117 - Passagem bloqueada.....	81
Figura 118 - Escape livre.....	82
Figura 119 - Escape para conexão.....	82
Figura 120 - Acionamento muscular.....	82
Figura 121 - Acionamento mecânico.....	82
Figura 122 - Comando direto por aplicação de pressão.....	83
Figura 123 - Comando direto por alívio de pressão.....	83
Figura 124 - Comando direto por diferencial de área.....	83
Figura 125 - Diafragma.....	83
Figura 126 - Solenóide com 1 enrolamento.....	83
Figura 127 - Solenóide com 2 enrolamentos.....	83
Figura 128 - Por motor elétrico.....	84
Figura 129 - Por mola.....	84
Figura 130 - Trava (2 travas).....	84
Figura 131 - Piloto positivo.....	84
Figura 132 - Piloto negativo.....	84
Figura 133 - Sistema hidráulico simples.....	98
Figura 134 - Sistema hidráulico com válvulas direcionais em série.....	99
Figura 135 - Sistema hidráulico com válvulas direcionais em paralelo.....	100
Figura 136 - Válvulas direcionais (circuitos de ligação).....	101
Figura 137 - Válvulas em paralelo.....	101
Figura 138 - Ligação em tandem.....	102
Figura 139 - Sistema hidráulico de 3 estágios de pressão.....	103
Figura 140 - Sistema hidráulico com circuito ligado em circuito regenerativo.....	104
Figura 141 - Sistema hidráulico com duplo bloqueio de um cilindro.....	105
Figura 142 - Sistema hidráulico com válvula de contra pressão e de retenção com desbloqueio.....	106
Figura 143 - Sistema usado em exemplo de fixação e avanço de uma furadeira.....	107
Figura 144 - Sistema hidráulico para uma prensa.....	108
Figura 145 - Sistema Bowden.....	109

Figura 146 - Regulagem de velocidade (calandra).....	110
Figura 147 - Sistema hidráulico para deslocamento sincrônico.....	111
Figura 148 - Comando para empilhadeira.....	113
Figura 149 - Circuito fechado.....	114
Figura 150 - Sistema hidráulico para aplicação com cargas alternadas.....	115
Figura 151 - Organograma de barulho excessivo.....	122
Figura 152 - Organograma de calor excessivo.....	123
Figura 153 - Organograma de fluido incorreto.....	124
Figura 154 - Organograma de pressão incorreta.....	125
Figura 155 - Organograma de operação defeituosa.....	126
Figura 156 - Elementos de circuitos hidráulicos pneumáticos.....	140
Figura 157 - Unidade de produção de ar comprimido.....	142
Figura 158 - Unidade de distribuição de ar comprimido.....	143
Figura 159 - Cuidados na instalação.....	144
Figura 160 - Válvula de fechamento.....	145
Figura 161 - Gráfico do ponto de orvalho.....	146
Figura 162 - Secador de ar.....	147
Figura 163 - Secagem por absorção.....	148
Figura 164 - Secagem por adsorção.....	148
Figura 165 - Secagem a seco.....	149
Figura 166 - Reservatório de ar comprimido.....	150
Figura 167 - Filtro de ar comprimido.....	151
Figura 168 - Dreno automático em filtro.....	151
Figura 169 - Regulador de pressão.....	152
Figura 170 - Regulador de pressão sem escape.....	153
Figura 171 - Lubrificador de ar.....	153
Figura 172 - Unidade de conservação.....	154
Figura 173 - Seqüência de movimentos.....	155
Figura 174 - Diagrama trajeto-passo.....	157
Figura 175 - Diagrama trajeto-tempo.....	157
Figura 176 - Diagrama de comando.....	158
Figura 177 - Diagrama de funcionamento.....	158
Figura 178 - Esquema de comando de posição.....	159
Figura 179 - Esquema de comando de sistema.....	160
Figura 180 - Denominação dos elementos pneumáticos.....	161
Figura 181 - Numeração de posicionamento.....	161
Figura 182 - Método cascata.....	163
Figura 183 - Exemplo do método cascata.....	164
Figura 184 - Alimentação do sistema.....	164

LISTA DE EQUAÇÕES

1.1 – Equação da Pressão	5
1.2 – Equação da Vazão	5
1.3 – Resistência a passagem de fluido	8
14.1 – Umidade Relativa	146

INTRODUÇÃO

O desenvolvimento desta apostila surgiu da necessidade de um treinamento técnico específico na área de circuitos hidráulicos pneumáticos para pessoal de usina hidrelétrica. A princípio seria somente um treinamento específico, mas depois vimos que algo mais generalizado seria mais útil para o setor acadêmico também, por isso o tema foi utilizado como trabalho de graduação.

Esta apostila tem um aparato geral sobre todos os elementos que constituem os circuitos hidráulicos e pneumáticos, desde uma avaliação geral de hidráulica até circuitos completos. A linguagem está mais voltada para o público técnico assim como os modelos de sistemas. Os exercícios de fixação foram desenvolvidos com o intuito de familiarizar o leitor com o assunto, assim como praticar a utilização da simbologia vigente.

1 CONCEITOS DE HIDRÁULICA

Hidráulica – é uma ciência baseada nas características físicas dos líquidos em repouso e em movimento. Potência hidráulica é aquela fase da hidráulica que se refere ao uso dos líquidos para transferir potência de um local para outro. Portanto, é essencial para o estudo dos princípios de potência hidráulica, compreender o conceito de potência e fatores relacionados.

Entende-se por hidráulica os movimentos, a transmissão e o controle de forças mediante líquidos.

As instalações e elementos hidráulicos são muito utilizados na área técnica. Empregam-se, por exemplo, na construção de:

- máquinas-ferramenta;
- prensas;
- sistemas de fabricação;
- automóveis;
- aviões;
- navios.
-

As vantagens do acionamento hidráulico são:

- velocidade variável – através da válvula reguladora de fluxo;
- reversibilidade através da válvula direcional;
- parada instantânea – através da válvula direcional;
- proteção contra sobre carga – através da válvula de segurança ou limitadora de pressão;
- dimensões reduzidas.

Fluido – líquido ou gás, mas em hidráulica, líquido utilizado como meio de transmitir energia (óleo ou água).

Funções do fluido hidráulico:

- transmitir energia;
- lubrificar peças móveis;
- vedar folga entre essas peças móveis;
- resfriar ou dissipar calor;
- limpar o sistema.

Principais fluidos hidráulicos:

- água (com aditivo);
- óleos minerais;
- fluidos sintéticos;
- fluidos resistentes ao fogo (emulsões de glicol em água, soluções de glicol em água e fluidos sintéticos não aquosos).

Potência – é a medida de uma determinada força, que se move através de uma determinada distância, a uma determinada velocidade. Para compreender esta afirmação, precisamos definir força.

Força - é definida como qualquer causa que tende a produzir ou modificar movimentos. Devido à inércia, um corpo em repouso tende a permanecer em repouso, e um corpo em movimento tende a permanecer em movimento, até ser atuado por uma força externa. A resistência à mudança de velocidade depende do peso do objeto e da fricção entre as superfícies de contato. Se quisermos movimentar um objeto, como a cabeça de uma máquina-ferramenta (torno), devemos aplicar-lhe uma força. A quantidade de força necessária dependerá da inércia do objeto. A força pode ser expressa em qualquer das unidades de medida de peso, mas comumente é expressa em quilos ou libras.

1.1 DISTRIBUINDO E CONCENTRANDO



Figura 1 - Distribuição de carga.

Uma moça com sapato de 'salto agulha' e um homem de bota caminham lado a lado. Qual causa maior dano onde pisa?

Acredite ou não, é o sapato com salto agulha! Ele pode arruinar tapetes e perfurar buracos no chão. Não, não é porque a moça aplica no chão uma força maior que a do homem da bota.

É porque a força que ela aplica está concentrada numa área bem pequena. Ela produz, com isso, uma **pressão** bem alta.

A pressão exercida pelas forças nos informa quão distribuídas ou concentrada elas estão. Para conhecer o valor de uma pressão, precisamos de duas informações:

- a intensidade da força resultante;
- a área da superfície na qual as forças agem.

Usamos, então, da expressão:

$$P = \frac{F}{A} \quad (1.1)$$

Sendo que:

P = pressão (Pa);

F = força (N);

A = área (m^2).

A pressão (grandeza escalar) é medida em Newton por metro quadrado (N/m^2) ou Pascal (Pa).

Exemplificando:

Os blocos, na ilustração a seguir, graças a seus pesos (que são as resultantes de todas as forças gravitacionais que agem em cada uma de suas partículas) exercem pressão contra o chão.

Salientamos, em cada caso, o valor dessa resultante (o peso) e a área da superfície de apoio.

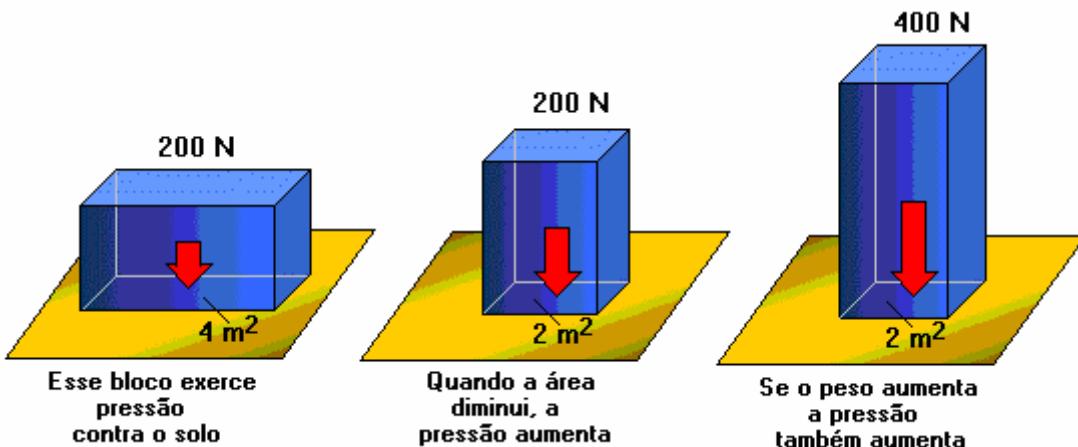


Figura 2 - Diferença de pressão de acordo com a área de contato.

Para as situações ilustradas o cálculo fornece, respectivamente, as seguintes pressões: 50 Pa, 100 Pa e 200 Pa.

Caso esteja interessado em confrontos, a pressão exercida pelo salto agulha da moça citada na introdução desse trabalho é de cerca de $2.000.000 \text{ N/m}^2$. É claro que o salto deste sapato tem área bem menor que 1 m^2 ; mas esse salto tem o efeito esmagador contra o chão de $2.000.000 \text{ N}$ distribuídos em 1 m^2 .

Assim, a 'lei áurea' das pressões será:

Use área grande para diminuir a pressão	Use área pequena para aumentar a pressão
Caminhar sobre areia dói menos que caminhar sobre pedregulhos: menor pressão significa menos dor!	Cravos em chuteiras de futebol elevam a pressão e permitem afundar no solo.
A força da cabeça do parafuso é mais bem distribuída pela arruela; isso evita que a cabeça do parafuso penetre no madeiramento.	A lâmina da faca: quanto mais afiada, maior será a pressão exercida.
Animais pesados necessitam de pernas espessas; caso contrário seus ossos não suportariam a pressão.	Os alfinetes e percevejos para fixação têm pontas, a pressão que exercem é maior do que a madeira pode tolerar.

Tabela 1 - Aplicações de pressões.

Pressão absoluta - é a soma da pressão atmosférica mais a sobrepressão (indicada pelo manômetro).

Pressão relativa - também chamada de sobrepressão, não está incluída a atmosférica.

Pressão atmosférica - é a pressão exercida por uma coluna de mercúrio (Hg) de 760 mm de altura, a 0°C de temperatura ao nível do mar (barômetro de Torricelli).

As unidades de pressão mais utilizadas nas indústrias são:

$$1atm = 1bar = 1kgf/cm^2 = 1kp/cm^2 = 14,7\ psi \quad (1.1)$$

1.2 CONCEITO DE VAZÃO

Vazão (Q) é o volume (V) de um fluido que passa na secção transversal de uma tubulação num certo intervalo de tempo (t).

Matematicamente:

$$Q = \frac{V}{t} \quad (1.2)$$

No Sistema Internacional de Unidades (SI), a vazão é expressa em m³/s.

Outras unidades de vazão são: L/min; L/s; cm³/s.

1.3 A LEI DE PASCAL

A pressão em determinada região do líquido, é devido ao peso da coluna líquida, que vai desde essa região até à sua superfície livre, ou seja, a profundidade dessa região. Assim sendo, ela é maior perto do fundo do frasco que a contém e decresce gradualmente conforme vamos nos aproximando da superfície livre. Isso pode ser mostrado facilmente, fazendo-se pequenos furos laterais em um recipiente (um recipiente de cartolina enrolada em forma de um cilindro e com seu fundo tapado, permite facilmente realizar esse experimento). Observaremos as diferenças de pressões nos vários níveis, comparando as dimensões e os alcances dos diferentes jatos formados (a).

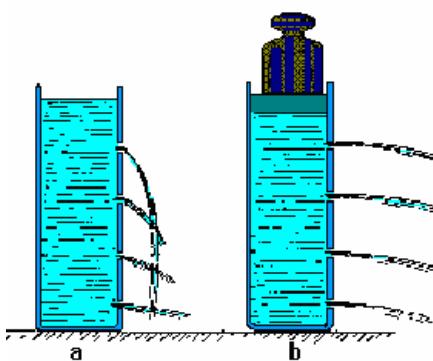


Figura 3 - Diferença de pressão.

O aumento de pressão numa dada região se transmite a todas as outras regiões.

Se submetermos a água contida num cilindro a uma pressão adicional, adaptando a esse cilindro um êmbolo com um peso considerável em cima (b), a situação será bem diferente da anterior. A água jorrará dos orifícios superiores quase tão rapidamente quanto dos inferiores. Se o peso colocado sobre o êmbolo for muito maior que o peso da água, todos os jatos terão a mesma forma e apresentarão alcances horizontais iguais. Como a velocidade dos

jatos de água é determinada pela pressão no interior do recipiente, concluímos que: um líquido comprido num frasco exerce a mesma pressão sobre todas as regiões de suas paredes.

Essa lei básica no estudo da Ciência foi descoberta pelo físico francês Blaise Pascal (1623-1662), e tem o seu nome.

1.3.1 Prensa Hidráulica

Imaginemos um recipiente fechado, com dois cilindros de diâmetros diferentes projetando-se de sua parte superior. Em cada cilindro, vamos adaptar um êmbolo sobre o qual podemos colocar pesos. Se colocarmos um peso sobre o êmbolo do cilindro menor, ele produzirá uma pressão adicional sobre a água que preenche o recipiente todo. Tal pressão irá se transmitir para todas as regiões do recipiente, através da água, inclusive sobre a base do êmbolo maior. Entretanto, como a área desse êmbolo é maior, a força total contra ele será também maior.

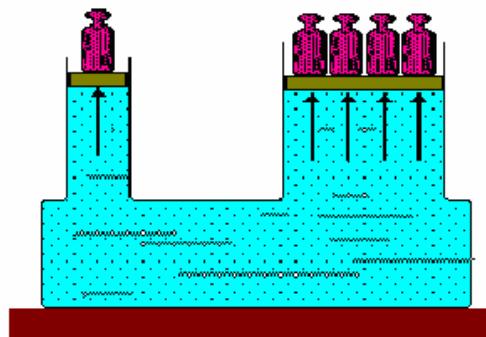


Figura 4 - Prensa hidráulica.

1.3.2 Ilustrando a Lei de Pascal

Nessa ilustração, a área do êmbolo da direita é quatro vezes maior que a área do êmbolo da esquerda (o diâmetro dele é o dobro do diâmetro do outro; a figura não mostra a escala correta). Já que a força total sobre o êmbolo da direita será quadruplicada, temos que colocar sobre ela quatro pesos, para manter o equilíbrio. Vamos deixar isso bem claro: a pressão é a mesma nas bases dos dois êmbolos; é a pressão exercida pela água. As forças, entretanto, são diferentes; ela é mais intensa na base do êmbolo de maior área.

Esse comportamento aqui descrito é a base da chamada prensa hidráulica, na qual a pressão exercida por um líquido, proveniente de uma força relativamente pequena, aplica um esforço muito mais considerável em outro êmbolo de diâmetro maior. É um equipamento desse tipo que levanta os automóveis, em postos de gasolina, para lavagens, trocas de óleo e manutenções. Na figura a seguir, ilustramos uma dessas prensas utilizadas para comprimir fardos.

A pequena força aplicada na extremidade livre da alavancas provoca o deslocamento do pequeno êmbolo do cilindro menor. A pressão adicional desenvolvida transmite-se até a base do êmbolo grande e aí provoca um deslocamento que comprime fortemente o fardo. As válvulas v1 e v2 controlam as passagens do líquido (que, em geral, é óleo) do recipiente inferior externo para os cilindros.

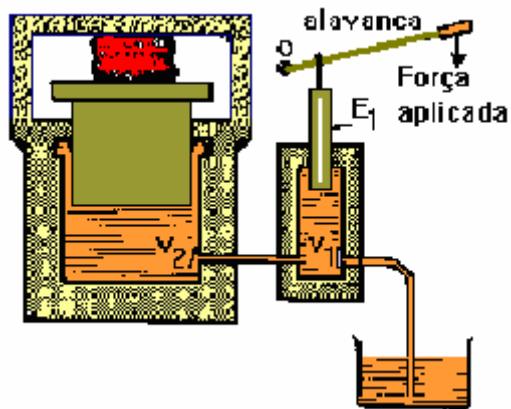


Figura 5 - Prensa hidráulica.

1.4 PRESSÃO DE SERVIÇO UTILIZADA

As vantagens da hidráulica residem no fato de que pequenos elementos, facilmente pilotados e regulados, podem produzir e transmitir forças e potências elevadas.

Máquinas operatrizes com remoção de cavaco	20 a 75 bar
Máquinas de solda	50 a 175 bar
Prensas	100 a 500 bar
Máquinas para injetar metal	100 a 200 bar
Máquinas para injetar plástico	200 a 400 bar
Máquinas para mineração e meios de transporte	150 a 450 bar
Máquinas para construção e meios de transporte	100 a 200 bar
Máquinas de construção, esteiras, draga	100 a 250 bar
Guinchos, abertura de porão	50 a 350 bar
Máquinas agrícolas	100 a 150 bar

Tabela 2 - Pressões em máquinas.

A colocação em marcha de objeto parado com carga máxima é possível com cilindros hidráulicos ou com motores hidráulicos. Dispondo os correspondentes elementos de comando, pode-se inverter rapidamente a direção do movimento. Os elementos hidráulicos são auto-lubrificantes e, portanto, duráveis.

Não obstante a hidráulica tem desvantagem. Na maioria dos casos, estas se encontram no meio de transmissão de pressão, ou seja, no líquido.

Nas altas pressões do líquido existem perigos inerentes. Por esta razão, deve-se prestar muita atenção para que todas as conexões estejam firmemente apertadas e estanques.

O atrito e as fugas do óleo reduzem o rendimento. Entretanto, pode-se dizer que a hidráulica combinada com a eletrotécnica, à mecânica e à pneumática, permitem soluções racionais de problemas técnicos de fabricação.

1.5 RESISTÊNCIA À PASSAGEM DO FLUIDO

Em um sistema hidráulico fechado, a pressão que um líquido em repouso exerce sobre as paredes do depósito ou tubos é igual em todas as áreas da parede. Se um líquido em estado de repouso, fechado em tubos é submetido à pressão, esta pressão é igual em todas as partes, isto é, o valor indicado nos manômetros é sempre o mesmo.

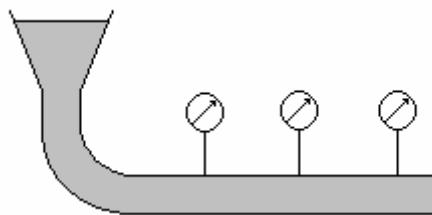


Figura 6 - Fluido estático.

Se o líquido se move no tubo, no sentido da seta, a pressão vai tornando-se cada vez menor.

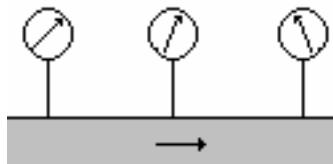


Figura 7 - Fluido movendo-se.

Esta queda de pressão se produz em qualquer fluxo que circula por um tubo, em virtude da “resistência à passagem do fluido”.

A queda de pressão depende do:

- atrito interno do líquido
- atrito entre o líquido e as paredes do tubo

Influenciam na queda de pressão:

- a velocidade
- se o fluxo é laminar ou turbulento
- a viscosidade do líquido
- a rugosidade do tubo
- a vazão
- as variações na seção do tubo
- cotovelos, válvulas, etc.
- comprimento da tubulação
- diâmetro do tubo

A resistência à passagem de fluido, como valor numérico de uma grandeza física pode ser determinada, como valor exato, unicamente através de ensaios.

Por exemplo, se por uma tubulação de 1 m de comprimento flui uma vazão de 10 l/min e se lê uma diferença de pressão de 500 kPa (5 bar) se escreve:

$$resist = \frac{500 \text{ kPa}}{10 \text{ l/min}} \quad (1.3)$$

O dobro da diferença de pressão não significa que a vazão se duplique como na eletrotécnica, onde o dobro da tensão significa o dobro da corrente. Nos líquidos em movimento, os processos são mais complicados. A perda de pressão e vazão não é proporcional, como demonstram os ensaios.

A resistência à passagem de fluido é produzida pelas variações da secção da tubulação, por atritos internos, atritos contra a parede da tubulação e conexões.

1.5.1 Velocidades de Fluxo Recomendadas no Sistema Óleo-Hidráulico

Tubos de pressão:

$p < 50$ bar	4 m/s
$50 < p < 100$ bar	4 – 5 m/s
$100 < p < 200$ bar	5 – 6 m/s
$p > 200$ bar	6 – 7 m/s

Tabela 3 - Tubos de pressão.

Tubos de sucção:

- 0,3 a 1,5 bar	1 a 2 m/s
-----------------	-----------

Tabela 4 - Tubos de sucção.

Tubos de retorno:

3 a 20 bar	2 a 3 m/s
------------	-----------

Tabela 5 - Tubos de retorno.

1.5.1.1 Fluxo em paralelo

Uma característica peculiar dos líquidos é que eles sempre procuram os caminhos que oferecem sempre menos resistência. Assim quando houver duas vias de fluxo em paralelo, cada qual com resistência diferente, a pressão só aumenta o necessário e o fluxo procura sempre a via mais fácil.

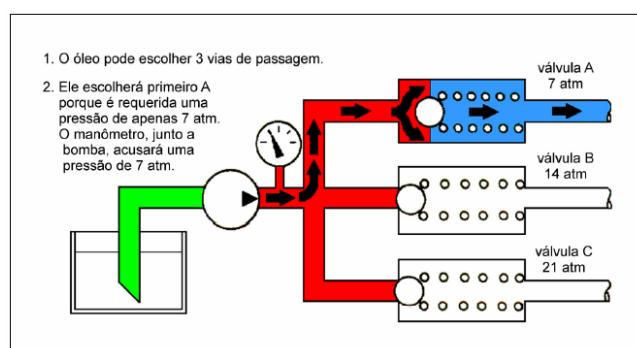


Figura 8 - Tendência de fluxo.

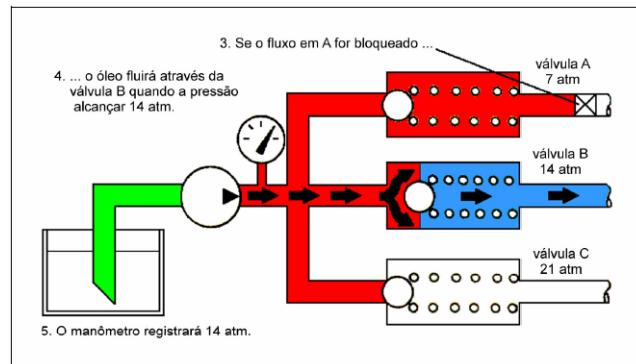


Figura 9 - Tendência de fluxo com bloqueio.

1.5.1.2 Fluxo em série

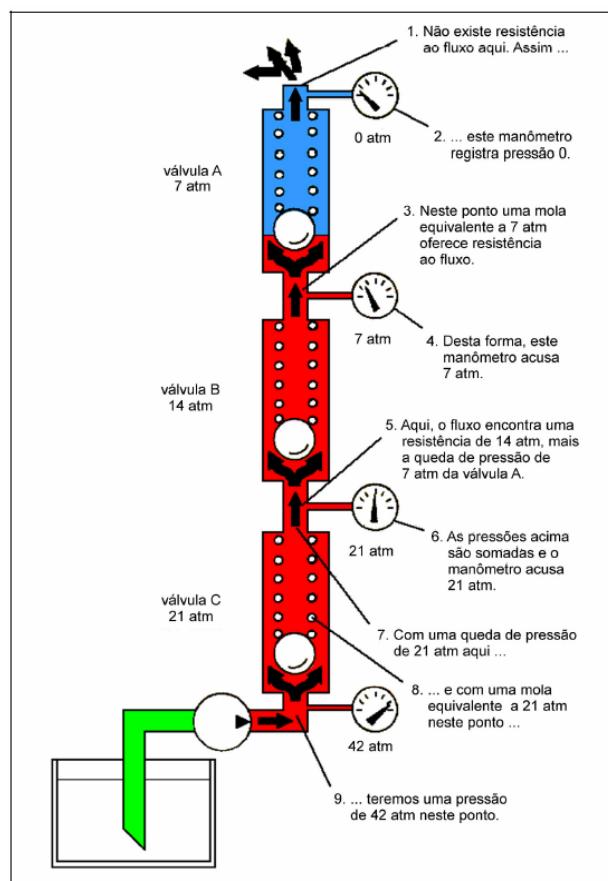


Figura 10 - Fluxo em série.

2 BOMBAS HIDRÁULICAS

A função das bombas é a de transformar a energia mecânica (motor de acionamento) em energia hidráulica (transmissão de pressão através do fluxo).

A instalação de bombas em um sistema hidráulico visa produzir um fluxo capaz de transmitir pressão, por exemplo, como bombas de elevação, de enchimento ou lubrificação.

Todas as bombas hidráulicas funcionam segundo o princípio de deslocamento. São denominadas de acordo com a forma do deslocamento do líquido sob pressão.

Classificação das bombas hidráulicas segundo o deslocamento:

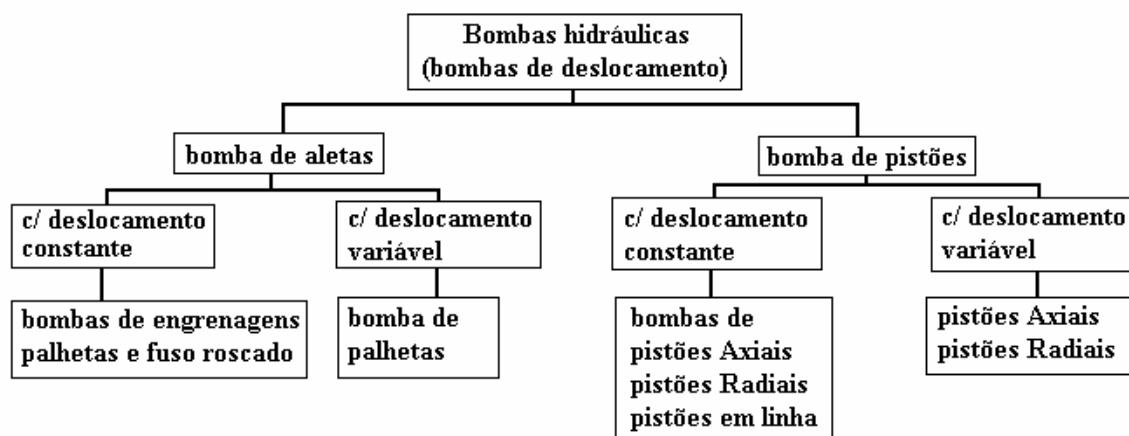


Figura 11 - Tipos de bombas hidráulicas.

As bombas hidráulicas trabalham pelo princípio de deslocamento. Isto significa que líquido sob pressão é pressionado para dentro das tubulações e deslocado em direção ao elemento de trabalho (geralmente cilindros).

O deslocamento do líquido é efetuado por pistões, bombas rotativas (palhetas), fuso helicoidal, ou também pelos dentes de engrenagens.

As construções são, portanto, bastante variadas. Todas elas efetuam o deslocamento do líquido sob pressão em direção ao elemento de trabalho. Porém, devido ao tipo construtivo da bomba, o fluxo líquido sob pressão pulsa.

Os elementos de deslocamento movimentam-se dentro da bomba, a fim de produzir a vazão. Em consequência, estes elementos pressionam o líquido em direção ao elemento de trabalho. Na bomba de pistão, isto está claro. Devido ao curso de retorno, se produzem fortes oscilações de pressão.

Mesmo se, numa bomba de pistões, vários pistões forem acionados por um eixo, a vazão continuará sendo pulsante.

O mesmo ocorre nas bombas rotativas de palhetas e nas bombas de engrenagens. As bombas de fuso helicoidal trabalham quase sem pulsações.

Em algumas bombas hidráulicas, a vazão é regulável. A regulagem se efetua modificando o volume da câmara da bomba.

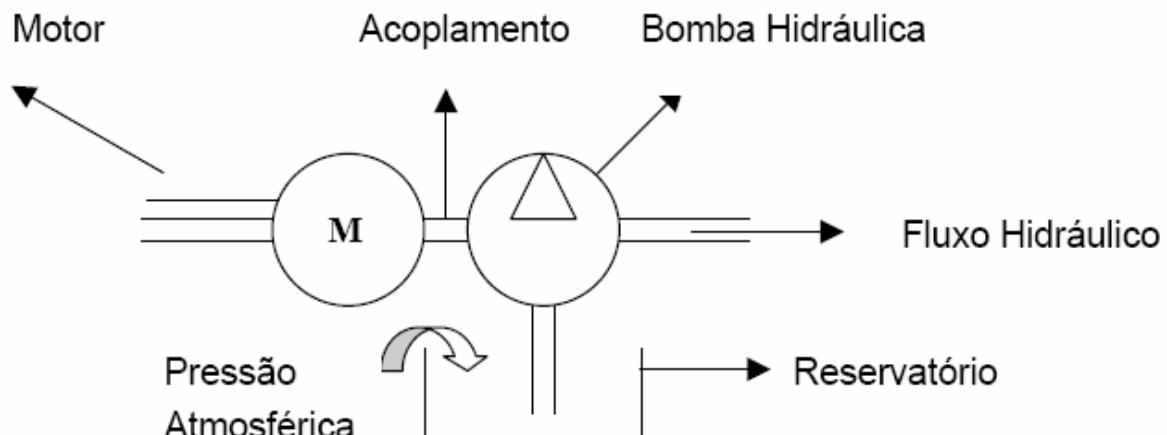


Figura 12 - Esquema hidráulico.

2.1 BOMBAS LINEARES DE PISTÕES RADIAIS

Nesse tipo de bomba, o conjunto gira em um pivô estacionário por dentro de um anel ou rotor. Conforme vai girando, a força tangencial faz com que os pistões sigam o contorno do anel, que é excêntrico em relação ao bloco de cilindros.

Quando os pistões começam o movimento alternado dentro de seus furos, os pórticos, localizados no pivô, permitem que os pistões admitam o fluido do pórtico de entrada - e estes se movem para fora - descarregando no pórtico de saída quando os pistões são forçados pelo contorno do anel, em direção ao pivô.

O deslocamento de fluido depende do tamanho e do número de pistões no conjunto, bem como do curso desses pistões. Existem modelos em que o deslocamento de fluido pode variar, modificando-se o anel para aumentar ou diminuir o curso dos pistões. Existem, ainda, controles externos para esse fim.

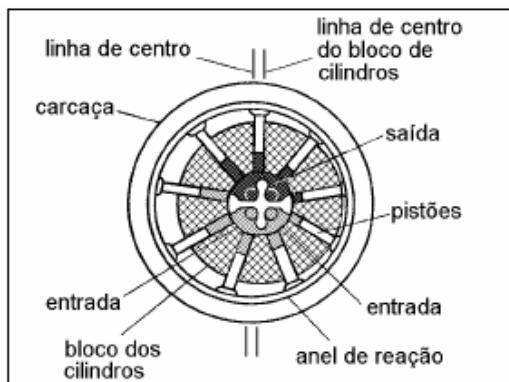


Figura 13 - Bomba linear de pistão radial.

2.2 BOMBAS LINEARES DE PISTÕES AXIAIS

Uma bomba muito utilizada dentro dessa categoria é aquela em que o conjunto de cilindros e o eixo estão na mesma linha, e os pistões se movimentam em paralelo ao eixo de açãoamento.

Os pistões são ajustados nos furos e conectados, através de sapatas, a um anel inclinado.

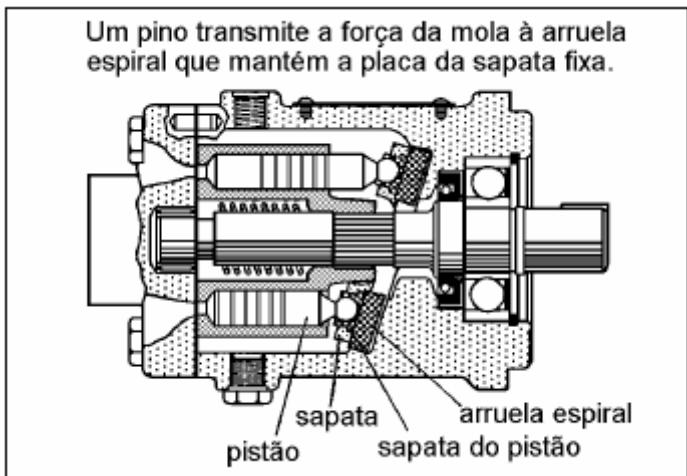


Figura 14 - Bomba linear de pistão axial.

Quando o conjunto gira, as sapatas seguem a inclinação do anel, causando um movimento recíproco dos pistões nos seus furos.

Os pórticos estão localizados de maneira que a linha de entrada se situe onde os pistões começam a recuar, e a abertura de saída onde os pistões começam a ser forçados para dentro dos furos do conjunto.

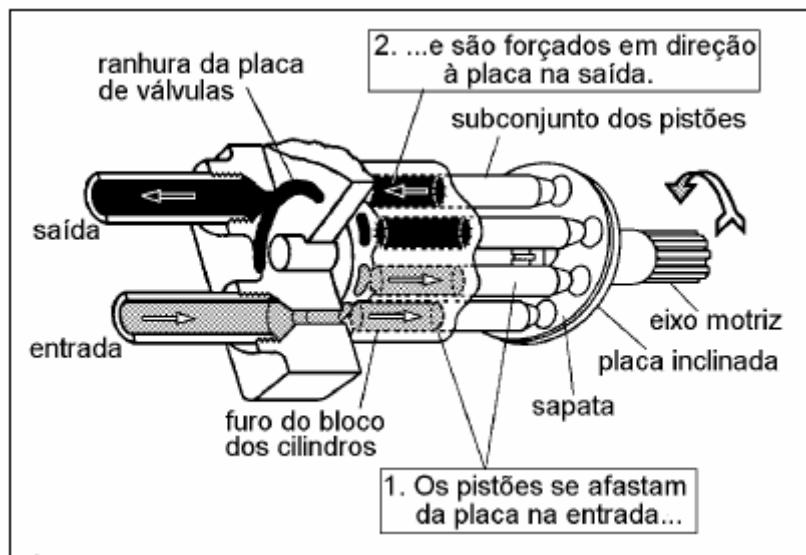


Figura 15 - Fluxo na bomba axial.

Nesse tipo de bomba, o deslocamento de fluido é determinado pelo tamanho e quantidade de pistões, bem como de seus cursos; a função da placa inclinada é controlar o curso dos pistões.

Nos modelos com deslocamento variável, a placa está instalada num suporte móvel. Movimentando esse suporte, o ângulo da placa varia para aumentar ou diminuir o curso dos pistões. O suporte pode ser posicionado manualmente, por servo-controle, por compensador de pressão ou por qualquer outro meio de controle.

2.3 BOMBAS ROTATIVAS DE ENGRANAGENS

Essas bombas apresentam rodas dentadas, sendo uma motriz, acionada pelo eixo, que impulsiona a outra, existindo folgas axial e radial vedadas pela própria viscosidade do óleo. No decorrer do movimento rotativo, os vãos entre os dentes são liberados à medida que os dentes se desengrenam. O fluido proveniente do reservatório chega a esses vãos e é conduzido do lado da sucção para o lado da pressão. No lado da pressão, os dentes tornam a se engrenar e o fluido é expulso dos vãos dos dentes; as engrenagens impedem o refluxo do óleo para a câmara de sucção.

A seguir mostramos o esquema de uma bomba de engrenamento externo.

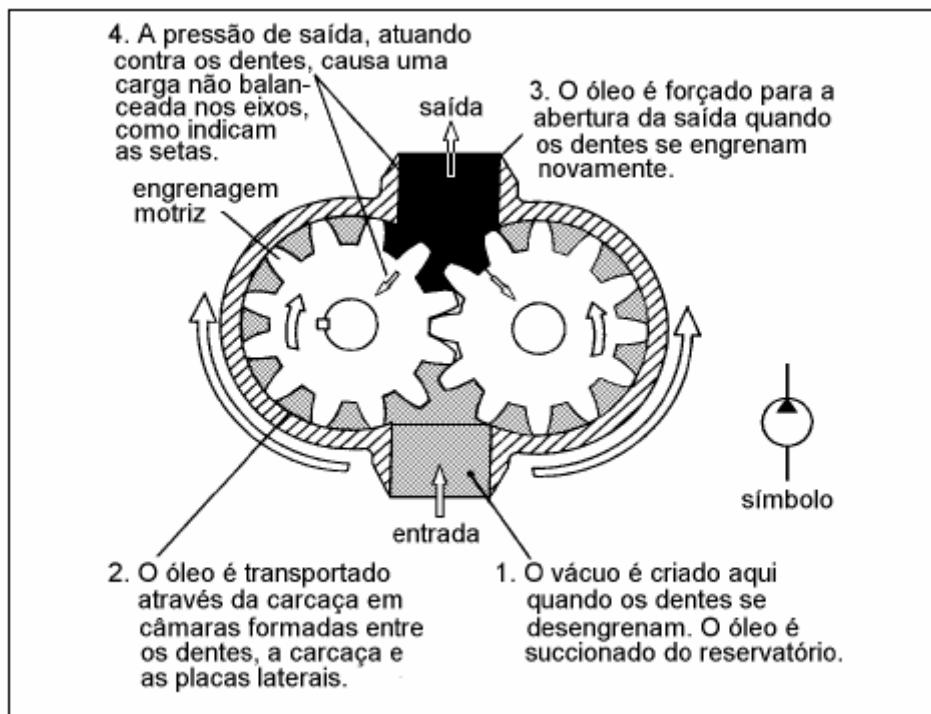


Figura 16 - Bombas de engrenagem.

Esse tipo de bomba é geralmente usado para pressões até 210 bar e vazão até 660 l/min.

Vemos então, que a bomba de engrenagens é mais bem utilizada em circuitos que requeiram baixa ou média vazão e pressão relativamente alta.

Ela é bem robusta, o que se trata de uma grande vantagem, pois possui apenas duas peças móveis. Já as desvantagens consistem em ruído excessivo no funcionamento, vazão fixa e necessidade de válvula de alívio. O ruído pode ser atenuado com a confecção de engrenagens do tipo helicoidal ou ainda espinha de peixe, acarretando porém uma grande elevação no custo da bomba, que é baixo em bombas de dentes retos.

Ainda há a vida limitada a que a bomba de engrenagens está sujeita, que é devido ao fato de que a operação dessa bomba provoca um constante esforço radial contra os mancais ocasionando o seu rápido desgaste. Com isso, as engrenagens passam a ter contato com a base da bomba, danificando-a em definitivo.

2.4 BOMBAS ROTATIVAS DE PALHETAS

Nas bombas de palhetas, um rotor cilíndrico, com palhetas que se deslocam em rasgos radiais, gira dentro de um anel circular. Pela ação das forças tangenciais, as palhetas tendem a sair do rotor, sendo obrigadas a manter contato permanente com a face interna do anel. Mas a pressão sob as palhetas as mantém contra o anel de reação.

Esse sistema tem a vantagem de proporcionar longa vida à bomba, pois as palhetas sempre mantêm contato com o corpo, mesmo se elas apresentarem desgastes.

As palhetas dividem o espaço existente entre o corpo e o rotor em uma série de câmaras que variam de tamanho de acordo com sua posição ao redor do anel.

A entrada da bomba fica localizada em um ponto onde ocorre a expansão do tamanho das câmaras de acordo com o sentido de rotação do rotor e da sua excentricidade em relação ao anel. O vácuo parcial, gerado pela expansão das câmaras de bombeamento, faz com que a pressão atmosférica empurre o óleo para o interior da bomba. O óleo é então transportado da entrada para a saída da bomba, onde as câmaras reduzem de tamanho, forçando o fluido para fora.

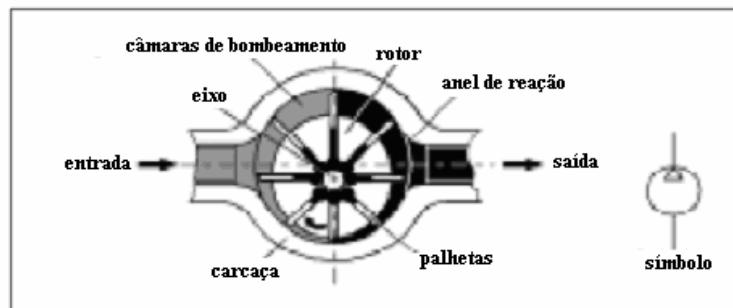


Figura 17 - Bomba de palheta.

As bombas de palhetas podem ser balanceadas ou não, de deslocamento fixo ou variável e ainda possuírem ou não, um sistema interno de compensação de pressão.

2.5 RESERVATÓRIO

Para a instalação de bombas hidráulicas é necessário também que exista um reservatório para o fluido. Os reservatórios são os lugares aonde o fluido é filtrado e armazenado. Abaixo se vê um exemplo de um reservatório.

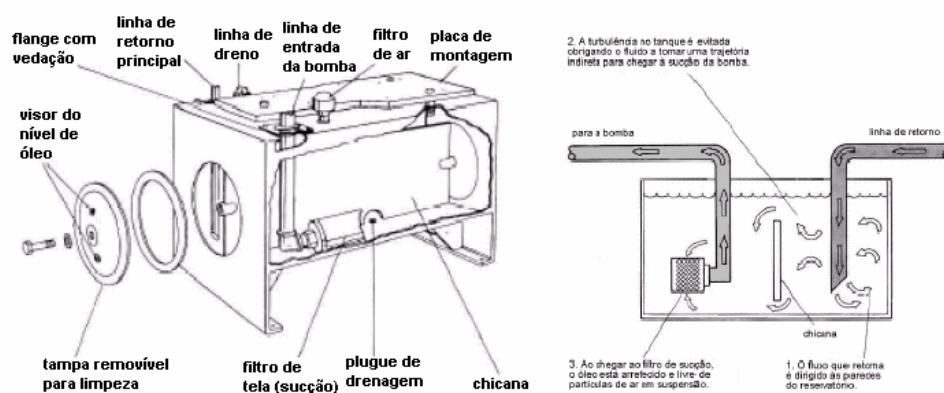


Figura 18 - Reservatório.

2.6 CUIDADOS NA INSTALAÇÃO DE BOMBAS.

Assim como qualquer equipamento elétrico ou mecânico, o equipamento hidráulico requer uma série de cuidados para ser instalado ou mantido, a fim de que sua vida útil não seja abreviada. Isso acontece principalmente com as bombas que, por serem um dos equipamentos mais solicitados em um sistema hidráulico, estão mais sujeitas à falha prematura.

2.7 ALINHAMENTO DAS BOMBAS

Uma das primeiras precauções que deve ser tomada na instalação de uma bomba é a do alinhamento na união da bomba com o motor de acionamento. Duas são as possibilidades de desalinhamento: o axial e o angular.

Quando a bomba está inclinada ou em desnível com o motor, haverá um esforço sobre o eixo, que será transmitido às partes girantes internas da bomba, ocasionando o desgaste prematuro quando não, a quebra instantânea da bomba, logo no princípio de funcionamento. Devemos admitir, porém, que por mais perfeitos que sejam os processos de medição, sempre poderemos incorrer em um dos dois tipos de erros expostos acima. Podemos, então, corrigir isto utilizando acoplamentos flexíveis que permitam uma pequena faixa de erro que possa ocorrer.

Geralmente, os próprios fabricantes de bombas recomendam qual acoplamento deve ser usado para um serviço determinado.

Obs.: O mesmo cuidado deve ser observado quando a transmissão for feita por correias, engrenagens ou outro tipo qualquer.

Eventualmente ocorre que uma bomba que gire em sentido horário (rotação à direita), seja instalada para girar no outro sentido (rotação à esquerda). Como resultado, teremos que a bomba não irá succionar fluido e girará a seco. Isso fará com que o atrito entre as partes móveis com as fixas da bomba, que iriam sofrer uma lubrificação automática através do fluido succionado, originem uma geração de calor excessiva que poderá ocasionar, inclusive, uma soldagem entre as partes, rompendo o eixo da bomba.

É fácil se perceber quando a bomba gira sem óleo (mesmo que esteja girando no sentido correto). O nível de ruído durante o seu funcionamento será bem mais elevado do que quando em trabalho normal. Os fabricantes sempre indicam o sentido de rotação de trabalho da bomba. Ele pode vir indicado tanto no perfil, como na tampa da carcaça da bomba.

2.8 CAVITAÇÃO

Quando a bomba foi instalada corretamente, porém, observa-se que a mesma emite ruídos como “pipocas estalando na panela”, dizemos que a bomba está cavitando, em outras palavras, está ocorrendo à formação de bolhas de ar que implodem e “cavam” material internamente à bomba.

Alguns autores divergem quanto à causa do aparecimento da cavitação. Publicações mais atuais justificam que as bolhas de gás aparecem quando se atinge a pressão de vaporização do fluido, liberando, assim, o gás que se encontra dissolvido no fluido.

Se a bomba está cavitando, cinco medidas devem ser adotadas:

- a) Verifique se o filtro de sucção está totalmente imerso no fluido e se o respiro do reservatório não se encontra obstruído;

- b) Verifique se a viscosidade do fluido é aquela recomendada pelo fabricante;
- c) Escorve a bomba quando no princípio de funcionamento;
- d) Verifique se as uniões do duto de sucção (cotovelos, junções, etc.) estão bem vedadas;
- e) Verifique se o fluido utilizado é o recomendado pelo fabricante;
- f) Verifique se as dimensões da linha de sucção estão corretas.

2.9 QUALIDADE DO FLUIDO

Devemos assegurar sempre que o fluido esteja livre de impurezas, principalmente de partículas sólidas, pois do contrário provocaremos um desgaste prematuro da bomba. Devemos ter, portanto, uma boa filtragem no retorno do fluido para o reservatório (filtro de 10 μ de malha) e razoável na sucção (filtro de 150 μ de malha) para evitar que objetos que porventura caiam no reservatório sejam succionados pela bomba.

2.10 TEMPERATURA DO FLUIDO

Observe sempre a máxima temperatura de fluido recomendada pelo fabricante. Se o fluido atingir temperaturas elevadas para depois esfriar quando o equipamento não está sendo acionado, os elementos de borracha que fazem parte da vedação da bomba, tornam-se quebradiços como mostrado na figura que segue, e ao primeiro pico de pressão se partem.

2.11 SOBREPRESSÃO

A elevação repentina de pressão pode provir de várias causas. O choque hidráulico por compressão também pode ser considerado um tipo de sobrepressão. Quando o sistema hidráulico propicia a geração de sobrepressão, introduzimos válvulas de segurança tais como válvula de alívio de ação direta, supressora de choque, etc.

3 ATUADORES HIDRÁULICOS

Sua função é aplicar ou fazer atuar energia mecânica sobre uma máquina, levando-a a realizar um determinado trabalho. Aliás, o motor elétrico também é um tipo de atuador.

A única diferença é que ele emprega energia elétrica e não energia de pressão de fluidos.

Os atuadores que utilizam fluido sob pressão podem ser classificados segundo dois critérios diferentes:

- Quanto ao tipo de fluido empregado, podem ser:
 - pneumáticos: quando utilizam ar comprimido;
 - hidráulicos: quando utilizam óleo sob pressão.
- Quanto ao movimento que realizam, podem ser:
 - lineares: quando o movimento realizado é linear (ou de translação);
 - rotativos: quando o movimento realizado é giratório (ou de rotação).

Já os atuadores rotativos podem ser classificados em:

- angulares: quando giram apenas num ângulo limitado, que pode em alguns casos ser maior que 360° .
- contínuos: quando têm possibilidade de realizar um número indeterminado de rotações. Nesse caso, seriam semelhantes à roda d'água e ao cata-vento, que utilizam água e vento como fluido dinâmico. São os motores pneumáticos ou hidráulicos.

3.1 ATUADORES LINEARES

Os atuadores lineares são conhecidos como cilindros ou pistões.

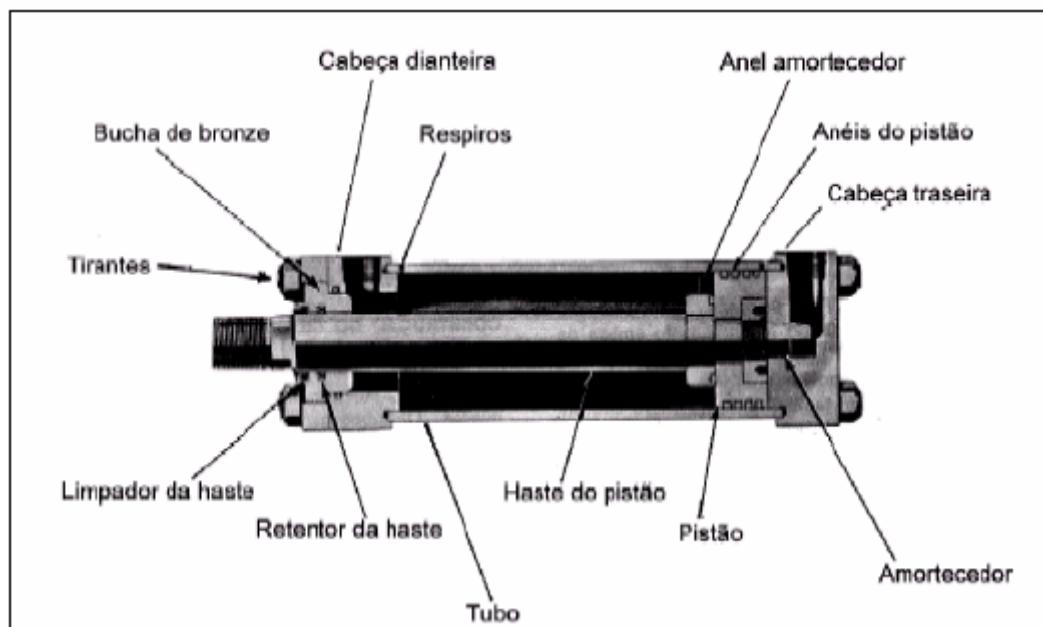


Figura 19 - Pistão.

Um exemplo de pistão é uma seringa de injeção, daquelas comuns, a venda em farmácias.

Só que ela funciona de maneira inversa à dos atuadores lineares.

Numa seringa, você aplica uma força mecânica na haste do êmbolo. O êmbolo, por sua vez, desloca-se segundo um movimento linear (de translação), guiado pelas paredes do tubo da seringa, e faz com que o fluido (no caso, o medicamento) saia sob pressão pela agulha. Ou seja, está ocorrendo uma transformação de energia mecânica em energia de pressão do fluido.

Agora vamos inverter o funcionamento da seringa. Se injetarmos um fluido (água, por exemplo) pelo ponto onde a agulha é acoplada ao corpo da seringa, o êmbolo irá se deslocar segundo um movimento linear. Estaremos, então, transformando energia de pressão do fluido em energia mecânica. Aí sim, teremos um atuador linear.

Cilindros hidráulicos e pneumáticos têm construção muito mais complexa do que simples seringas de injeção, pois as pressões dos fluidos e os esforços mecânicos são muito maiores. Como esses cilindros realizam operações repetitivas, deslocando-se ora num sentido ora em outro, devem ser projetados e construídos de forma cuidadosa, para minimizar o desgaste de componentes e evitar vazamento de fluidos, aumentando, assim, sua vida útil.

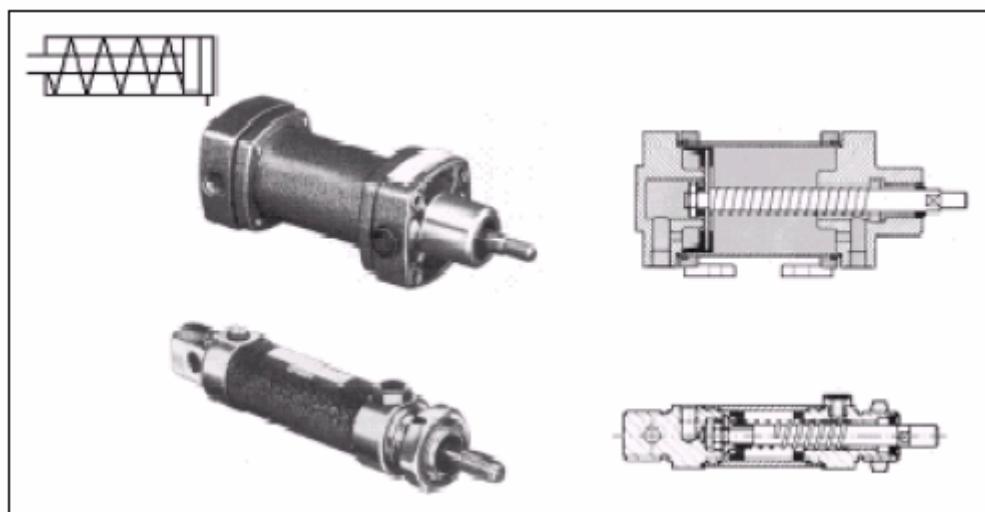


Figura 20 - Cilindro de simples ação (a).

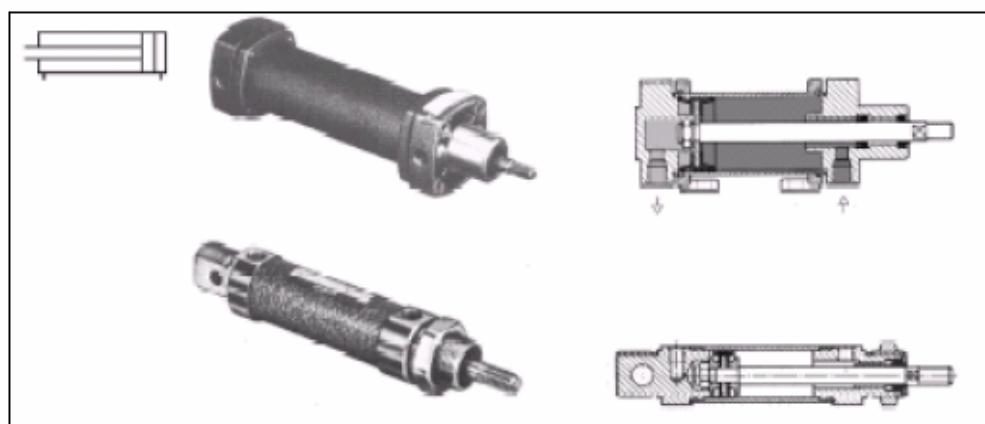


Figura 21 - Cilindro de simples ação (b).

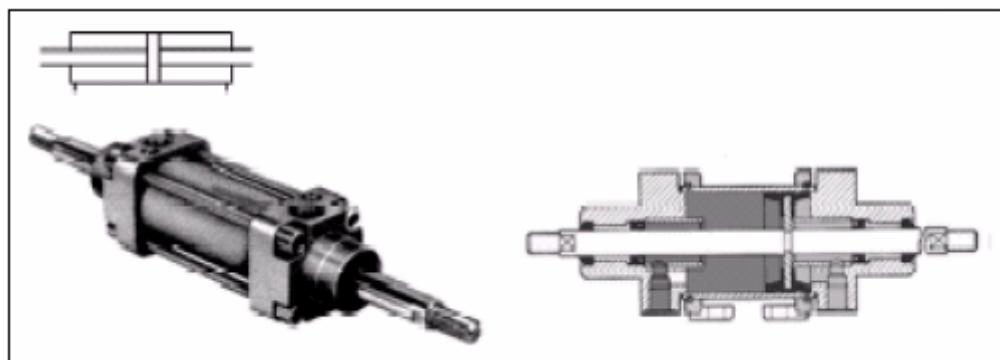


Figura 22 - Cilindro de dupla ação (a).

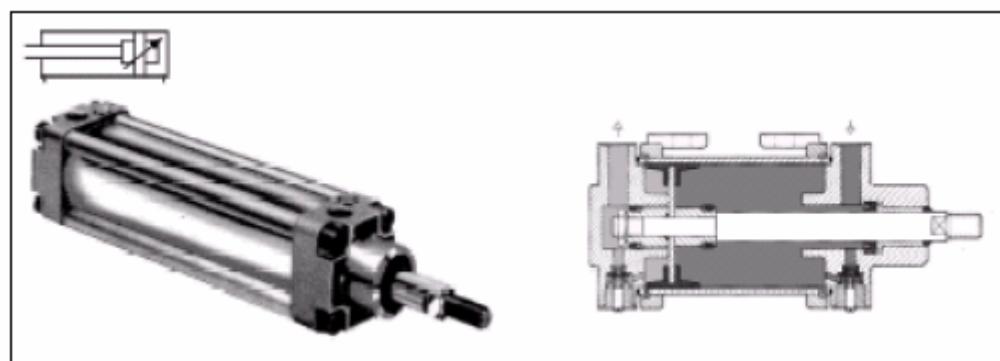


Figura 23 - Cilindro de dupla ação (b).

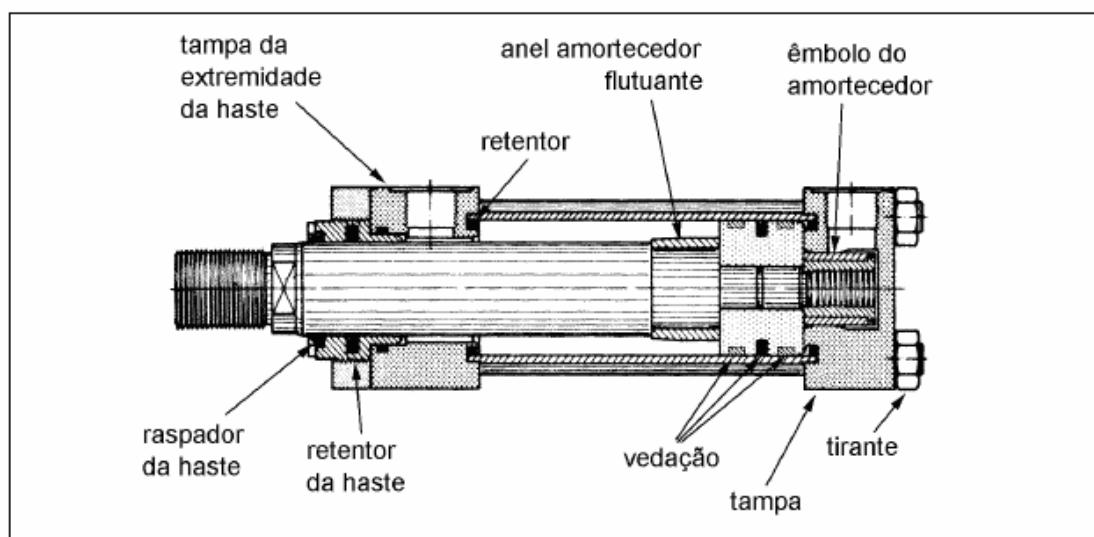


Figura 24 - Vista em corte de um cilindro hidráulico.

Os cilindros compõem-se normalmente de um tubo cuja superfície interna é polida, um pistão (ou êmbolo) fixado a uma haste e duas tampas montadas nas extremidades do tubo.

Em cada uma das tampas há um orifício por onde o fluido sob pressão entra no cilindro e faz com que o pistão seja empurrado para um lado ou para outro dentro do tubo.

Entre as várias peças (fixas ou móveis) que compõem o conjunto, existem vedações de borracha ou outro material sintético para evitar vazamentos de fluido e entrada de impurezas e sujeira no cilindro. Essas vedações recebem nomes diferentes de acordo com seu formato, localização e função no conjunto.

Assim, temos retentores, anéis raspadores e anéis “O”, entre outros.

Em alguns casos, como se pode ver no lado direito do cilindro da figura anterior, utilizam-se amortecedores de fim de curso. Durante o movimento do êmbolo para a direita, e antes que o pistão atinja a tampa, um êmbolo menor penetra num orifício e reduz a passagem que o fluido atravessa. A velocidade do pistão diminui e, consequentemente, o choque entre o pistão e a tampa do cilindro é menos violento.

Os cilindros pneumáticos e hidráulicos encontram grande campo de aplicação em máquinas industriais, automáticas ou não, e outros tipos de equipamentos, como os utilizados em construção civil e transportes (guindastes, escavadeiras, caminhões basculantes).

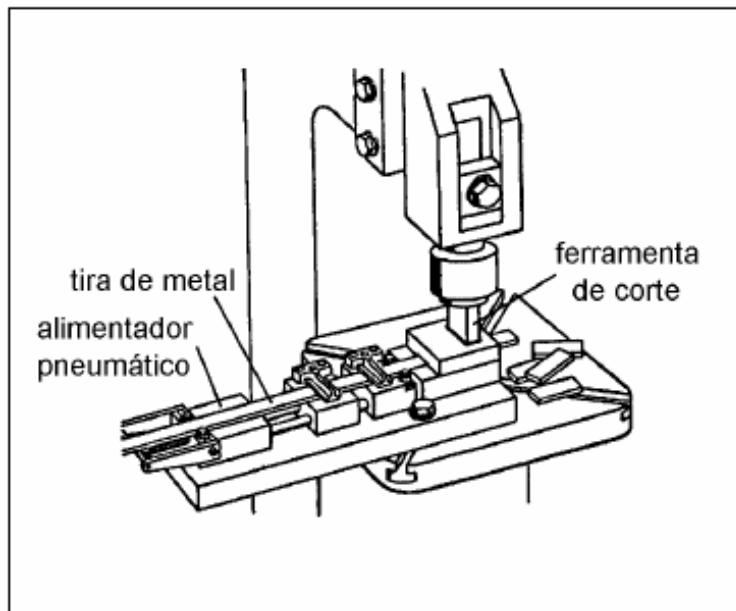


Figura 25 - Utilização de cilindros em máquina ferramenta.

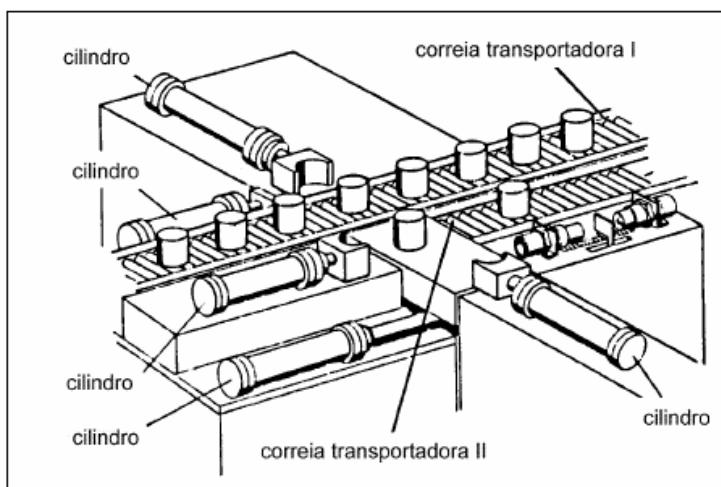


Figura 26 - Utilização de cilindros (a).

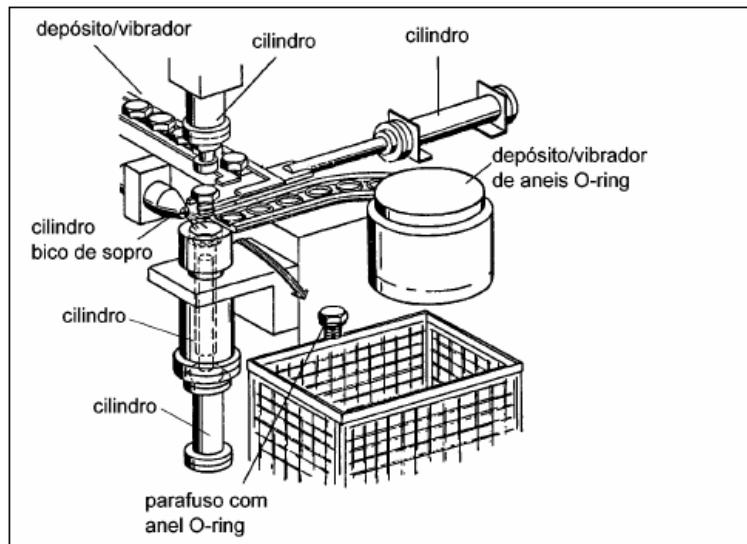


Figura 27 - Utilização de cilindros (b).

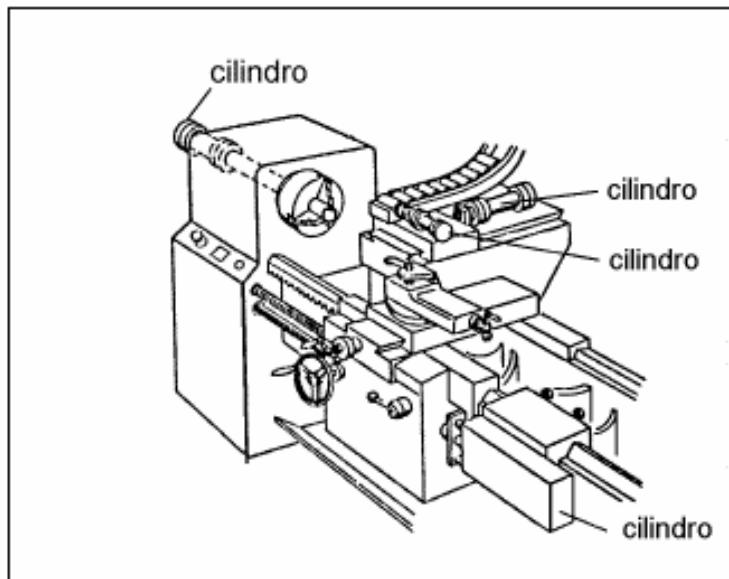


Figura 28 - Utilização de cilindros (c).

3.2 ATUADORES ROTATIVOS

Os atuadores rotativos, conforme classificação anterior, podem ser angulares ou contínuos.

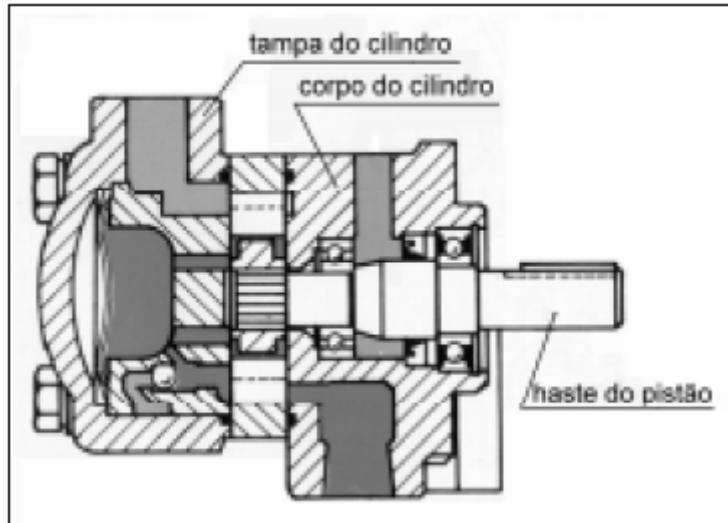
Os atuadores rotativos angulares são mais conhecidos como cilindros rotativos.

Nos atuadores lineares, como você viu, o movimento do pistão é de translação. Muitas vezes, no entanto, o movimento a ser feito pela máquina acionada requer do atuador um movimento de rotação.

Basicamente, esses atuadores podem ser de dois tipos: de cremalheira e de aleta rotativa. O primeiro tipo constitui-se da união de um cilindro pneumático com um sistema mecânico.

Na haste do pistão de um atuador linear é usinada uma cremalheira. A cremalheira aciona uma engrenagem, fazendo girar o eixo acoplado a ela. No cilindro de aleta rotativa, apresentado na figura, uma pá ou aleta pode girar de um determinado ângulo ao redor do

centro da câmara do cilindro. A aleta, impulsionada pelo fluido sob pressão, faz girar o eixo preso a ela num ângulo que raramente ultrapassa 300°.



vista de um cilindro rotativo

Figura 29 - Cilindro rotativo.

Os atuadores rotativos contínuos são mais conhecidos como motores pneumáticos ou hidráulicos, conforme o fluido que os acione seja ar comprimido ou óleo.

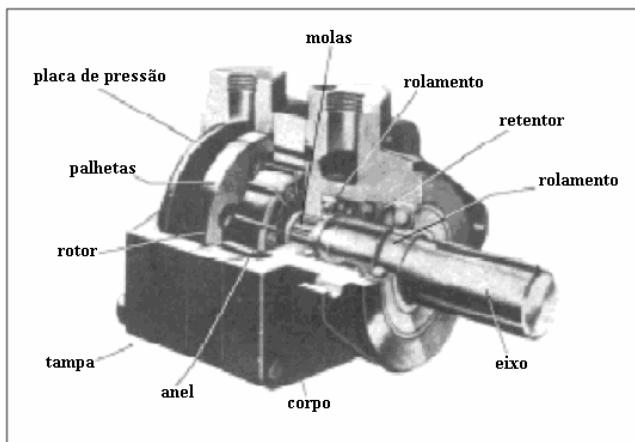


Figura 30 - Motor hidráulico rotativo.

Um motor hidráulico ou pneumático consta de um rotor ao qual é fixado um eixo. Ao longo da periferia do rotor existem ranhuras radiais, onde deslizam pequenas placas de metal denominadas palhetas. As palhetas são mantidas em contato com a parte interna do corpo do motor por meio de molas denominadas balancins ou pela ação da força centrífuga que age sobre elas quando o rotor gira.

Na carcaça do motor existem dois orifícios, respectivamente para entrada e saída do fluido sob pressão. Ao entrar na câmara em que se encontra o rotor, o fluido sob pressão empurra as palhetas do rotor. O rotor gira e, consequentemente, o eixo preso a ele também. Esse movimento de rotação é então utilizado para acionar uma outra máquina.

3.3 APLICAÇÕES E COMPARAÇÕES

São incontáveis os tipos de aplicações em que podemos encontrar um motor hidráulico. Dentre algumas delas podemos citar, por exemplo: guindastes, esteiras rolantes, perfuradoras, serras, carros do tipo vagão, dragas, máquinas agrícolas, laminadores, bobinadeiras, misturadores etc.

A princípio, todavia, ainda persiste a dúvida de quando se deve aplicar um motor hidráulico em detrimento a um motor térmico ou elétrico. Para tentarmos explicar esta dúvida traçaremos algumas comparações que, por si só, servirão de esclarecimentos para este tipo de escolha.

Primeiramente, só podemos pensar em utilizar um motor térmico quando não existe outra solução para aquela aplicação em específico (um veículo automotivo, por exemplo). A razão disso é evidente. Pois com a grande elevação do custo de combustíveis o motor térmico tornou-se um artigo de luxo para as indústrias, além de requererem constantes manutenções, tanto preventiva, como corretiva.

Resta-nos, então, compararmos o motor elétrico com o hidráulico.

O motor elétrico não corresponde bem a certos tipos de aplicações, principalmente quando se tem paradas e partidas constantes com carga ou ainda quando se precisa uma reversão rápida no sentido de rotação, conversão do torque, controle da velocidade, etc.

A introdução de motores hidráulicos e pneumáticos veio suprir muitas deficiências apresentadas pelos motores elétricos. Como exemplo podemos citar alguns fatores:

3.3.1 Comparação Entre Peso e Tamanho

A relação peso/potência do motor hidráulico é bem menor do que a de um motor elétrico, isto é, o motor hidráulico fornece uma potência por quilo, maior do que o elétrico. Naturalmente, se para uma mesma potência o motor elétrico é mais pesado, seu tamanho também será maior do que o motor hidráulico.

Dessa maneira, se o problema for espaço, o motor hidráulico é o indicado. Resumindo, para cada HP o motor elétrico pesa em torno de 13,6 kg e o hidráulico 5,4 kg.

3.3.2 Comparação Entre os Rendimentos

Um motor elétrico trifásico possui um ótimo rendimento pois converte 90 a 95% da energia elétrica que lhe é fornecida, em energia mecânica.

Os motores hidráulicos entretanto, não correspondem tão bem como os elétricos nesse ponto. Um motor de engrenagens pode ter um rendimento máximo que gira em torno de 70 a 85 %. Motores do tipo gerotor, palhetas e pistões podem atingir um rendimento máximo em torno de 85 a 90 % e alguns motores de pistões especiais (precisão mais apurada na construção) podem atingir valores um pouco acima de 90%.

3.3.3 Trabalho em Condições Adversas

O motor hidráulico pode trabalhar em ambientes desfavoráveis que seriam perigosos ou impossíveis para a aplicação do motor elétrico comum. O motor hidráulico pode trabalhar afogado (submerso) em quase todos os tipos de fluidos conhecidos. Pode trabalhar em atmosferas corrosivas ou até mesmo explosivas (aqui teríamos que ter uma construção especial de motor elétrico). Pode trabalhar inclusive em ambientes superaquecidos que seriam perigosos para o motor elétrico.

O motor elétrico varia bem pouco sua velocidade com a variação de carga que a ele é aplicada. Essa velocidade varia na ordem de 3% ou menos. O mesmo já não ocorre com o motor hidráulico, cuja variação de velocidade é da ordem de 10 a 15% com a variação da carga.

Em contrapartida o controle de velocidade do motor hidráulico é simples de ser feito, bastando para isso à introdução de uma válvula reguladora de vazão no sistema. Isso não se verifica nos motores elétricos comuns de corrente alternada devido ao efeito de trava. Para se controlar de maneira precisa a velocidade do motor elétrico, o mesmo teria que ser de corrente contínua controlado por reostato, o que acarretaria um elevado custo do investimento.

Naturalmente, a velocidade do motor elétrico de corrente alternada, pode ser controlada a partir de um redutor. Nesse caso, porém, teríamos “velocidades escalonadas” e seria impossível se obter uma velocidade intermediária do escalonamento.

3.3.4 Características de Performance

Os motores hidráulicos podem manter um torque praticamente constante com a variação da velocidade, assim como o próprio torque pode ser alterado a partir de uma válvula reguladora de pressão. Podem, também, trabalhar intermitentemente, isto é, com paradas e partidas constantes, sem acarretar problemas de superaquecimento.

O mesmo já não ocorre com os motores elétricos. Em contraposição, o torque de partida de um motor elétrico pode chegar até 160% do torque nominal, não ocorrendo o mesmo com os motores hidráulicos cujo torque de partida atinge em média 80% do torque nominal.

3.3.5 Reversibilidade Instantânea

Como para uma mesma potência, o motor hidráulico é bem mais “leve” que o elétrico, a energia consumida para uma reversão instantânea é bem menor, especialmente a altas velocidades. O motor elétrico normal, geralmente entra em um “pico de corrente” muito elevado no momento da reversão e somente motores especialmente projetados poderiam trabalhar com altos ciclos de reversão.

3.3.6 Fonte de Alimentação

Primeiramente, um motor elétrico é fácil de ser alimentado pela corrente elétrica. Ocorre, entretanto, que em máquinas móveis, o motor elétrico teria que ser de corrente contínua, pois seria alimentado por um gerador desse tipo. Isso implicaria na utilização de acessórios mais complexos, o que influí decisivamente no custo do equipamento.

Dessa maneira, considerando os fatores expostos, as condições de trabalho, as características de projeto, controle, etc., podemos decidir sobre que tipo de motor aplicar na nossa máquina.

3.4 OBSERVAÇÕES FINAIS SOBRE MOTORES HIDRÁULICOS

Semelhantes aos cilindros, podemos ter sistemas com motores hidráulicos em série ou em paralelo acionados por apenas uma bomba, levando sempre em consideração a distribuição de esforços em cada motor.

Podemos ter também sistemas em seqüência de cilindros e motores como, por exemplo, em uma bobinadeira em que o esticador seria o cilindro.

Os procedimentos de controle de pressão e vazão são idênticos aos utilizados em cilindros, sendo que, a válvula reguladora de pressão alívio cross-over tem larga aplicação para os motores hidráulicos.

Podemos ter também sistemas denominados “closed loop” (circuito fechado), em que uma bomba aciona o motor e o óleo descarregado volta diretamente à bomba. Evidentemente, entre a bomba e a motora pode ser introduzida válvula e/ou outros equipamentos.

4 VÁLVULAS

Vimos que para os atuadores funcionarem é necessário que o fluido (óleo ou ar comprimido) chegue até eles. Ainda não explicamos como isso ocorre, porém não é difícil imaginar uma tubulação de aço, borracha ou outro material ligando o compressor ou a bomba hidráulica ao atuador. Se o ar e o óleo contiverem impurezas que possam danificar os atuadores, será preciso acrescentar um filtro no caminho. Se o ar contém muito vapor d'água, então se acrescenta à tubulação o que denominamos purgador, para separar a água do ar.

Agora pense na instalação elétrica de sua casa. Imagine-a sem chave geral, disjuntores e interruptores de luz. Toda vez que você quisesse acender a luz da sala, teria que subir no poste e ligar os fios de sua casa aos da rua. E para apagar... olha você lá no poste de novo.

No caso dos atuadores, se desejamos que o pistão que foi acionado para a direita volte agora para a esquerda, temos que desligar o compressor ou a bomba, inverter as mangueiras dos dois lados do cilindro e religar o compressor ou a bomba. Mas existe um jeito mais fácil. Podemos direcionar o fluido dentro de um circuito hidráulico ou pneumático por meio de válvulas. As válvulas são mecanismos que permitem controlar a direção do fluxo de fluido, sua pressão e vazão (quantidade de fluido que passa por um ponto do circuito num certo tempo). Para cada uma destas funções existe um tipo específico de válvula.

Nos circuitos hidráulicos e pneumáticos, as válvulas desempenham um papel semelhante ao das chaves, disjuntores e interruptores no circuito elétrico de sua casa. As válvulas permitem controlar o atuador a ser acionado e o momento do acionamento – da mesma forma que ao acionarmos os interruptores de luz indicamos qual lâmpada deve ou não ficar acesa.

Ao contrário dos interruptores de nossa casa, que normalmente são acionados manualmente, as válvulas hidráulicas e pneumáticas podem ser acionadas manualmente, eletricamente ou por meio do próprio fluido sob pressão.

O caso do operador de retroescavadeira da figura a seguir é um exemplo. Sua máquina tem vários pistões hidráulicos, cada um deles responsável por um determinado movimento. A cada um dos pistões está associada uma válvula, acionada manualmente por meio de alavancas. O operador, ao acionar uma determinada alavanca, determina não apenas o pistão que será acionado, mas também o sentido de seu movimento (extensão ou retração).

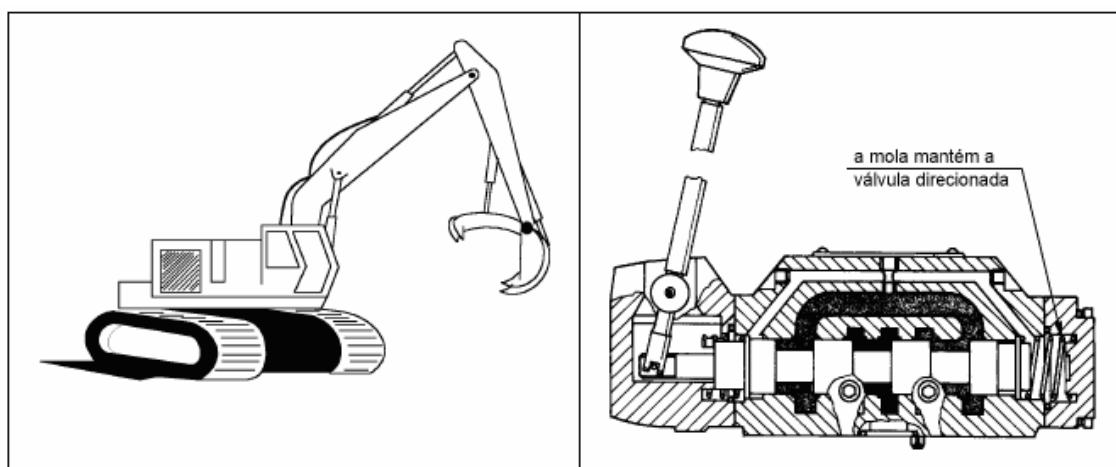


Figura 31 - Válvula manuais.

4.1 TIPOS DE CENTROS DAS VÁLVULAS

Na figura abaixo se vê as maneiras construtivas dos centros de válvulas, a parte destacada em azul é por onde o fluido escoa, na parte em vermelho mostra-se as partes fechadas da válvula.

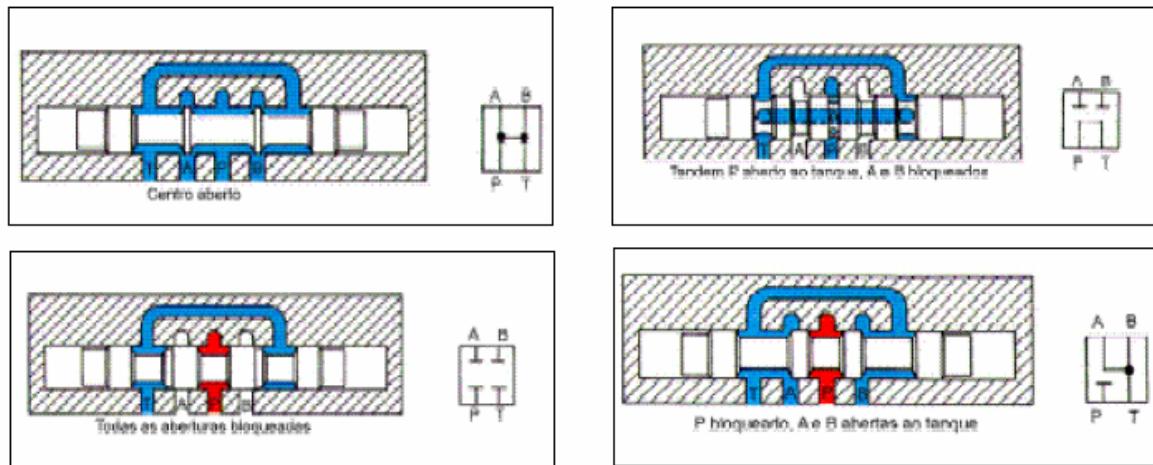


Figura 32 - Centros de válvula.

4.2 VÁLVULAS ACIONADAS ELETRICAMENTE

As máquinas automáticas que utilizam energia hidráulica ou pneumática não precisam necessariamente de eletricidade para acionar suas válvulas. Pode-se usar um conjunto de válvulas manuais, acionadas pelo próprio fluido sob pressão, para que a máquina execute seus movimentos e realize seu trabalho.

No entanto, utilizando-se válvulas acionadas eletricamente, os circuitos hidráulicos e pneumáticos tendem a ficar mais simples. Além disso, com o emprego crescente de computadores para controlar máquinas, o uso de válvulas acionadas eletricamente tornou-se quase obrigatório, uma vez que as “ordens” enviadas pelo computador à máquina são sinais elétricos. As válvulas acionadas eletricamente são normalmente chamadas solenóides.

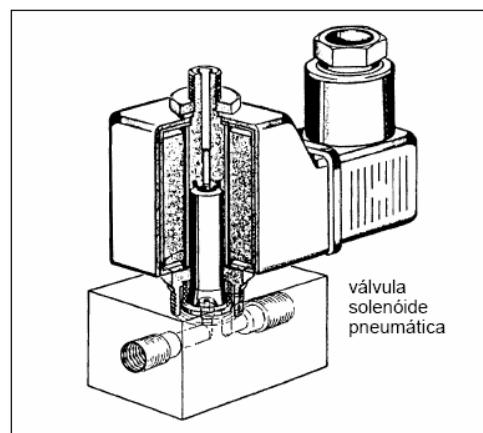


Figura 33 - Válvula solenóide.

Solenóide é um fio elétrico enrolado num carretel, é uma bobina. Quando ligamos os terminais deste fio à rede elétrica, digamos 110 volts, acontecem alguns fenômenos físicos chamados eletromagnéticos.

Devido a esses fenômenos, a peça denominada núcleo da bobina, localizada na parte interna do carretel, sofre a ação de uma força magnética e desloca-se dentro do carretel.

O carretel é uma peça cilíndrica com várias ranhuras radiais. Quando se aciona a válvula, o carretel desloca-se em movimento linear, abrindo algumas passagens para o fluido e fechando outras. Assim, dependendo da posição do carretel no interior da válvula, o fluido percorre um caminho ou outro. O carretel apresenta movimento nos dois sentidos: para a direita ou para a esquerda.

Além dos acionamentos eletromagnéticos, utilizados nas válvulas solenóides, os acionamentos que comandam os movimentos do carretel podem ser:

- manual: por meio de botões, alavancas ou pedais;
- mecânico: por meio de batentes, roletes e molas;
- pneumático ou hidráulico: por meio do próprio fluido.

As válvulas e os pistões sozinhos têm pouca utilidade na automação. Para poderem realizar algum trabalho significativo, vários componentes de tipos variados devem ser montados juntos, formando um conjunto.

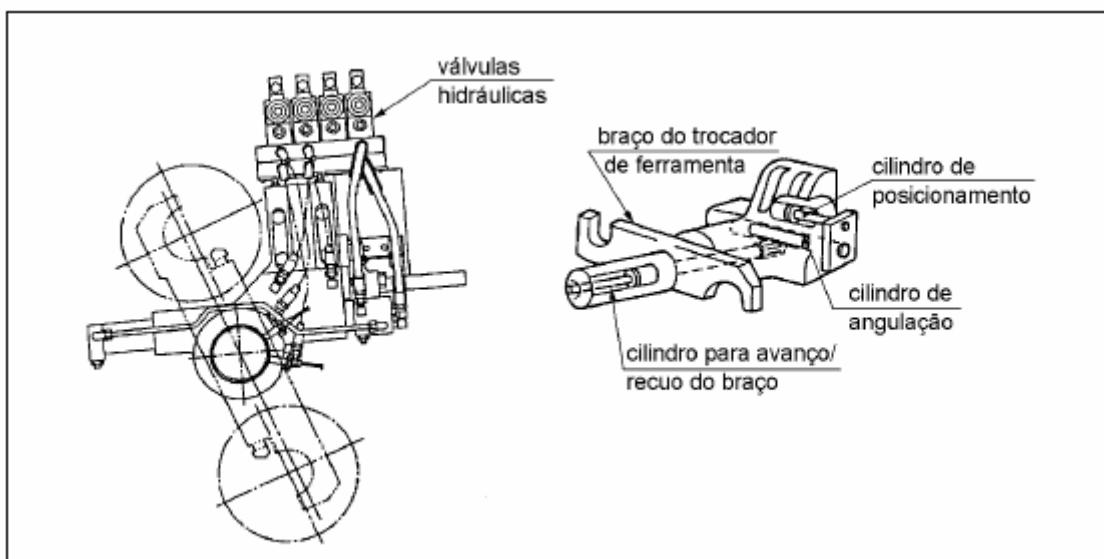


Figura 34 - Componentes hidráulicos utilizados num centro de usinagem computadorizado.

4.3 VÁLVULA ALTERNADORA (FUNÇÃO LÓGICA “OU”)

É empregada quando há necessidade de enviar sinais de lugares diferentes a um ponto comum de comando.

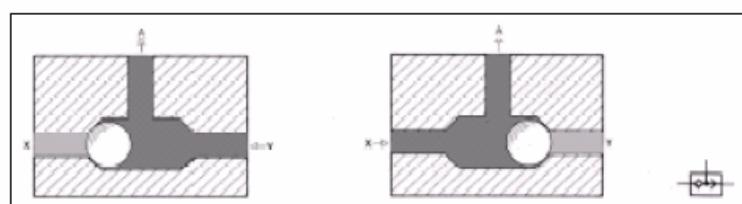


Figura 35 - Válvula de função “OU”.

4.4 VÁLVULA DE SIMULTANEIDADE (ELEMENTO LÓGICO “E”)

Emprega-se esta válvula em comando de bloqueio, comandos de segurança e funções de controle em combinação lógica.

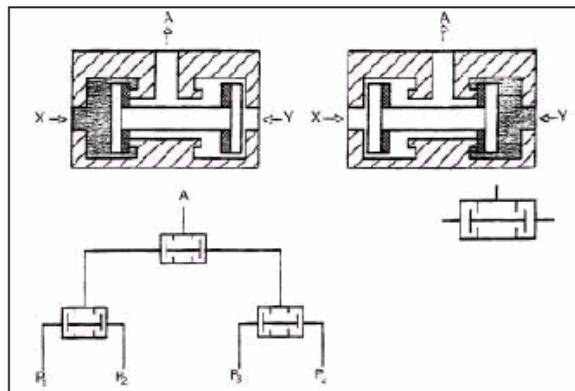


Figura 36 - Válvula de função "E".

4.5 VÁLVULAS REGULADORAS DE PRESSÃO

As válvulas reguladoras de pressão têm por função básica limitar ou determinar a pressão do sistema hidráulico para a obtenção de uma determinada função do equipamento acionado. Podem ser encontradas trabalhando em qualquer uma das cinco situações.

4.5.1 Limitando a Pressão Máxima do Sistema

Todos os sistemas que possuírem uma bomba de deslocamento fixo, necessitam de uma válvula de segurança. Quando por exemplo, uma bomba manda um fluido para um cilindro e este chega ao fim de curso, a pressão sobe de tal forma até um nível máximo em que ocorre dano ao sistema. Vemos portanto, que a limitação da pressão, através de uma reguladora de pressão, é decisiva nesse tipo de circuito.

Nos circuitos em que está instalada uma bomba de volume variável com compensação de pressão (bomba de palhetas), dispensa-se a utilização da reguladora de pressão para esse tipo de serviço.

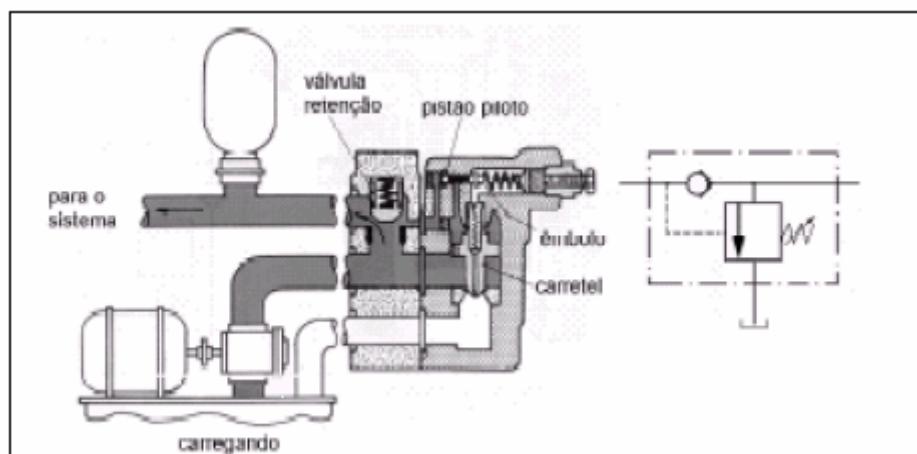


Figura 37 - Válvula reguladora de pressão.

4.5.2 Determinando um Nível de Pressão de Trabalho

Em alguns sistemas o alívio é um mero fator de segurança, em outros, é componente do controle do trabalho. Aqui, a reguladora de pressão mantém a pressão do sistema em um nível uniforme, às vezes desviando para o tanque parte de todo o fluido fornecido pela bomba durante determinados momentos do ciclo de trabalho. Ela controla a força ou torque máximo dos atuadores, assegurando a não danificação do equipamento ou da peça a ser trabalhada.

4.5.3 Determinando Dois Níveis Diferentes de Pressão

Alguns sistemas necessitam de pressões mais elevadas em determinadas partes do ciclo de trabalho e mais inferiores em outras. Isso pode ser previsto na utilização das reguladoras de pressão.

4.5.4 Determinando ao Mesmo Tempo Dois Níveis de Pressão Distintos

Uma reguladora do tipo alívio, determina a alta pressão e uma redutora, a baixa. Uma pode ser ajustada diferentemente da outra sem se afetarem mutuamente, de acordo com a posição que elas assumiram no sistema hidráulico.

4.5.5 Descarregando a Bomba

Alguns circuitos às vezes não necessitam de toda a potência fornecida em determinadas fases do ciclo. A potência em excesso, geralmente, transforma-se em calor, aquecendo o fluido. Uma reguladora ajustada de forma conveniente evita que isso ocorra.

Os dispositivos de controle de pressão conhecidos podem ser:

- Válvulas de alívio e segurança
- Válvulas de descarga
- Válvulas de contrabalanço
- Válvulas seqüência
- Válvulas redutoras
- Válvulas supressoras de choque

Cada uma dessas válvulas tem diversos tipos de configurações diferentes, podendo ser de operação direta, diferencial ou operação indireta (dois ou mais estágios).

As válvulas reguladoras de pressão são utilizadas para limitar ou determinar a potência do sistema através da modulação da pressão. Essas válvulas podem ser de operação direta ou indireta. O nome da reguladora de pressão geralmente descreve sua ação no sistema hidráulico. Na prática, esses controles são normalmente abertos ou normalmente fechados.

Podem ser drenadas interna ou externamente, dependendo das características de atuação. Válvulas de retenção integral permitem o retorno livre do fluido. O ajuste através de parafuso é o tipo mais comum. Podem existir outros como: cames, pedais, alavancas etc.

4.6 VÁLVULAS DE CONTROLE DIRECIONAL

Em sua grande maioria, os sistemas hidráulicos necessitam de meios para se controlar a direção e sentido do fluxo do fluido. Através desse controle, podem-se obter movimentos desejados dos atuadores (cilindros, motores e osciladores hidráulicos, etc.), de tal forma que, seja possível se efetuar o trabalho exigido.

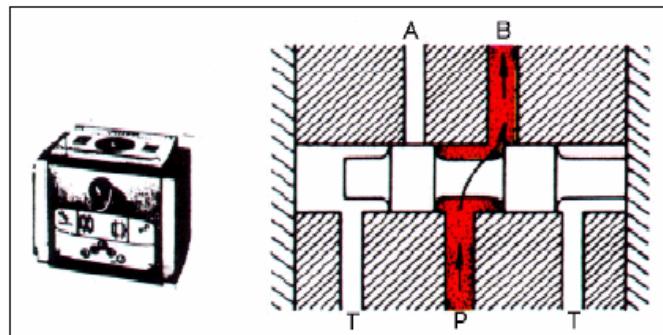


Figura 38 - Válvula de controle direcional.

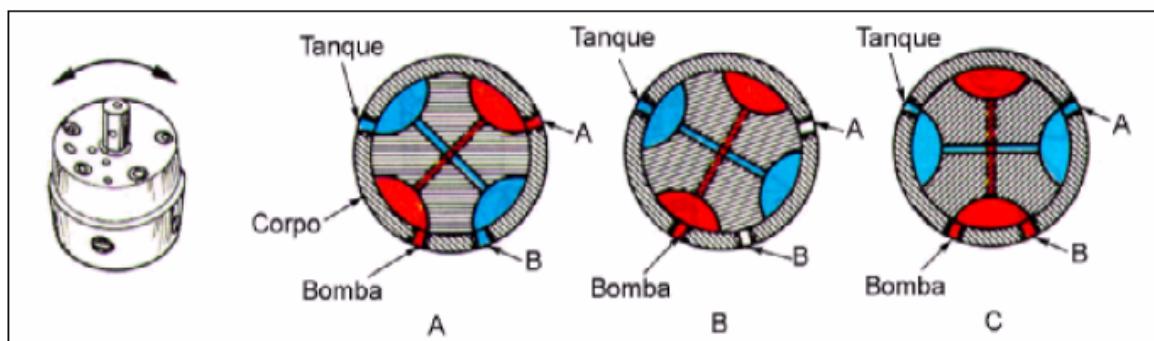


Figura 39 - Controle direcional.

Existem vários processos distintos de se conseguir esse controle, podendo ser citados como exemplos:

- Válvulas de registros
- Válvulas direcionais

Como as válvulas de registro, em sua grande maioria, são de acionamento demorado e cansativo, sua aplicação torna-se limitada em sistemas óleos-hidráulicos em que, muitas vezes, a resposta a um acionamento qualquer, tem que ser rápida e precisa.

Dentre os diversos tipos de válvulas de registro encontradas no mercado, podemos destacar as que estão ilustradas nas figuras que seguem.

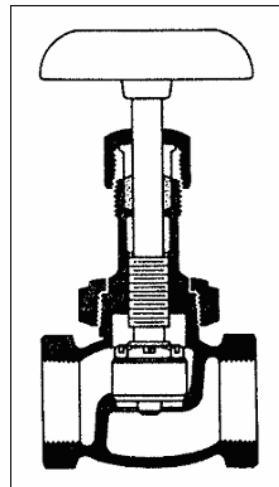


Figura 40 - Válvula tipo globo.

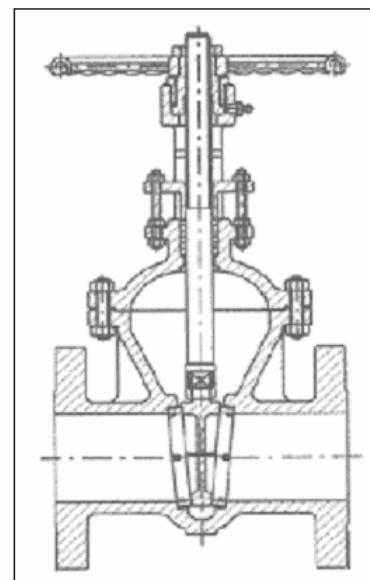


Figura 41 - Válvula tipo gaveta.

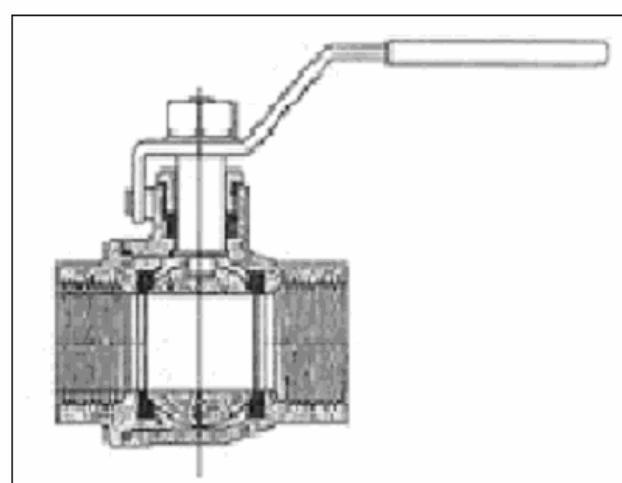


Figura 42 - Válvula tipo esfera.

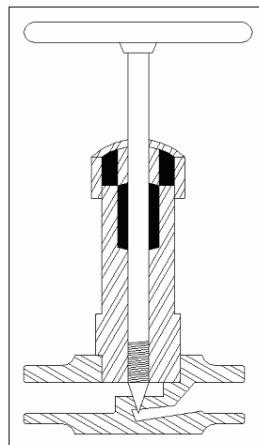


Figura 43 - Válvula tipo agulha.

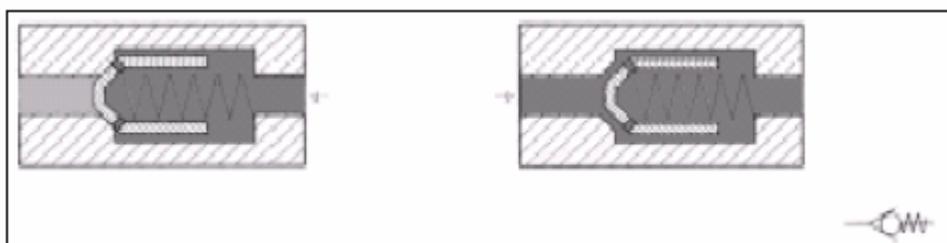


Figura 44 - Válvula de retenção.

O processo mais utilizado para se controlar a direção e sentido do fluxo de fluido em um sistema, é a utilização de válvulas de controle direcional, comumente denominada apenas de válvulas direcionais. Esse tipo de válvulas, como veremos, pode ser de múltiplas vias que, com o movimento rápido de um só elemento controla a direção ou sentido de um ou mais fluxos diversos de fluido que vão até à válvula.

4.7 VÁLVULA REGULADORA DE VAZÃO

Podemos controlar a força ou torque exercido por um atuador através do controle de nível de pressão do sistema por uma válvula reguladora de pressão. Porém, além da força ou torque, precisamos também regular a velocidade com que um determinado trabalho é realizado, de forma a obtermos o melhor rendimento possível da máquina.

Como exemplo, podemos citar o avanço da broca de uma máquina furadeira. Até chegar à peça, a broca poderá ter um avanço rápido de aproximação e quando prestes a furar a peça, a velocidade deve ser reduzida a fim de se obter uma furação perfeita e se evitar a danificação da ferramenta. Os controles de fluxo facilitam avanço rápidos e finos em máquinas-ferramenta.

Dentre as muitas maneiras de controle de velocidade de uma máquina hidráulica, podemos lançar mão das válvulas reguladoras de vazão (também denominadas válvulas reguladoras de fluxo ou válvulas de controle de vazão). Esse tipo de válvula nos permite uma regulagem simples e rápida da velocidade do atuador através da limitação da vazão de fluido que entra ou sai do atuador, modificando assim, a velocidade do seu deslocamento.

A vazão de um fluido que passa através de um orifício, fixo ou variável, é proporcional ao diferencial de pressão através desse orifício. Essa proporção, como mostra o gráfico abaixo, indica que a vazão cresce com a raiz quadrada do diferencial de pressão (a curva é uma parábola).

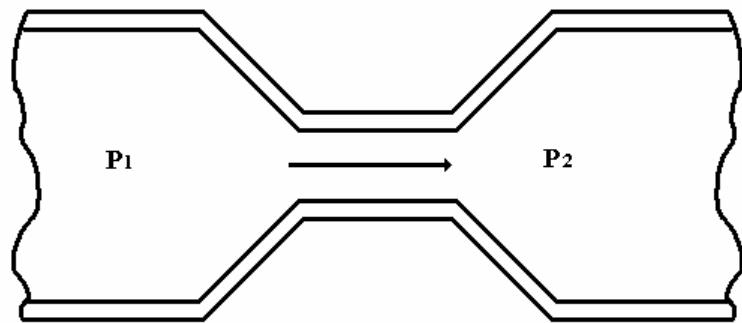


Figura 45 - Pressão de acordo com a vazão.

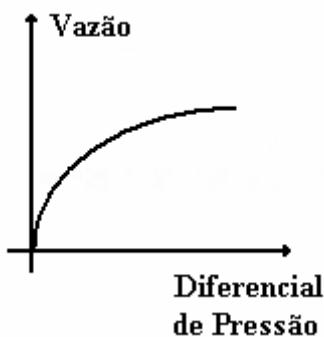


Figura 46 - Vazão x Diferencial de Pressão.

Podemos observar, portanto, que para um mesmo orifício, quanto maior for o diferencial de pressão, maior será a vazão.

Em uma válvula reguladora de vazão, a área do orifício é o elemento controlável. Quanto maior for o orifício, maior será a quantidade de fluido que passará na unidade de tempo, para um determinado diferencial de pressão através do orifício.

O fluxo de fluido também é inversamente proporcional à viscosidade cinemática do fluido utilizado, isto é, quanto menos viscoso for o fluido maior será a vazão para um mesmo orifício e um mesmo diferencial de pressão.

Sabemos que a variação da temperatura influí na alteração da viscosidade de um fluido, assim sendo, variando-se a temperatura podemos variar a vazão.

Entre os tipos mais comuns de controles de fluxo encontramos:

4.7.1 Válvulas Controladoras de Fluxo Sem Compensação de Pressão

Este é o tipo mais simples que existe de válvula reguladora de fluxo. Pode ser comparada a uma torneira comum, pois a regulagem da vazão restringindo ou aumentando a passagem de fluido pelo seu interior. A sua forma de construção interna determina o processo do controle de fluxo.

4.7.2 Válvulas Controladoras de Fluxo Com Compensação de Pressão

Onde as duas principais categorias – as que restringem a quantidade de fluido que entra na válvula e aquelas que desviam o fluido em excesso do ajuste do orifício regulável. Em cada tipo, um compensador é usado para manter uma queda de pressão constante através do orifício.

A válvula controladora de fluxo by-pass e a válvula de segurança a sobrecarga é normalmente fechada.

Esta permite que uma quantidade controlada de fluido passe para o atuador e o restante a uma pressão levemente superior à requerida pelo trabalho, se dirige para o tanque.

O compensador é mantido em posição fechada por uma leve mola e pela pressão obtida além do orifício. A pressão antes do orifício, pode somente exceder àquela da carga do trabalho, pela intensidade da força da mola, antes que o pistão do compensador seja movimentado para fora de sua sede.

Como a queda de pressão através do orifício é sempre determinada pela mola compensadora, o fluxo através do orifício é constante, independente da carga de trabalho.

O ajuste do pistão da válvula de segurança limita a pressão na câmara da mola compensadora, assim que o compensador abre quando a pressão excede o ajuste da válvula de segurança.

4.7.3 Válvula Controladora de Fluxo do Tipo Restrição

Tem um compensador que é mantido por uma mola relativamente fraca e pela pressão obtida além do orifício.

Neste tipo, entretanto, o compensador é mantido normalmente em posição aberta e tende a fechar, não permitindo que o fluido em excesso ao ajuste do orifício entre na válvula.

O restante da vazão da bomba é então desviado para outras finalidades.

A desvantagem aqui é que o excesso de fluido deve retornar ao tanque pela válvula de segurança principal do sistema.

4.7.4 Válvula de Escape Rápido

Colocada diretamente no cilindro ou o mais próximo possível dele, com a finalidade de aumentar a velocidade do mesmo.

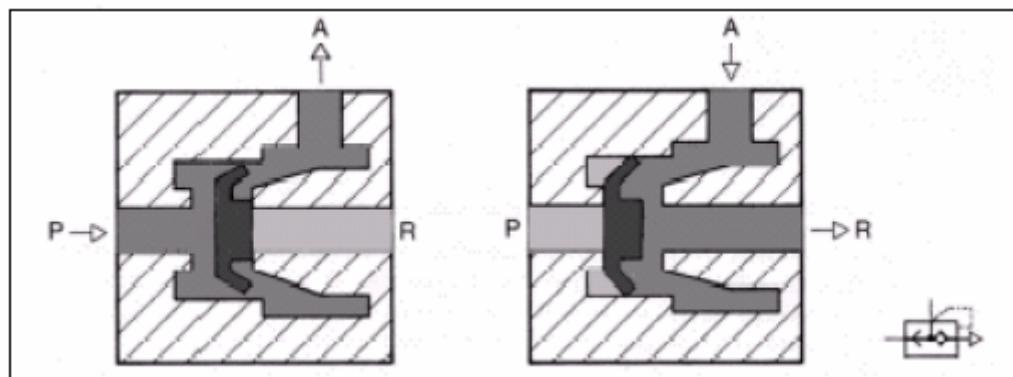


Figura 47 - Válvula de escape rápido.

Métodos de regulagem de fluxo

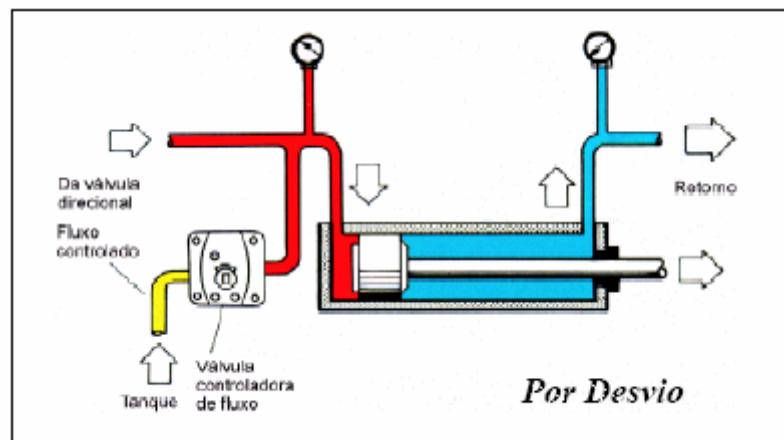


Figura 48 - Regulagem de fluxo por desvio.

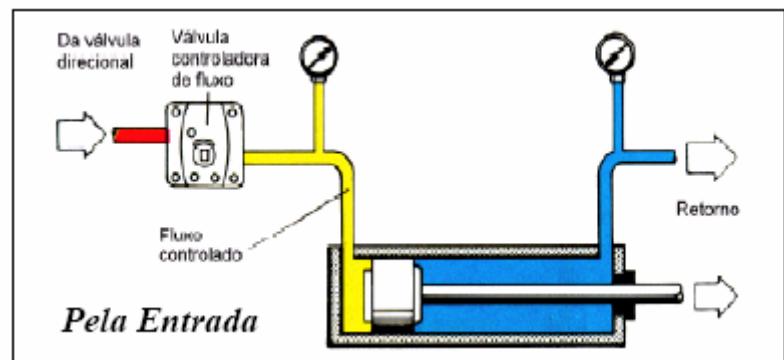


Figura 49 - Regulagem de fluxo pela saída.

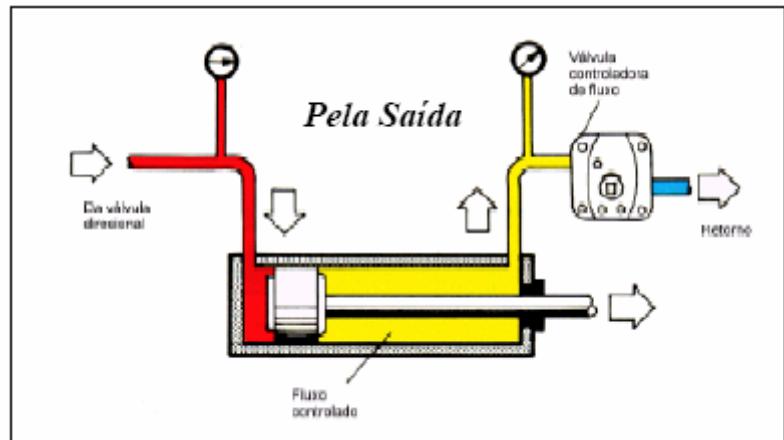


Figura 50 - Regulagem de fluxo pela saída.

5 FLUIDOS HIDRÁULICOS

As características dos fluidos hidráulicos têm um efeito importante sobre a manutenção e o funcionamento do equipamento. A utilização de um fluido limpo e de boa qualidade é ponto básico para se obter bons resultados em um sistema hidráulico.

É tão importante como qualquer outro componente do sistema e deve ser observado, com o mesmo cuidado que é dado na escolha das bombas, válvulas, tubulação, etc.

Além de servir como meio para transmissão de força o fluido deve proporcionar o máximo de lubrificação, a fim de evitar o desgaste nos componentes. Deve manter suas qualidades físicas numa larga variação de temperatura para evitar vazamentos excessivos pelas folgas e consequentemente, perda em rendimento do sistema.

Os fluidos a base de petróleo são os mais utilizados. Óleos bem refinados em estado natural, são adequados para operações à baixa pressão. Para operações severas o óleo deve ser misturado com vários aditivos, especialmente contra desgaste. Das várias propriedades dos fluidos hidráulicos, a mais importante refere-se à viscosidade. O grau de viscosidade de um fluido determina seu índice de resistência ao fluxo. Baixa viscosidade proporciona excessiva perda por vazamento e alta viscosidade pode causar funcionamento irregular do sistema, devido à excessiva perda de carga através da tubulação e das válvulas.

As viscosidades permitíveis são limitadas pelas características de operação das bombas e válvulas. Também pelas temperaturas ambiente onde o sistema for utilizado.

A viscosidade de um fluido é normalmente determinada pelo viscosímetro universal Saybolt.

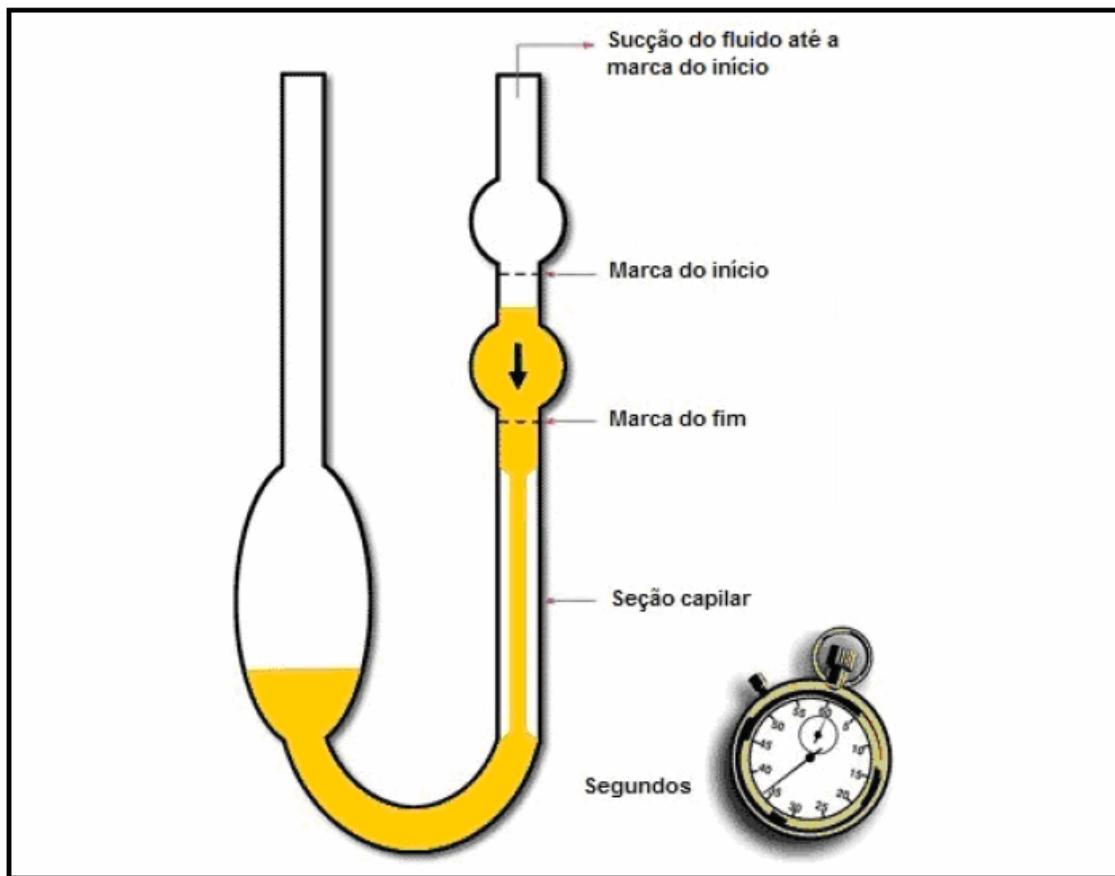


Figura 51 - Tubo de viscosidade cinemática.



Figura 52 - Viscosímetros.

Esse instrumento mede o tempo que uma certa quantidade de fluido leva para passar através de um tubo capilar, a uma determinada temperatura (geralmente 40°C). Os resultados são expressos pela sigla SSU (Saybolt Seconds Universal).

Desde que o sistema vá trabalhar numa larga escala de variação de temperatura, é aconselhável utilizar um fluido que seja pouco sensível à mudança de viscosidade de função a temperatura. Se a temperatura do fluido pode ser bem controlada, essa sensibilidade não será tão importante.

O óleo à base de petróleo tem a tendência de “afinar” com o aumento da temperatura e “engrossar” com a diminuição da temperatura. O índice de viscosidade (I.V.) de um óleo, é uma maneira de expressar essa propriedade.

Um óleo com alto I.V., significa que o mesmo possui pequena tendência de mudança de viscosidade, em função da temperatura. Será portanto um óleo recomendável.

Normalmente, a viscosidade de um óleo para aplicação nos sistemas hidráulicos não deve ser superior a 4000 SSU, quando do movimento de partida e no momento de temperatura mais fria (ambiente). Nem deve ser inferior a 60 SSU no ponto de temperatura máxima. Nos casos de aplicações com temperaturas extremamente altas, deverá ser utilizado um sistema de refrigeração para o óleo.

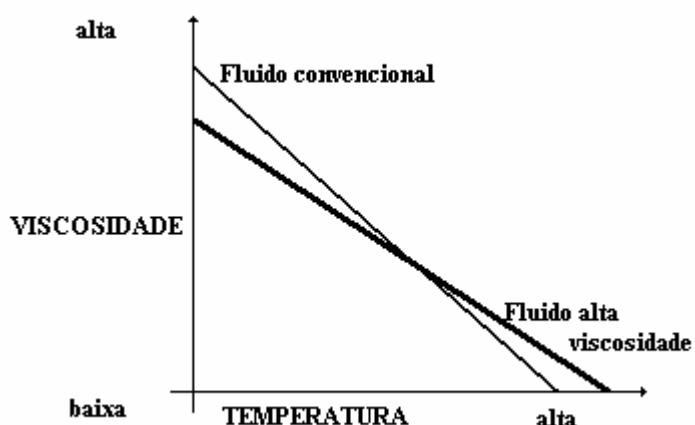


Figura 53 - Viscosidade x Temperatura.

Os fluidos hidráulicos devem ter boa propriedade de lubrificação, para evitar o desgaste entre peças trabalhando com pequena tolerância de folga.

O contato direto de metal contra metal deve ser evitado por meio de uma película bem resistente de fluido.

Sob o ponto de vista de lubrificação, fluidos como água, óleo cru, óleos vegetais ou animais, etc., nunca devem ser usados. Embora os mesmos transmitam força hidráulica, não possuem todas as características e propriedades que um fluido hidráulico deve possuir.

Embora relativamente incompressíveis não tenham as qualidades lubrificantes, antioxidantes, corrosivas e espumantes desejadas num sistema hidráulico.

A resistência à oxidação é outra importante qualidade e em grande parte determina a vida operacional do próprio fluido.

Três são os maiores fatores que promovem oxidação, a saber: ar, temperatura e contaminação.

Em uma certa proporção e dependendo de suas propriedades físicas todos os fluidos combinam com o ar. Essa ação é grandemente acelerada pelas altas temperaturas de operação. Para cada 10°C de aumento de temperatura, duplica-se o índice de oxidação resultando maior contaminação, a qual por sua vez, aceleram posteriores oxidações.

Os óleos de boa qualidade normalmente contêm aditivos que reduzem a possibilidade de oxidação.

Além de boa qualidade de óleo é possível também reduzir as causas da oxidação por meio de um projeto eficiente na operação e manutenção.

5.1 CARACTERÍSTICAS DE UM BOM ÓLEO MINERAL

5.1.1 Antiemulsificação

Capacidade de separar-se da água. O óleo deve possuir esta característica e não pode perdê-la com o uso. A água se introduz no sistema hidráulico através da condensação, vazamentos em trocadores de calor, ou ainda, do ar umedecido.

5.1.2 Neutralização

Acidez do óleo ou em casos mais raros, da alcalinidade. Uma mudança do número de neutralização indica a formação de substâncias prejudiciais ao sistema hidráulico. Essa acidez causa a corrosão dos metais e ataca os elementos de vedação do sistema quando se torna exageradamente grande. A maioria dos distribuidores de óleo mineral admitem uma variação de, no máximo, 0,5 % do número de neutralização. O número mínimo é de 1 grama de hidróxido de potássio para um litro de óleo, também denominado TAN (total acid number).

5.1.3 Ponto de Anilina (P.A.)

É a temperatura na qual o óleo e anilina, em solução bifásica, assumem uma única coloração, formando uma solução única. Valores abaixo de 93,3 °C são considerados baixos, e acima, altos. Um óleo com baixo P.A. possui uma ação solvante na borracha. Se usarmos elementos de vedação indicados para baixo P.A. e trabalharmos com um óleo de P.A. elevado, os elementos de vedação se tornarão duros e quebradiços. Se ocorrer o inverso, as vedações ficarão macias e de fácil dissolução.

5.1.4 Aditivos

Para se melhorar as características do óleo, costumamos introduzir aditivos que irão preservar o sistema hidráulico de outros tipos de “ataques”. São:

- **antioxidação:** a oxidação é a reação química que ocorre entre o óleo e o oxigênio, produzindo ácido e borra. Temperaturas elevadas e impurezas, agem como catalisadores e aceleram essa reação.
- **antiespumante:** quando ocorrem problemas de vedação, falta de óleo em um sistema hidráulico etc., ocorre à formação de bolhas de ar, originando a espuma. A espuma irá provocar, tanto a cavitação da bomba, assim como, um ciclo de trabalho defeituoso, já que o ar é altamente compressível. Quando introduzimos ao óleo um aditivo antiespumante, fazemos com que sua desaeração seja feita mais rapidamente.
- **antidesgastante:** são aditivos que, somados ao óleo, fazem com que sejam reduzidos o desgaste em bombas, motores e outros equipamentos quando se está trabalhando em condições adversas. Esses fluidos são, geralmente, recomendados no trabalho em que temos a aplicação de bombas de palhetas girando a grandes velocidades.
- **detergentes:** o óleo deve sempre estar livre de sujeira, borra, tinta e partículas abrasivas, pois do contrário, reduziremos a vida útil do sistema. Assim sendo, devemos cuidar de filtrar bem o óleo, assim como, introduzir magnetos no sistema, para reter as partículas ferrosas. As partículas maiores irão se depositar no fundo do reservatório. Aditivos detergentes não são recomendados em sistemas óleo-hidráulicos, pois dissolveriam mais ainda as impurezas, tornando difícil sua filtragem, o que, portanto, iria criar mais problemas do que propriamente resolvê-los.

5.2 FLUIDOS RESISTENTES AO FOGO.

Alguns sistemas hidráulicos, localizados perto de equipamento com alta temperatura ou fontes de ignição, podem representar perigo de incêndio desde que não seja utilizado um fluido resistente ao fogo.

Estes fluidos são encontrados em vários tipos, que podem ser classificados de acordo com a sua base:

- a) Glicóis com água;
- b) Sintéticos;
- c) Emulsões de óleo e água.

Estes últimos diferem dos óleos-solúveis comuns, pois são invertidos, de modo que as moléculas de água sejam recobertas de óleo proporcionando lubrificação.

A resistência ao fogo nos glicóis e emulsões de óleo-água é obtida pela queda de temperatura oriunda na formação de vapor e da exclusão do ar no ponto onde haveria ignição. Os fluidos sintéticos são naturalmente incombustíveis.

Há também outro tipo de classificação segundo a Norma DIN 51502 que são as 4 classes: HSA, HSB, HSC e HSD. Ou ainda pelos padrões internacionais (CETOP-ISO) que são: HFA, HFB, HFC e HFD.

HFA – Óleo com emulsões de água com no máximo 20% de volume com líquido combustível. Aditivos anticorrosivos. Viscosidade muito baixa, portanto, grandes perdas por fugas. Preço bem vantajoso. Utilizada principalmente na mineração subterrânea.

HFB – Água e emulsões de óleo com no máximo 60% do volume com líquido combustível. Aditivos corrosivos. Poder lubrificante e viscosidade semelhante aos óleos minerais puros. Não é muito utilizado, pois nem sempre está garantida a sua inflamabilidade.

HFC – Solução de água e poliglicol. O teor de água e os aditivos anticorrosivos devem ser sempre controlados. A proteção contra desgaste é melhor que os fluidos HFA e HFB. Pode ser utilizado com a maioria das gaxetas padrão. Utilizado na mineração ou em máquinas de fundição sob pressão.

HFD – Líquidos sintéticos sem água.

- a) Éster fosfato
- b) Hidrocarbonatos clorados

Mistura de a e b, bem como com óleos minerais. Alta resistência ao envelhecimento e boa proteção ao desgaste. Pode ser utilizado em largas faixas de temperatura de serviço. Má compatibilidade com gaxetas convencionais e pinturas a tinta. São necessárias gaxetas de “viton”. Apresenta problemas em relação ao meio ambiente, pois os hidrocarbonetos são muito venenosos.

Cuidados especiais devem ser dados às linhas de sucção das bombas, quando forem utilizados fluidos resistentes ao fogo. Suas altas densidades e, em alguns casos, sua alta viscosidade, podem causar problemas de cavitação (vácuo parcial no fluido).

As recomendações dos fabricantes devem ser obedecidas quando da mudança de um fluido à base de petróleo, para um fluido resistente ao fogo e vice-versa.

Os tanques devem ser completamente drenados, limpos e lavados com o fluido a ser utilizado, quando de uma mudança. Será inclusive necessário desmontar as unidades para troca dos retentores e guarnições.

Alguns fluidos têm a tendência até em amolecer e remover as tintas do interior dos tanques.

5.3 MUDANÇA DE ÓLEO

Não podemos dizer que existe uma hora exata para a troca do fluido hidráulico. Quando se tratar de fluido resistente ao fogo, consulte o fabricante do equipamento hidráulico.

Com relação ao óleo mineral, teoricamente, em um ciclo de trabalho leve, fariam a troca após, 4000 horas de uso, caso contrário, para ciclo de trabalho pesado, 2000 horas. Na prática, entretanto, isso não se verifica, pois de acordo com ciclo de trabalho muitos aditivos introduzidos no óleo são perdidos na evaporação ou deixam de atender as características a que foram determinados. Ainda podemos ter a possibilidade de estarmos trabalhando com o sistema hidráulico em locais de alta contaminação, seja ela corrosiva, alcalina, úmida ou saturada de poeira (neste caso, a troca dos elementos filtrantes deveria ser mais acentuada). Vemos, então que, de maneira geral, não existe uma regra fixa para o momento da troca, porém, podemos estabelecer algumas normas que poderiam ser seguidas de acordo com diversos fatores, como por exemplo:

- 1500 a 2000 horas, para ciclos de trabalho leve, sem contaminação;
- 1000 a 1500 horas, para ciclos de trabalho leve, com contaminação, ou ciclos de trabalho pesado, sem contaminação;
- 500 a 1000 horas, para ciclos de trabalho pesado, com contaminação.

Outro item importante a ser considerado é a quantidade de óleo a ser trocada. Quando se tratar de um grande volume de óleo, é preferível se optar por uma filtragem mais

acurada e observando-se as condições acima, introduzimos novos aditivos por 3 a 4 vezes antes de efetuar a troca propriamente dita.

Finalizando, procure sempre utilizar o óleo recomendado pelo fabricante do equipamento hidráulico. Nunca misture diferentes marcas de óleo, pois aditivos e inibidores de um, podem não combinar com os do outro. Armazene o óleo a ser utilizado em latas limpas, fechadas e longe da poeira. Marque todas as latas para evitar enganos. No momento da troca, drene o óleo usado de ambos os lados do cilindro; drene o óleo do tanque; limpe o reservatório com um jato de alta pressão de óleo diesel e seque-o com panos até ficar limpo (não use estopa!); se houver filtro de succão, retire e limpe-o; coloque um novo elemento filtrante no filtro de retorno, encha o reservatório com o óleo novo; dê a partida na máquina e faça o óleo circular da bomba diretamente para o tanque durante 20 minutos; preencha o sistema com óleo novo e termine de encher o reservatório; faça o óleo circular através de todo o circuito, sem carga, durante 30 minutos; instale um novo elemento filtrante no filtro de retorno pode começar a operar a máquina.

6 TUBULAÇÕES

A função da tubulação e do sistema hidráulico ou pneumático é atuar como um condutor à prova de vazamentos do fluido. A tubulação destes sistemas de potência pode ser comparada com o sistema de encanamento de uma casa, onde um trecho leva água ao banheiro, outro leva a pia da cozinha e outro leva a um sistema de lavagem de pratos.

A tubulação em sistema de potência fluida é na maioria das vezes motivo de reflexão posterior, já que é uma enorme fonte de problemas. É importante que a tubulação seja adequada da melhor forma para proporcionar máxima eficiência e operação sem problemas.

6.1 CLASSIFICAÇÃO DAS TUBULAÇÕES

As tubulações são divididas em 3 grandes grupos, a saber, tubos rígidos, tubos semi-rígidos e tubos flexíveis.

6.1.1 Tubos Rígidos

Tubos Rígidos são tubos tubo de aço rígido e são divididos em 4 subcategorias:

- Standard, ou classe 40.
- Extra forte ou classe 80, para 1000 psi.
- Classe 160 para 3000 psi
- Duplo extra forte

Os calibres dos tubos são especificados pelo diâmetro interno nominal como $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{4}$, e $1\frac{1}{2}$ pol. Todas as categorias de um só calibre possuem o mesmo diâmetro externo, mas o diâmetro interno real varia, segundo espessura da parede do tubo.

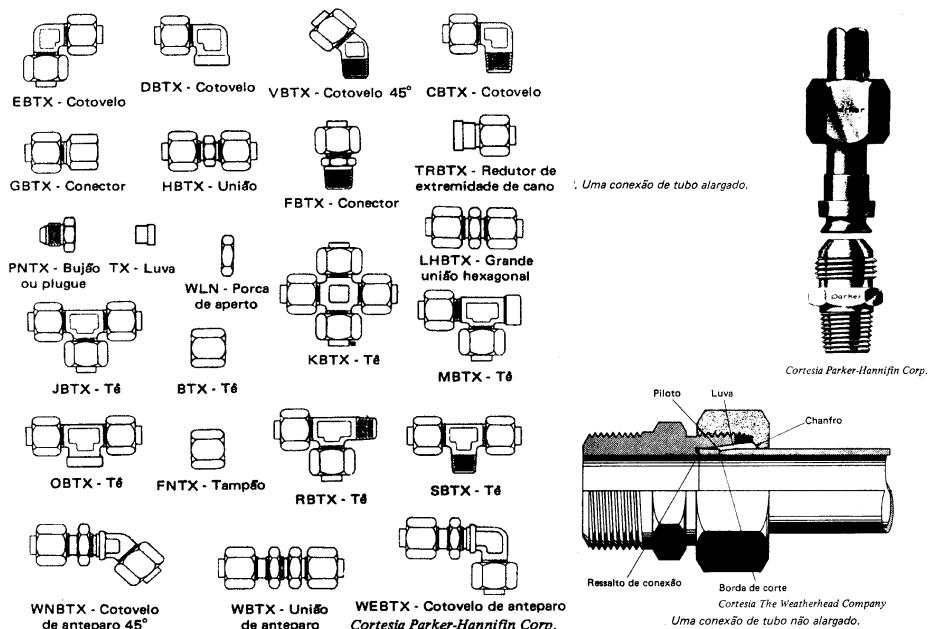


Figura 54 -Tipos de conexão

6.1.1.1 Instalação de tubos rígidos

Quando os canos rígidos são utilizados em uma instalação, devem ser adotados canos padrões para sistemas pneumáticos e os da classe 80 ou classe 160 devem ser usados para sistemas hidráulicos. A classe 80 é normalmente usada para sistemas hidráulicos que exijam pressões de até 1000 psi (7MN/m²) e a classe 160 para pressões até 3000 psi (21MN/m²).

As extremidades dos canos de aço podem ser rosqueadas através de uma tarracha de canos. Além disso, as extremidades dos canos podem ser soldadas a uma flange de soldagem, que se ajusta a uma conexão combinada de uma válvula ou de um cilindro, deve-se tomar cuidado no rosqueamento de um cano no sentido de se certificar de que as roscas deste sejam adequadamente cortadas. Após o término do cano, todas as farpas de cano, compostos de rosqueamento e rebarbas devem ser removidas de interior e do exterior deste. Além disso, não podem absolutamente permanecer ferrugem ou sujeiras em seu interior. Quando são usados flanges de soldagem, certifique-se que todos os filetes de solda soltos foram removidos do interior do cano.

6.1.2 Tubos Semi-Rígidos

Os tubos inteiriços de aço, alumínio e cobre ao todos utilizados para sistemas hidráulicos e pneumáticos. Podem ser agrupados da seguinte maneira:

- Aço inconsútil (inteiriço) SAE 1010 totalmente recozido
- Aço inoxidável, inconsútil 18-18, totalmente recozido, adequado para dobraduras e alargamentos.
- Alumínio inconsútil B50S-0.
- Cobre inconsútil totalmente recozido

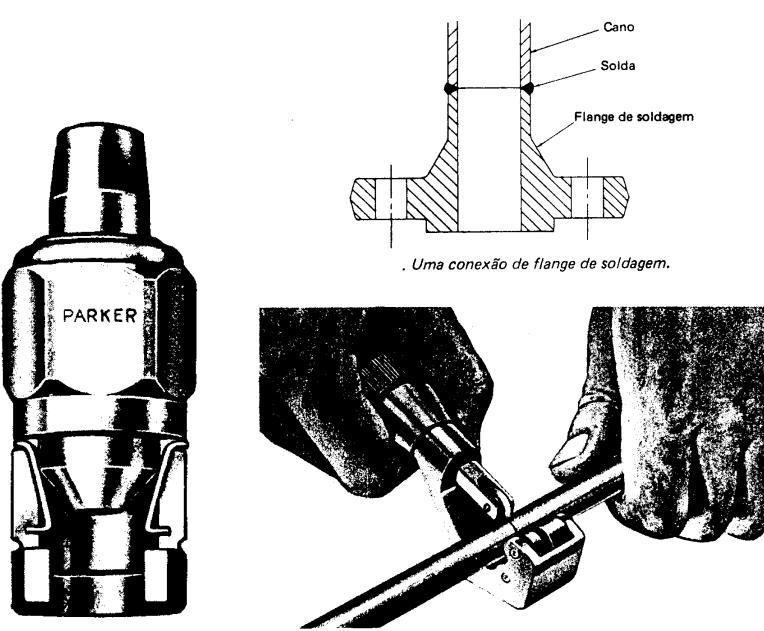


Figura 55 - Junção de tubos rígidos.

Como estes tubos são curvados, as linhas de tubo podem requerer um número mínimo de conexões. São especificados pelo diâmetro externo e pela espessura da parede. Os tubos de cobre são os mais utilizados para aplicação em hidráulica.

Os tubos alargados devem ser adequadamente curvados para fora. Existem duas formas de realizar estes alargamentos, que pode ser o padrão da USASI que requerem um ângulo de alargamento de 37° e o padrão da SAE que especifica um ângulo de 45°. Verifique o ângulo de alargamento antes de alargar os tubos.

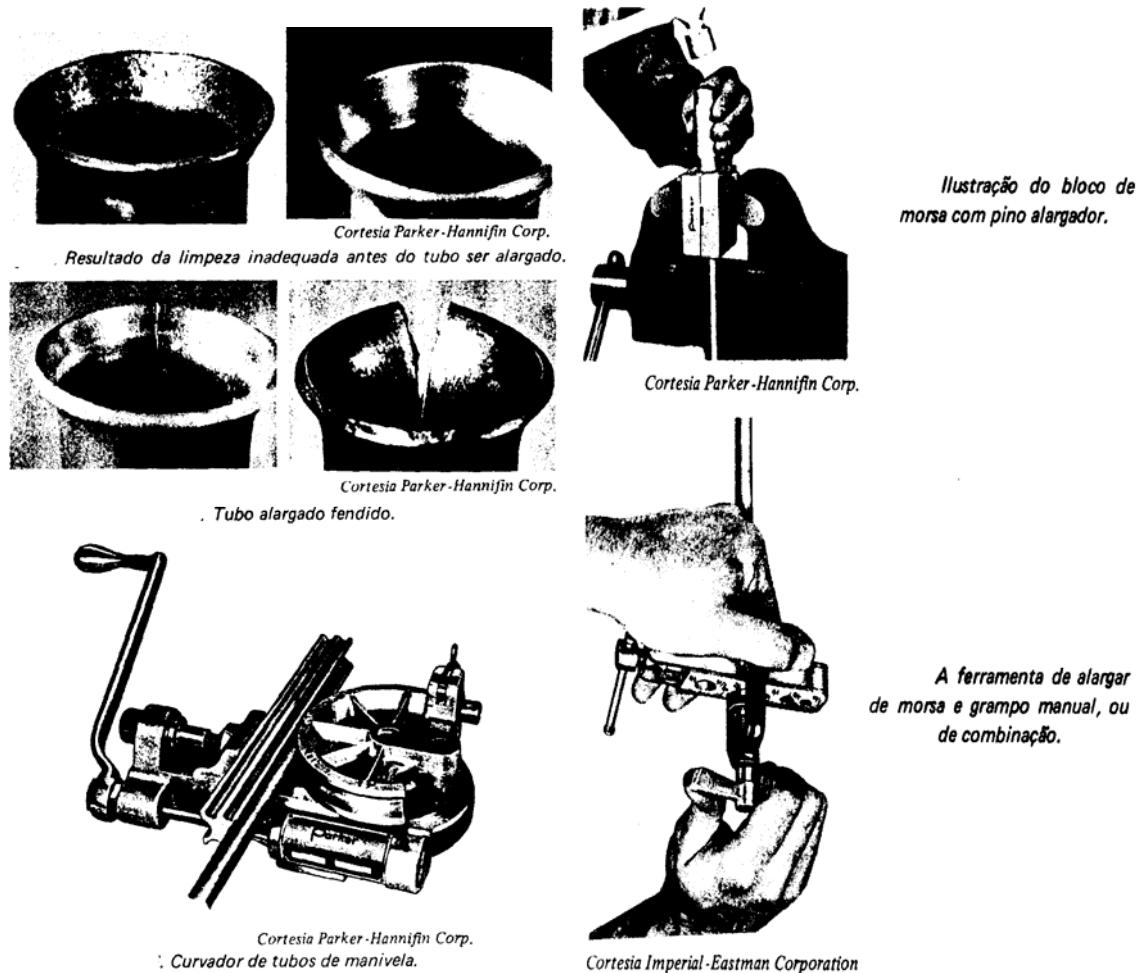


Figura 56 - Problemas no alargamento, curvador de tubo e ferramenta para alargar.

6.1.2.1 Instalação de tubos semi-rígidos

Depois de definidos os comprimentos dos tubos, agora devemos cortá-los. É muito importante fazer esta tarefa de maneira adequada, tomando cuidado para não distorcer, achatar ou lascar os tubos durante seu corte. O corte final deve ser reto, homogêneo e livre de rebarbas externas e internas. É aconselhável o uso de um corta tubos como os apresentados neste capítulo. Remova as rebarbas dos trechos internos e externos do tubo, se o corte for efetuado com uma serra de metal, a extremidade dos tubos deverá ser limpa com um removedor de rebarbas. Após preparar a extremidade do cano, este deverá ser limpo. A passagem de um jato de ar comprimido pelo tubo é um dos métodos para limpá-lo.

Se forem usadas conexões alargadas, apesar de óbvio, importante lembrar, que será necessário alargar, também, a tubulação. Este alargamento pode ser realizado tanto por um dispositivo, quanto uma máquina de alargamento mecânico; mas é muito comum a utilização de ferramentas de alargamento manual. Algumas são do tipo de ferramenta de alargar a martelo, o bloco de morsa com pino alargador, ou ferramenta de alargar de combinação. A seguir apresentamos um tubo alargado que não havia sido adequadamente limpo antes do alargamento. Um tubo alargado fendido, que pode ter sido causado por uma tubulação mal

temperada, textura desigual do tubo, ou por arranhões ou marcas de estiramento que se abriram, também mostrados abaixo. As instruções do fabricante para cada tipo de ferramenta devem ser seguidas adequadamente. A sujeição e o posicionamento dos tubos na morsa ou nos grampos são muito importantes.

Os tubos devem ser curvados por operações manuais ou mecânicas, automatizadas ou não. Apresentamos abaixo um curvador de tubos operado a alavanca, operado a manivela, um manual preso numa morsa e um curvador de tubos de engrenagem. As curvas não devem ser muito fechadas, o raio menor da curva (de linha de centro à linha de centro da tubulação) deve medir cerca de três vezes o diâmetro externo dos tubos. Deve-se tomar cuidado para evitar o enrugamento e o achatamento dos tubos. A instalação deve ser cuidadosa. O cuidadoso planejamento anterior pode evitar dificuldades posteriores. Ligações em linha reta, de comprimentos curtos, devem ser evitadas onde for possível. Devem-se aliviar tensões na tubulação, as tubulações longas devem ser suportadas por braços adequados. A tubulação não deve ser usada para sustentar outros dispositivos. A seguir são apresentadas algumas instalações corretas e incorretas. A superfície de alargamento e a base da conexão devem estar limpas quando forem utilizadas conexões alargadas.

Dois tipos de roscas de canos podem ser usadas nas ligações de tubos, ou encanamentos: (1) as roscas de canos de perfil cônico nacionais americanas, e (2) as roscas de cano de perfil cônico Dryseal. Essas roscas são completamente intercambiáveis. As juntas com roscas de cano Dryseal provocam menos vazamento que as roscas Nacionais. Cada tipo de rosca pode ser usado para formar uma vedação com outro tipo. É necessário usar um composto de vedação quando uma das roscas não for do tipo Dryseal. As conexões de tubos que tem roscas retas e anéis de vedação "O" são freqüentemente usadas.

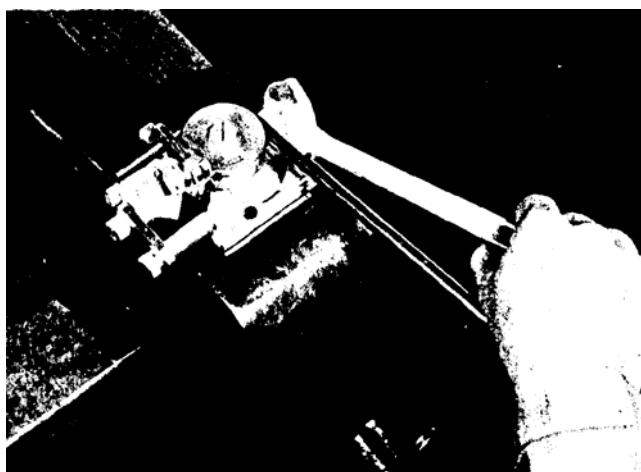
É recomendável lubrificar roscas e canos antes da montagem. Qualquer óleo leve pode servir de lubrificante. Um vedador, ao invés de um lubrificante, deve ser usado em tipos de roscas de canos que não sejam o Dryseal. Alvaiade, baquelite, verniz, petrolatum, e vários outros vedadores podem ser utilizados.

A fita Teflon, esta sendo usada como um vedador de rosca em muitas aplicações. Tem varias vantagens: fácil aplicação, boa aparência, não é cara, não danifica a conexão e pode superar temperaturas de até 315°C. a fita teflon tem aparência similar à fita adesiva branca.

Na instalação dos tubos existem algumas precauções que devem ser tomadas e são elas:

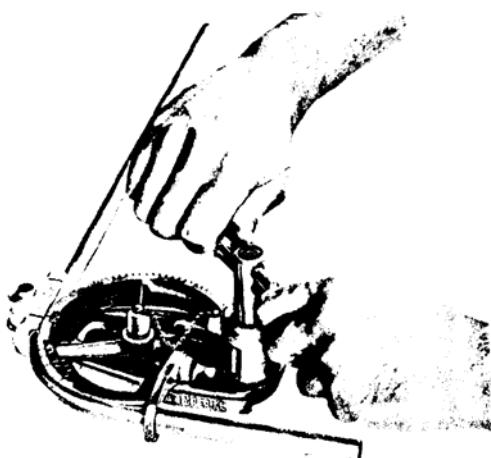
- Evitar ligações em linha reta sempre que possível, especialmente em trechos curtos.
- Projetar os sistemas de tubulação simetricamente, pois são mais fáceis de instalar em dão uma melhor aparência.
- Tomar cuidado e eliminar tensões nas linhas de tubos, dar suporte às tubulações longas através de braços ou grampos e tomar cuidado para não utilizar a linha de tubos como suporte a ligações pesadas, válvulas, etc., as quais devem ser fixadas por suportes para eliminar fadiga da tubulação.
- Inspecionar os tubos antes da instalação verificando as especificações exigidas, em relação aos diâmetros e espessuras dos tubos.
- Cortar as extremidades dos tubos razoavelmente retas. Escariar o interior dos tubos e remova as rebarbas da margem externa. Chanfros muito excessivos, diminuem a resistência da extremidade do tubo na base da ligação.
- Em trechos retos onde é necessário realizar curvas na tubulação, é importante deixar um trecho de pelo menos duas vezes o comprimento da porca para facilitar a desmontagem do sistema ou substituição de trechos por manutenção.

- Os tubos devem ser montados de forma a encontrar-se em alinhamento exato com a linha de centro das ligações, sem distorção ou tensão. Um tubo que tenha de ser torcido para ser inserido na ligação, não terá sido adequadamente fabricado e quando assim instalado e ligado coloca a tubulação sob tensão.
- Na montagem da instalação dê preferência à inserção do braço mais longo da conexão, depois insira a outra extremidade na próxima conexão. Não rosqueie a porca na conexão mais extensa, pois prende firmemente à tubulação, restringindo qualquer movimento na seqüência de sua montagem. Desta forma, deixando a porca frouxa, o braço curto da tubulação pode ser facilmente movido, levando à posição adequada e inserido na parte curta. Sendo assim, as porcas devem ser apertadas com devido torque necessário à integridade do conjunto.



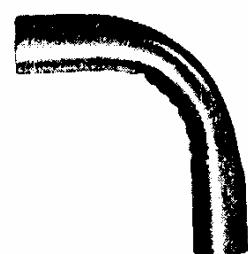
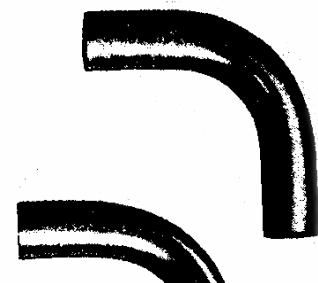
Cortesia Parker-Hannifin Corp.

Curvador de tubos manual preso em uma morsa.

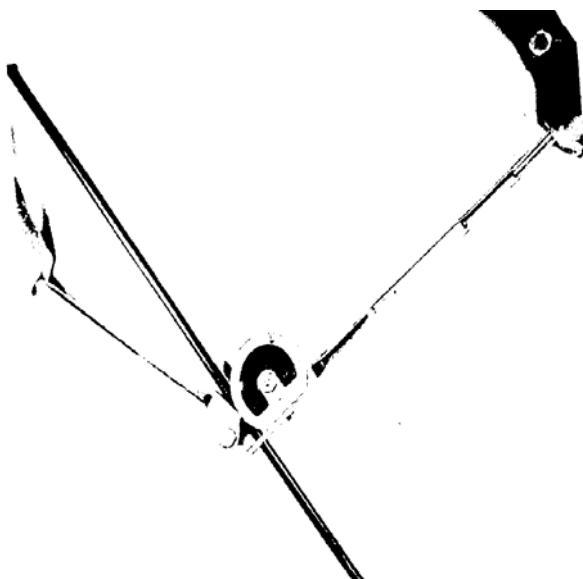


Cortesia Imperial-Eastman Corporation

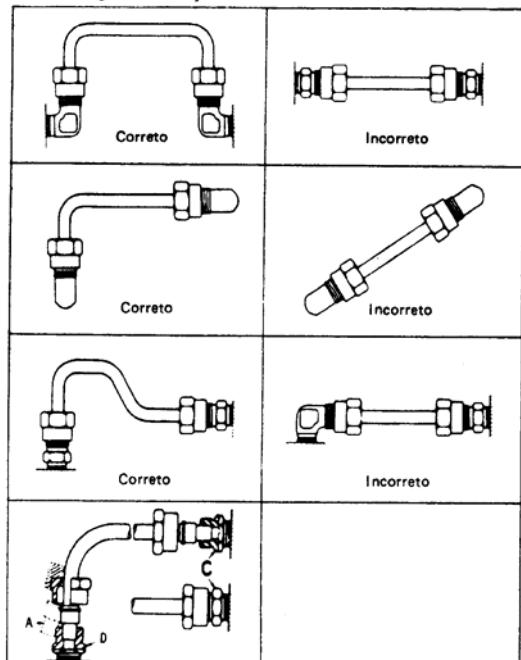
Figura 57 - Curvadores de tubos e tubos curvados.



Cortesia Parker-Hannifin Corp.



Cortesia Imperial-Eastman Corporation



Cortesia The Weatherhead Company

Figura 58 - Curvador e disposições da tubulação.

6.1.3 Tubos Flexíveis

A mangueira flexível é usada para muitos tipos e categorias de serviço. A mangueira é especificada pelos diâmetros interno e externo. O chamado tubo é o forro ou parte que entra em contato com o fluido. A carcaça é a estrutura de sustentação da mangueira, fica entre o tubo e a cobertura. O material da carcaça pode ser algodão, fibra sintética, asbestos ou fio metálico, podendo ser trançado, tecido, entrelaçado ou enrolado espiralmente. A cobertura é o elemento de revestimento externo da mangueira e têm por objetivo proteger a carcaça da abrasão ou outras forças destrutivas, pressão de pulso, objetos em queda, raios solares, intempéries, óleos, graxas, ácidos e substâncias químicas. Várias categorias de pressão são utilizadas para classificação dos tipos de mangueira. Considerando-se que existem três tipos de pressão – pressão de operação recomendada, pressão de ensaio e pressão de ruptura, deve-se utilizar uma pressão situada entre a pressão recomendada e a pressão de ensaio para se obter uma maior segurança na seleção do tubo.

A mangueira deve resistir ao óleo pois está em contato com ele. Para sistemas pneumáticos deve-se observar que o vapor de óleo nas linhas do compressor e o óleo são introduzidos nas linhas ligadas a ferramentas pneumáticas. A carcaça da mangueira deve suportar o serviço desejado e a cobertura deve ser suficientemente robusta para resistir ao desgaste abrasivo severo. Esta deve ser flexível e fácil de manejá-la. Várias ligações de extremo são utilizáveis para os diferentes tipos de mangueiras.

6.1.3.1 Instalação de tubos flexíveis

Na figura abaixo são mostradas as diversas situações encontradas na instalação destas tubulações, indicando as formas corretas e incorretas de se realizar a instalação. Os conjuntos de mangueiras, ou seja, a mangueira e suas conexões são de dois tipos: (a) os que são permanentemente unidos na fábrica e, (b) os com conexões reutilizáveis. Um método nos quais as conexões reutilizáveis são usadas para fazer um conjunto de mangueira é ilustrado na figura abaixo, e conjuntos de mangueira com conexões reutilizáveis.

As ilustrações da figura 59 podem ser utilizadas como um guia para os métodos adequados de instalar conjuntos de mangueiras. A mangueira não deve ser curvada ou torcida demais, e não deve ser colocada em torção em qualquer momento durante a instalação. Curvas fechadas ou excessivas podem fazer a mangueira enrugar-se ou romper-se.

Nas instalações retas de mangueiras, deve ser deixada folga suficiente na linha de mangueira para proporcionar mudanças de comprimento que ocorrem quando é aplicada a pressão. Essa mudança de comprimento pode variar de dois a quatro por cento.

Projete a instalação de forma que o conjunto de mangueira seja acessível à inspeção ou à fácil remoção. Deve ser lembrado que as conexões de extremidade de metal não podem ser consideradas parte do trecho flexível do conjunto da mangueira. Muitas mangueiras encurtam aproximadamente cinco por cento quando é aplicada a pressão. Uma tolerância para a variação do comprimento sob condições de operação deve ser deixada.

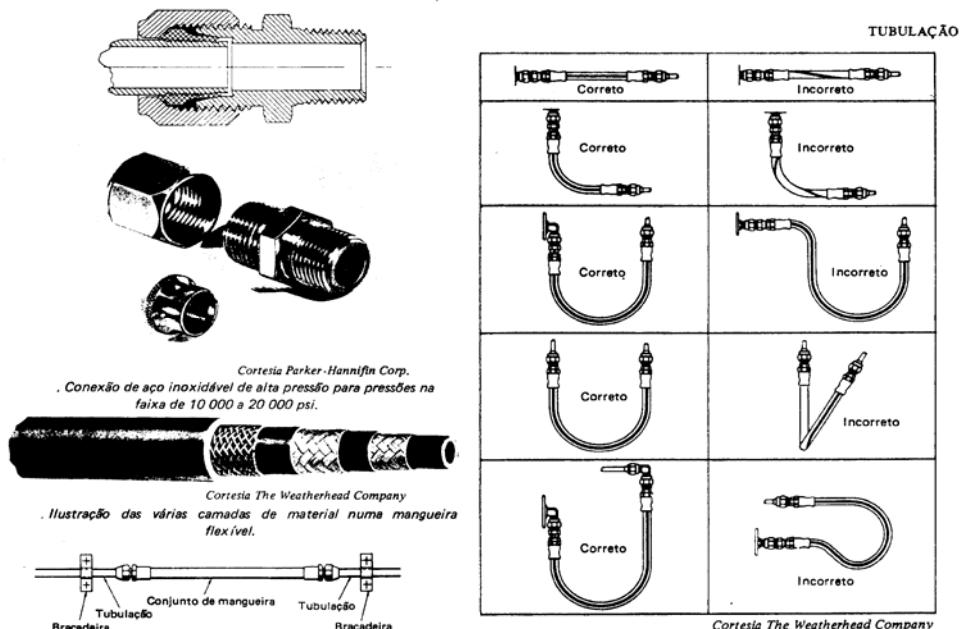
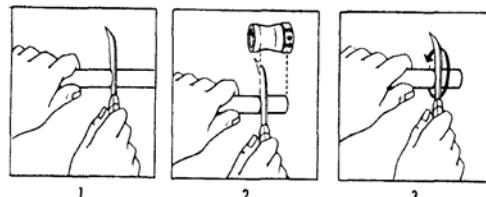
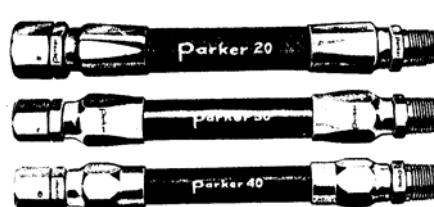


Figura 59 - Uma mangueira com suas camadas a disposição e a disposição das conexões de mangueiras flexíveis.

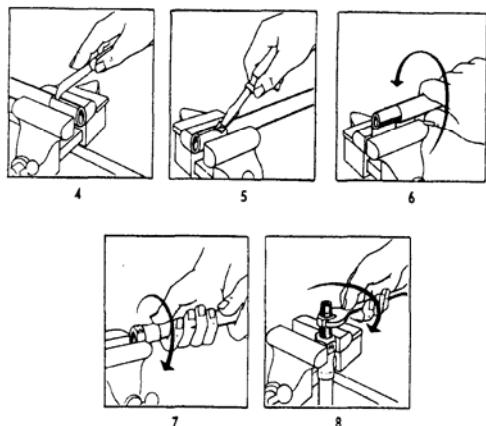
A instalação deve ser estudada para determinar onde cotovelos poderão ser usados com vantagem. As tensões no conjunto de mangueiras poderão ser atenuadas pela utilização de tubos e conexões em cotovelo.

O raio de curvatura é importante. Uma boa regra de operação é que o raio de curvatura deve ser cinco ou mais vezes maior que o diâmetro externo da mangueira. Vários tipos de conjuntos podem ser feitos, utilizando mangueiras e tubos (figura 25). Tais conjuntos são usados freqüentemente em equipamentos produzidos em serie. O conjunto de mangueira e conexão mostrado pela figura 26 tem varias aplicações no equipamento de potencia fluida. Este conjunto pode ser feito rapidamente no local de emprego.



Cortesia Parker-Hannifin Corp.

. Conjuntos de mangueiras com conexões reutilizáveis.



Cortesia The Weatherhead Company

Figura 60 - Mangueiras e a forma de manuseá-las.

7 ACESSÓRIOS

O conceito “acessório” nos leva a uma falsa interpretação com respeito à importância dos equipamentos descritos a seguir.

São elementos imprescindíveis, como os transformadores de energia, ou os elementos de comando e controle, para o funcionamento seguro de uma instalação hidráulica.

7.1 FILTROS

A confiabilidade de uma instalação hidráulica depende fundamentalmente da limpeza do sistema, isto é, da filtragem.

A função do filtro é reduzir o nível de impurezas sólidas de um sistema, dentro de um valor aceitável, protegendo os outros elementos de um desgaste muito elevado.

Nesse caso, muitos fatores devem ser considerados:

- Tipo de partículas (tamanho, classe).
- Número de partículas de impurezas.
- Velocidade do fluxo do meio de pressão nos vários elementos individuais.
- Pressão do sistema, quedas de pressão.
- Tolerâncias, características construtivas.

Análise de fluidos de pressão indicam as relações entre quantidade de impurezas, tamanho e número de partículas.

O grau de contaminação é dividido em 7 classes, de acordo com a norma SAE.

Tamanho das partículas	Número de partículas em 100 cm ³ /classes							
	0	1	2	3	4	5	6	
5 a 10	0	1	2	3	4	5	6	
10 a 25	2700	4600	9700	24000	32000	87000	128000	
25 a 50	670	1340	2680	5360	10700	21400	42000	
50 a 100	93	210	380	780	1510	3130	6500	
100 em diante	16	28	56	110	225	430	1000	
	1	3	5	11	21	41	92	

Tabela 6 - Grau de contaminação.

As partículas de impurezas, são medidas em micrões (μm), a milionésima parte de 1 m. O grau de filtragem também é medido na mesma unidade.

Grau de filtragem absoluto: sob este conceito se entende o valor correspondente ao diâmetro da maior partícula de forma esférica e rígida, que ainda consegue atravessar o filtro.

7.1.1 Elemento Filtrante - Material do Filtro

Os elementos contêm material filtrante dobrado em gomos. Com isso se consegue uma grande superfície filtrante e uma boa rigidez.

Tela metálica: trata-se de um “tecido” de aço inoxidável.

Papel: esse elemento é composto de um cartucho de papel. O grau de filtragem situa-se em torno de 10 μm . Juntamente com um suporte de apoio de dobramento em gomos, o elemento de papel consegue uma boa rigidez própria. Filtros de papel não podem ser limpos.

São elementos descartáveis e podem ser usados em funcionamentos iniciais ou manutenção de sistemas.

7.1.2 Filtros de Fibra Metálica

Como material são usados “filamentos”. O elemento de fibra metálica se destaca por algumas de suas vantagens:

- grande capacidade de absorção de impurezas com relação às áreas;
- prolongada vida útil, filtragem em profundidade;
- independente da temperatura;
- admite grandes diferenças de pressão;
- grande rigidez.

Existem ainda outros sistemas de filtros, que são reconhecidos pela sua posição no circuito hidráulico, como veremos a seguir, e são divididos em:

7.1.3 Filtros de Sucção

O filtro de sucção é instalado na tubulação de sucção da bomba. O elemento filtrante é provido de uma rosca para conexão 2. O fluido é succionado através do elemento filtrante 3, de forma que apenas óleo filtrado chegue ao sistema 1. No entanto, é desvantajoso pelo acesso difícil, e, portanto, manutenção dificultosa. Além disso, um filtro de sucção dificulta a ação da bomba. A isto se deve muita atenção, porque muitas bombas não podem ou não devem trabalhar com esse tipo de filtragem. A porosidade desses filtros é geralmente $> 100 \mu\text{m}$.

Para que, no entupimento do elemento filtrante ou na partida a frio da bomba, não surjam dificuldades, esses elementos de filtros de sucção podem ter acoplado paralelamente válvulas “by pass”, onde a pressão de abertura corresponde a 0,2 bar.

Símbolo

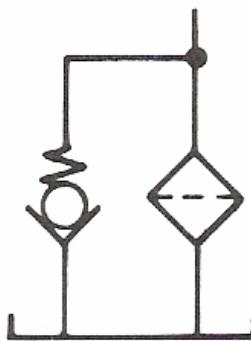


Figura 61 - Filtros de sucção com “by-pass”.

7.1.4 Filtro de Pressão

O filtro de pressão é instalado na linha de pressão de um circuito hidráulico. Pode ser instalado na conexão de pressão da bomba, antes de um servo-válvula ou antes de uma reguladora de vazão com passagem muito reduzida.

De modo geral, no entanto, o filtro é instalado como proteção, próximo a um dispositivo de comando ou regulagem.

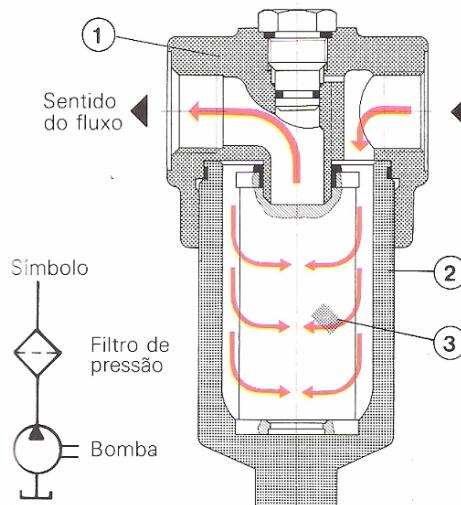


Figura 62 - Filtro de pressão.

O filtro representado na figura (tipo DF) é apropriado para instalação em linhas de pressão.

O filtro constitui de uma caixa 1, recipiente rosqueável como elemento de recolhimento de impurezas e elemento filtrante 3.

Como o filtro está sujeito à pressão máxima de trabalho deve ser bastante rígido.

Esse filtro, por exemplo, está projetado para suportar diferenças de pressão de até 315 bar.

Dados técnicos: Pressão operacional:	até 450 bar
Vazão:	até 330 l/min com $\Delta p = 0,8$ bar
Grau de filtragem:	1, 5, 10 μm

7.1.5 Filtro de Retorno

O retorno é o tipo mais usado. Está colocado na linha de retorno. Isto significa que o fluido proveniente do sistema chega filtrado ao reservatório.

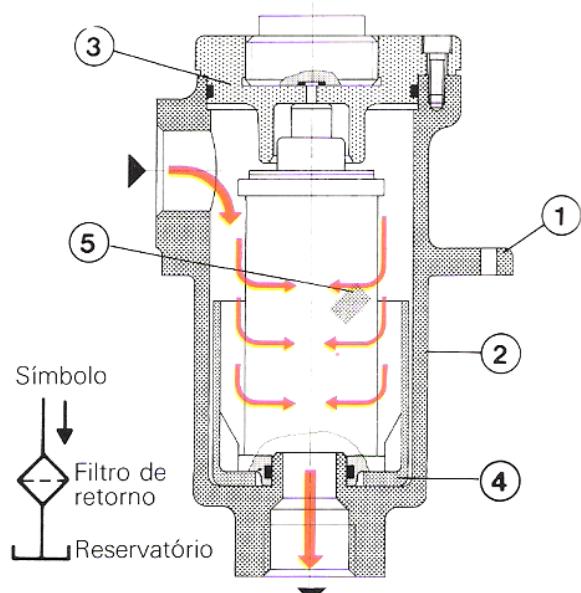


Figura 63 - Filtro de retorno.

Esse filtro é o próprio para montagem no reservatório, ou em versões para conexões direta na linha.

O filtro mostrado na figura é preso pelo flange de fixação 1 à tampa do reservatório. A carcaça 2, juntamente com a conexão de saída do fluido, é colocada internamente no reservatório. Uma das grandes vantagens desse filtro é seu acesso e, portanto, facilidade de manutenção.

Desmontando-se a tampa 3, o elemento filtrante 5 pode ser retirado facilmente.

Importante, também é que, neste caso, o recipiente envolve o elemento filtrante. Com a retirada do elemento, o recipiente também sai, impedindo desta forma que as impurezas, já separadas e decantadas, voltem para o reservatório. Para evitar parada de máquinas na manutenção ou substituição, também são empregados filtros duplos.

Nesse caso, dois filtros são ligados em paralelo. Com a ligação do segundo elemento, o primeiro elemento pode ser substituído sem que seja necessário parar a máquina.

Símbolo:

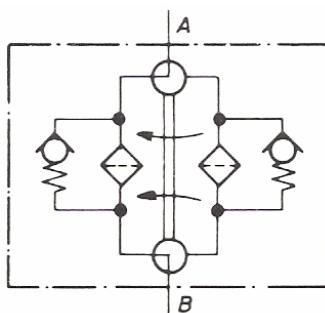


Figura 64 - Filtro duplo.

Dados técnicos: Pressão operacional:

até 30 bar

Vazão:

até 1300 l/min (em reservatório)

até 3900 l/min (em tubulação)

Grau de filtragem:

10 e 20 μm

7.1.6 Indicadores de Impurezas

O grau de contaminação do filtro pode ser indiretamente determinado pela resistência à passagem do fluxo.

A pressão diante do filtro age sobre um cilindro com mola. Com o aumento de pressão, (que corresponde a um aumento de impurezas depositadas), o êmbolo é deslocado contra a força da mola. O curso pode ser indicado diretamente de forma visual ou, por meio de contatos, sendo transformado em um sinal elétrico e óptico.

Símbolo:

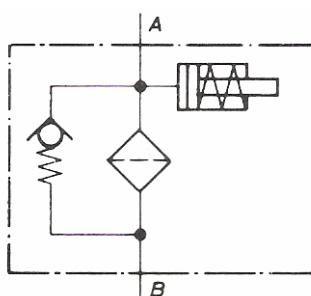


Figura 65 - Filtro com indicador óptico (mecânico) de saturação.

Símbolo:

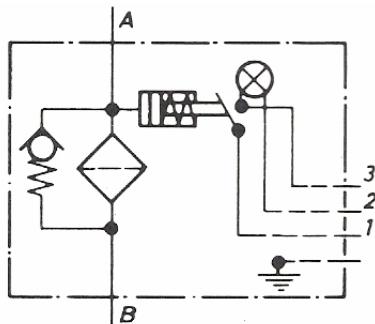


Figura 66 - Filtro com indicador eletro-óptico de saturação.

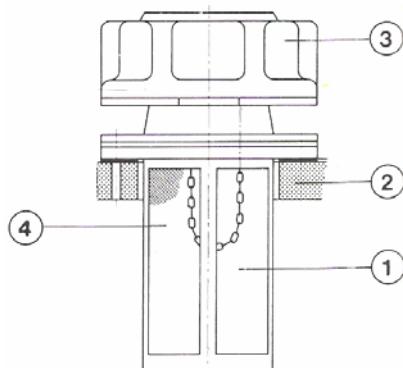


Figura 67 - Filtro de ar e de enchimento.

Símbolo



Figura 68 - Filtro.

O filtro de ar e de enchimento tipo ELF está previsto para ser montado sobre o reservatório.

Ele tem duas funções:

Como filtro de ar: com nível variável de fluido, por exemplo com diversos consumidores, deve haver uma compensação. Desta forma o ar circulante é formado.

Como bocal de enchimento: ao preencher o reservatório com o fluido, o filtro impede que impurezas maiores penetrem no reservatório e posteriormente no sistema. Assim se pode dizer que um reservatório só deve ser abastecido utilizando-se um filtro.

O filtro 1 é montado sobre a tampa do reservatório 2, para o abastecimento, se desenrosca a tampa 3, com feche tipo baioneta, que está segura contra extravio por uma corrente 4.

7.2 PRESSOSTATO



Figura 69 - Pressostatos.

Os pressostatos são utilizados para, dependendo da pressão hidráulica, ligar ou desligar um circuito elétrico. Também se podem utilizar interruptores hidroelétricos como comando ou sensor, isto é, como sinais óticos (lâmpadas) ou acústicos (campainha).

7.2.1 Pressostato de Êmbolo

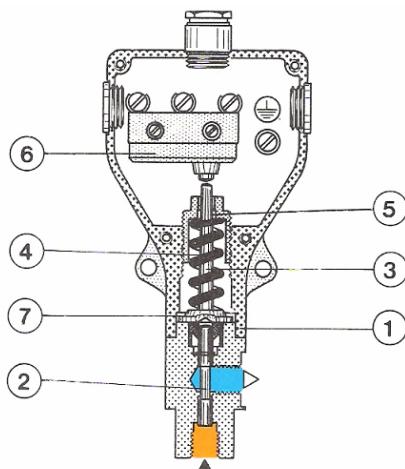


Figura 70 -Pressostato de êmbolo, tipo HED 1.

Símbolo

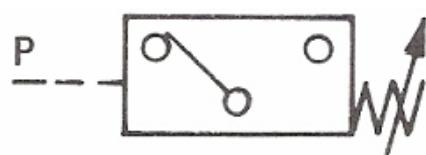


Figura 71 - Pressostato.

A figura mostra um pressostato tipo HED 1. Em uma carcaça 1, estão dispostos: o êmbolo 2, pino 3 com mola 4, parafuso de regulagem 5 e microinterruptor 6.

A pressão a ser controlada atua sobre o êmbolo 2, que se apóia por meio da haste 3 sobre a mola 4. A força da mola é ajustada pelo parafuso de regulagem 5. Caso a força do êmbolo ultrapasse a força da mola, o êmbolo se desloca contra a mola. A haste transmite o movimento ao microinterruptor. Um encosto protege o microinterruptor contra danos, no caso de pressão excessiva.

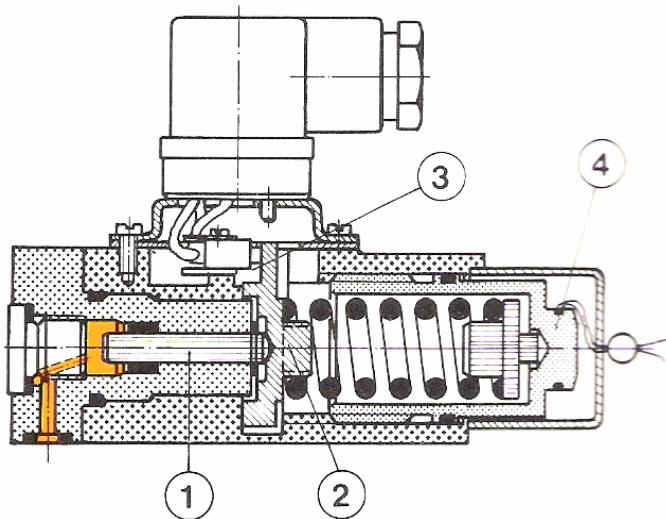


Figura 72 - Pressostato tipo êmbolo, tipo HED 4.

Uma versão mais avançada do pressostato de êmbolo está representada na figura abaixo. Aqui o êmbolo 1 atua sobre o prato da mola 2, que por sua vez aciona o microinterruptor através do ressalto 3. A pré-tensão da mola é com isso a pressão que aciona o contato é regulada girando a bucha com rosca 4. A vantagem desse tipo de pressostato é que se pode montar também em placas.

Nos pressostatos de êmbolo, o diferencial de pressão de comutação é função da pressão. São utilizados para abrir ou fechar um circuito elétrico. Para 2 contatos são necessários dois equipamentos.

A pressão de regulagem varia de 350 bar (HED 4) a 500 bar (HED 1).

7.2.2 Pressostato de Mola Tubular

Neste pressostato a pressão atua sobre uma mola tubular 1. De acordo com a grandeza da pressão, a mola tende a se endireitar e aciona o microinterruptor 2.

O ponto de contato é ajustado pela distância do microinterruptor à alavanca 3. Também aqui, um batente mecânico evita que o microinterruptor sofra danos com a pressão excessiva.

O pressostato tipo HED 2 tem um botão travável no qual o limite inferior de acionamento é regulado externamente.

A pressão superior é dada pelo diferencial de pressão que é constante em toda faixa de regulagem.

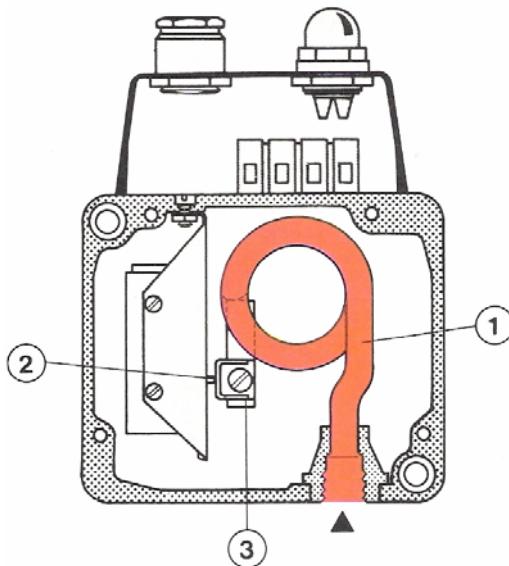


Figura 73 - Pressostato de tubo Bourdoun, tipo HED 2.

Símbolo:

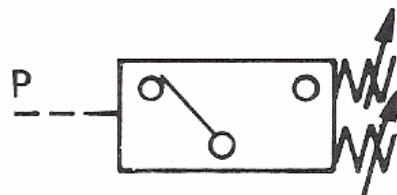


Figura 74 - Pressostato com 2 microinterruptores.

O pressostato tipo HED 3 é provido de 2 microinterruptores. Os limites superiores e inferiores de acionamento são regulados externamente por meio de parafusos.

Os pressostatos tipo Bourdoun se prestam não apenas para instalações com óleo hidráulico mineral como também podem ser usados para gás ou ar.

Dados técnicos: - Pressão máxima de regulagem: 400 bar

7.2.3 Válvula Seletora e de Controle do Manômetro

Os manômetros seletores do tipo MS 2 são válvulas de êmbolo giratório. Possibilitam a leitura da pressão em 5 ou 6 pontos de uma instalação hidráulica.

Este manômetro seletor é construído de tal maneira que no botão de posicionamento 1, está instalado em um manômetro 2 com glicerina. Os seis pontos de medição M são dispostos em conexões na periferia da carcaça. Com a rotação do botão e da bucha 4, acoplada a ele, conforme mostrado na figura, se efetua uma leitura de pressão por vez com o manômetro.

Para despressurização do manômetro, foram previstas posições intermediárias, nas quais a ligação é realizada até o tanque através dos canais 5. A esfera 6 fixa o manômetro na posição neutra ou de medição.

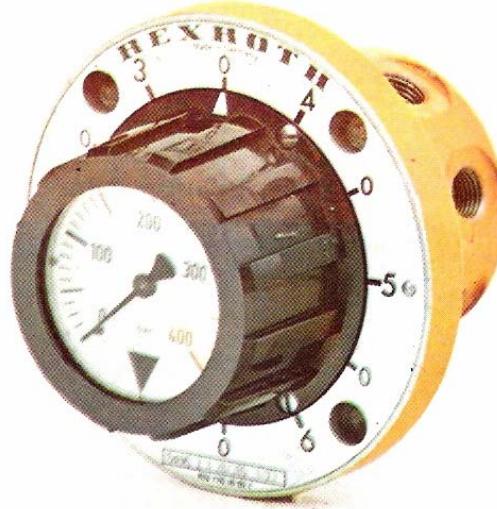


Figura 75 – Válvula seletora e de controle.

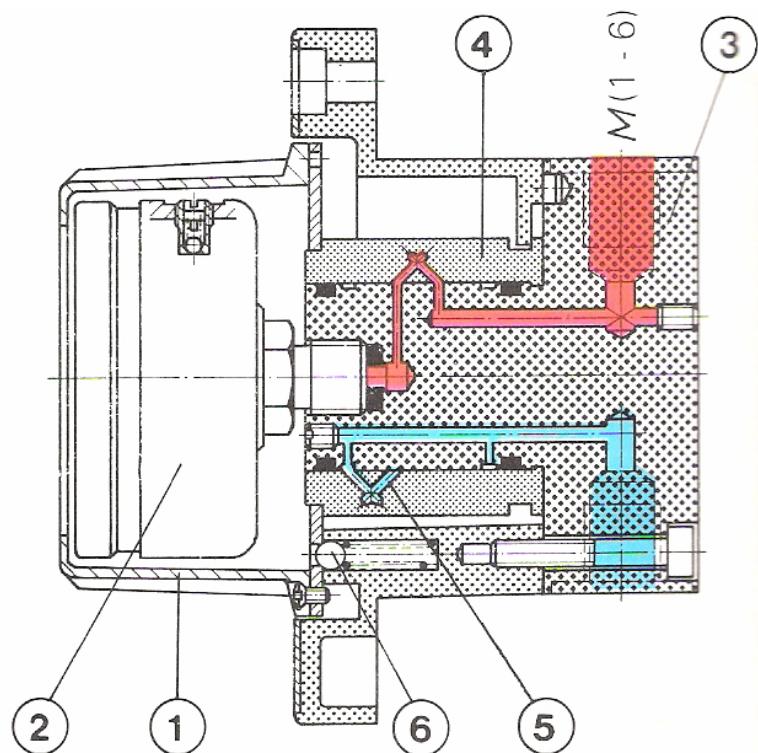


Figura 76 - Vista válvula seletora com controle.

Símbolo:

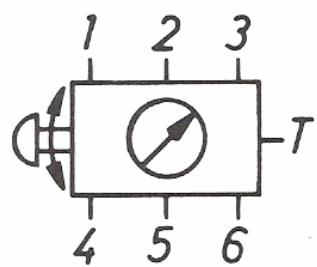


Figura 77 - Manômetro com controle.

O ponto que está sendo medido é indicado por uma seta na escala do botão seletor.

Outra versão, é o seletor para manômetro tipo MS 4 para 6 tomadas de medição, sem manômetro incorporado. O manômetro está instalado separadamente.

A conexão ao manômetro se realiza girando e apertando o botão seletor. Ao soltar o botão se estabelece automaticamente a descarga do manômetro ao tanque.

Símbolo do MS 4:

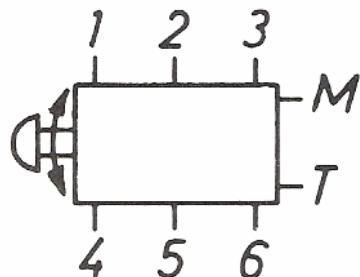


Figura 78 - Seletor para manômetro MS4.

Outro seletor para manômetro é o tipo MS 5, que é utilizado como o MS 2, no entanto, não tem um manômetro incorporado e possui somente 5 tomadas de pressão.

Símbolo do MS 5:

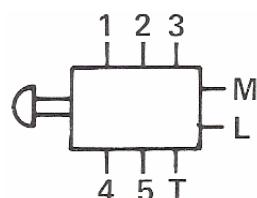


Figura 79 - Seletor para manômetro MS5.

Dados técnicos: - Pressão operacional: 315 bar
- Tomadas de pressão: 6 (MS 2)
5 (MS 4)
5 (MS 5)

Válvula de controle do manômetro e unidade de controle de pressão



Figura 80 - Válvula de controle do manômetro e unidade de controle de pressão.

Válvula de controle do manômetro

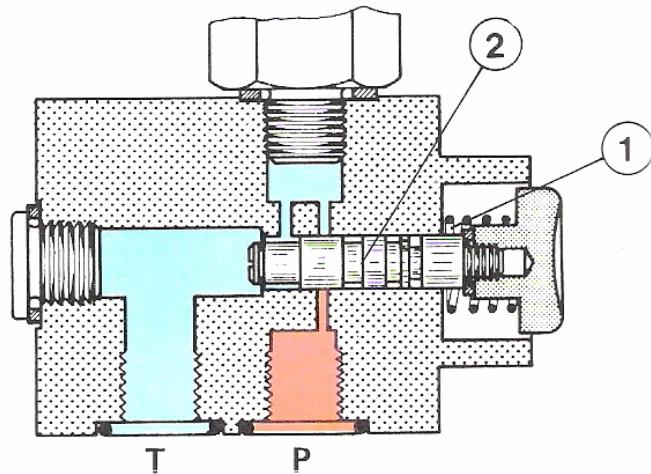


Figura 81 - Válvula de controle do manômetro.

Símbolo:

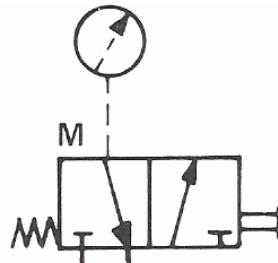


Figura 82 - Controle do manômetro.

A válvula de controle e de proteção do manômetro é uma válvula de êmbolo com ação manual através de botão. Permite conectar o manômetro para medir esporadicamente a pressão. A válvula possui duas posições de trabalho:

- O manômetro está conectado ao tanque. Esta posição é alcançada com a mola 1.
- O manômetro está conectado com o circuito. Esta posição é alcançada apertando-se o botão. Neste caso, a conexão ao tanque está bloqueada.

O manômetro pode ser acoplado diretamente à carcaça da válvula ou montado separadamente.

Unidade de controle de pressão:

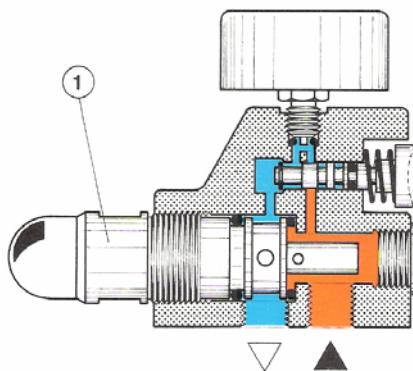


Figura 83 - Unidade de controle de pressão.

Símbolo:

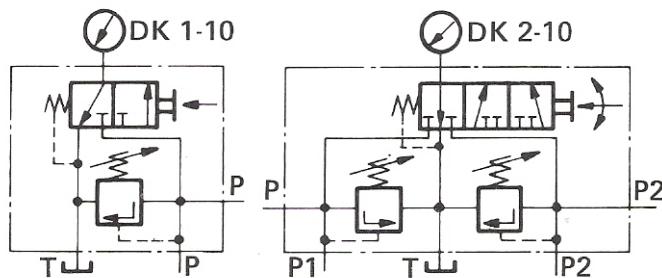


Figura 84 - Símbolo unidade de controle de pressão.

As unidades de controle de pressão do tipo DK são combinações de vários dispositivos.

Permitem limitar e medir a pressão em um circuito (DK 1) ou em dois circuitos (DK 2).

São compostas de:

- DK 1: Carcaça, uma válvula limitadora de pressão, manômetro e válvula de êmbolo 3/2 (válvula de proteção do manômetro).
- DK 2: Carcaça, duas válvulas limitadoras de pressão, manômetro e válvula direcional de êmbolo 4/3 (válvula de proteção do manômetro).

A válvula limitadora de pressão 1 é uma válvula de pressão diretamente operada tipo DBD.

Na posição central, a válvula direcional 3/2 (em DK 1) e a válvula direcional 4/3 em (DK 2) desconectam o manômetro do circuito. Desta forma evita-se que a pressão atue continuamente no manômetro.

A conexão do manômetro se realiza apertando o botão na unidade DK 1, e em DK 2 se deve girar o botão para a esquerda ou para direita e pressionar o botão, para ligar a pressão ao manômetro.

Dados técnicos: - Tamanho nominal da válvula de pressão: TN 10

Pressão operacional: até 400 bar

7.3 TROCADORES DE CALOR

Para que o sistema hidráulico não sofra um desgaste excessivo, temos de assegurar que a viscosidade do fluido permaneça dentro de uma faixa recomendada pelo fabricante do equipamento. Sabemos também, que essa viscosidade varia com a temperatura. Desta forma, em certas ocasiões, devemos introduzir um trocador de calor ao sistema a fim de conseguirmos um controle adequado da temperatura e indiretamente da viscosidade do fluido utilizado no sistema.

Existem duas formas de se trocar calor com um corpo, conforme se queira: resfriando-o ou aquecendo-o.

Calor é sempre transmitido de um corpo mais quente para um corpo mais frio e essa forma de transmissão pode ser feita de três maneiras: Condução, Convecção e Radiação.

7.3.1 Resfriadores

Mesmo no melhor projeto de um sistema hidráulico iremos ter perda de potência e grande parte desta perda se transforma em calor que é transmitido ao fluido. Em sistemas de pequeno porte esse calor é geralmente dissipado na própria tubulação, válvulas, reservatórios e/ou outros equipamentos que compõe o circuito. Já em sistemas de porte mais elevado, 25HP ou mais, as áreas de troca de calor (tubos, reservatórios, etc.), não serão suficientes para dissipar uma quantidade de calor maior gerada no circuito. Nesse caso existe a necessidade de se introduzir um resfriador para a dissipação do calor em excesso. (Obs.: Os sistemas de alta potência podem ser dimensionados ou ter um ciclo de trabalho de tal forma a dispensar o uso de trocadores de calor).

Imaginemos um fluido sob pressão que esteja sendo descarregado pela válvula de alívio de um sistema hidráulico. Para passar pela válvula de alívio, praticamente toda a energia contida no fluido é liberada (sai de uma pressão elevada para a pressão atmosférica) e a única forma de liberação dessa energia se traduz em forma de calor.

Existe uma regra que geralmente é aplicada ao trabalho hidráulico: “Em um ponto qualquer do sistema, onde o escoamento de fluido cai para um nível de pressão inferior sem realização de trabalho mecânico no processo, certamente grande parte da energia contida no fluido se transforma em calor e a temperatura de descarga do fluido será bem mais elevada do que aquela de admissão do fluido ao sistema.”

Podemos utilizar diversos artifícios para minimizar o superaquecimento do sistema como exemplo:

- Utilizar uma superfície com área de trocar de calor maior possível;
- Instalar este reservatório numa região que esteja ao ar livre e bem ventilada;
- Projetar o circuito hidráulico de modo que quando não estiver efetuando trabalho, a bomba possa descarregar o fluido livremente para tanque com a pressão o mais próximo possível do zero;
- Sempre regular a válvula de alívio à pressão mais baixa possível, observando naturalmente a mínima pressão de trabalho;
- Evitar a utilização de válvulas redutoras de pressão ou de controle de vazão, usando-as apenas quando são absolutamente essenciais ao sistema;
- Sempre que possível, utilizar como processo controlador de velocidade dos atuadores, o sistema de sangria (bleed-off) de controle de vazão.

7.3.1.1 Resfriador a ar ou radiador

Os dutos de fluido são envoltos em aletas de grande superfície, aumentando a capacidade de resfriamento. Pode-se aplicar uma circulação de ar forçada através de um ventilador.

Esse tipo de resfriador pode ter um coeficiente de transmissão de calor muito baixo – $20 \text{ kcal/m}^2/\text{h}^{\circ}\text{C}$ – são pouco utilizados na área industrial, principalmente em locais de clima quente.

Por sua melhor resistência a vibrações, sua aplicação se volta mais a máquinas móveis tais como: tratores, guindastes, etc.

7.3.1.2 Resfriadores a água

Se o processo de resfriamento através da água for viável, esse deve ser o escolhido, pois, além de ser econômico, é muito mais leve e compacto, comparado com os radiadores.

Esse tipo de resfriador consiste basicamente de um feixe de tubos de cobre ou liga desse material (o cobre é utilizado por ser um ótimo transmissor de calor e por ser resistente a ataques corrosivos e oxidantes), fechado em um tubo de aço, havendo divisões internas por intermédio de placas que visam a aumentar a área e o tempo de troca de calor. O fluido refrigerado pode passar por fora ou por dentro dos tubos, sendo que, no segundo caso, a limpeza será mais fácil de ser efetuada.

A entrada do fluido refrigerante é geralmente feita do lado oposto ao da entrada do fluido a ser refrigerado (sistemas contra-corrente) a fim de se evitar o choque térmico e aumentar a eficiência dos sistemas.

De acordo com o diferencial de temperatura que se pretende obter e o volume de água necessário, o trocador pode ter um, dois ou até quatro passes de tubos. A figura que segue nos mostra um resfriador com dois passes.

A velocidade ideal para a água deve ser em torno de 92 cm/seg e o número de placas internas do trocador determina a velocidade desse fluido.

7.3.2 Aquecedores

São duas as razões principais da introdução de um aquecedor em um sistema hidráulico, ambas com o mesmo propósito, manter o fluido em uma viscosidade adequada.

Vejamos, por exemplo, o caso em que o sistema trabalha normalmente a uma temperatura muito elevada. Dessa forma, o fluido recomendado para operação deve possuir uma viscosidade própria de trabalho, nesta temperatura. Podemos observar entretanto, que quando esse sistema encontra-se em repouso durante um tempo determinado, a temperatura do fluido passa a ser a mesma do meio ambiente e a sua viscosidade irá se alterar para um valor mais elevado.

Sucede que em alguns casos essa viscosidade torna-se tão alta que causa problemas na sucção do sistema e, para que isso seja evitado, introduzimos um aquecedor para início de operação.

Outra razão para introdução de um aquecedor seria a necessidade de manter uma dada temperatura, uma vez que o sistema trabalha em um local de clima muito frio ou, mais particularmente, em locais de temperatura inferior aquela do meio ambiente como no caso de câmaras frigoríficas, por exemplo.

7.3.2.1 Tipos de aquecedores

Podemos ter vários tipos de aquecedores. Quanto à sua aplicação no sistema, devemos levar em consideração diversos fatores como: temperaturas inicial e final do fluido; tipo de fluido; massa e/ou volume; quantidade de calor a ser fornecida; tempo de aquecimento; economia e controle, etc.

Entre os diversos tipos de aquecedores podemos ter os elétricos ou os combustíveis. Os elétricos, que podem variar desde a introdução de uma resistência mergulhada no fluido até uma indução em torno do reservatório, (princípio do forno de corrente induzida).

Os que utilizam meios combustíveis podem ser a gás, diesel ou óleo combustível que a partir da queima aquecem o fluido do sistema hidráulico.

7.4 TERMOSTATO, TERMÔMETRO

Para o controle da temperatura do fluido, eventualmente em conexão com resfriador ou aquecedor, se utilizam termômetros de haste ou termômetros com sensores, introduzidos no reservatório. Para manter constante a temperatura do fluido são muito empregados os termômetros de contato ou termostatos, que ativam os resfriadores ou aquecedores correspondentes.

7.5 INDICADOR ELÉTRICO DE NÍVEL

Os indicadores são utilizados para observação do nível de fluido no reservatório. Pode-se, com eles, controlar o nível mínimo ou máximo do óleo no tanque, ou ambos.

Caso um dos pontos a medir seja atingido para mais ou para menos, o flutuador aciona, na passagem, um contato que é regulável em sua altura.

Este sinal é enviado para um equipamento de controle e provoca por exemplo, a parada da instalação quando o nível do óleo atingir um valor mínimo.

8 VEDANTES

8.1 O'RINGS

Os anéis sofrem compressão durante a montagem para garantir a pressão inicial do sistema. Devido a essa compressão, é comum verificarem-se danos nos anéis. Para diminuir os riscos de vazamento causado por anéis danificados e também a fim de facilitar a montagem, convém eliminar os cantos vivos por onde o anel deva passar e usar dispositivos quando este ficar alojado depois de canais, roscas, chavetas, etc.

A presença de rebarbas e partículas abrasivas nos alojamentos pode danificar ou apresentar desgaste prematuro dos anéis.



Figura 85 - O'ring.

8.2 V'RINGS

Os V'rings são montados nos eixos com uma certa pressão e giram solidários aos mesmos. A vedação ou raspagem é efetuada pelo lábio de vedação em uma face estacionária perpendicular ao eixo.

A face estacionária precisa estar isenta de rebarbas e partículas abrasivas para aumentar a vida útil do V'ring.

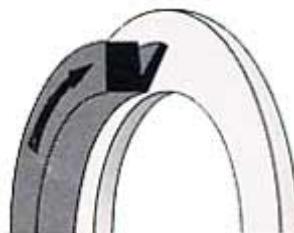


Figura 86 - V'ring.

8.3 ANÉIS RASPADORES

A profundidade dos alojamentos dos anéis raspadores deve corresponder à altura menor do raspador (h), para evitar acúmulo de impurezas entre o alojamento e o lábio de raspagem, o que ocorrerá se o lábio estiver dentro do alojamento.

Observar que o lábio de raspagem não entre em contato com saliências da superfície deslizante.

8.4 ANÉIS UNIÃO PARA PARAFUSOS

A fim de alcançar uma superfície perfeita para a vedação, os furos de passagem não devem ter cantos quebrados; as bordas dos furos devem apenas ser rebarbadas levemente e as superfícies planas devem estar isentas de estriadas e com usinagem lisa.

O anel união deve ser centrado pelo diâmetro externo, para evitar que a vedação fique sob a folga entre o parafuso e o furo de passagem.

8.5 GAXETAS

As gaxetas são montadas com os lábios de vedação voltados para o fluido a ser vedado e aconselha-se recobri-los com óleo ou graxa limpa para facilitar a montagem e manter os lábios lubrificados, principalmente para sistemas pneumáticos.

É necessário certo cuidado na montagem, a fim de não danificar os lábios por rebarbas, amassamentos ou qualquer defeito que possa existir nas peças do equipamento. A presença de partículas abrasivas no sistema pode causar desgaste prematuro nos lábios de vedação.

Durante a montagem, se as gaxetas precisarem passar sobre roscas, furos radiais, canais, etc., será indispensável o uso de dispositivos para evitar danos nos lábios de vedação.

Se os alojamentos não forem projetados com critério, podem apresentar sérias dificuldades na montagem das gaxetas, como é o caso dos modelos “U” e “UR” para pequenos diâmetros e perfis robustos. Essas gaxetas exigem alojamentos que permitam sua colocação sem precisar dobrá-las.

8.5.1 Gaxeta Tipo Chevron

Os jogos são montados com o lábio de vedação das gaxetas “V” voltados para o fluido a ser vedado. O grafite que recobre os jogos, facilita sua montagem.

Em certos sistemas, para facilitar a montagem, as peças dos jogos são cortadas com chanfro de 45° e montadas com o corte defasado de 180° ou 90°.

Da mesma maneira que nos vedadores anteriores, as rebarbas, partículas abrasivas, etc. danificam os lábios das gaxetas “V”.

Nos sistemas onde existia alojamento e que o jogo selecionado esteja com a altura maior ou menor que a do alojamento, acrescenta-se ou diminui-se o número de gaxetas “V” até atingir a pressão de montagem necessária.

8.6 RETENTORES

É usual montar retentores com a mola voltada para o fluido a ser vedado, mas em certos sistemas, os retentores são montados de modo que permitam a saída de fluido (graxa), a fim de evitar a entrada de partículas abrasivas no interior dos sistemas. Não esquecer de recobrir o lábio de vedação de óleo ou graxa limpa, para lubrificar o lábio e facilitar a montagem.

É importante que as peças do equipamento não apresentem rebarbas, amassamentos ou partículas abrasivas, para não danificar o lábio de vedação quando da montagem.

Existem três maneiras de evitar que, na troca do retentor, o mesmo gire sob pista formada pelo retentor anterior, provocando desgaste prematuro no retentor novo.

- 1 – utiliza-se uma bucha como pista do retentor.
- 2 – utiliza-se um anel espaçador no alojamento do retentor.
- 3 – usina-se a profundidade do alojamento do retentor.

O freqüente descuido na montagem provoca danos sérios aos lábios de vedação, que podem ser eliminados com o auxílio de dispositivos.



Figura 87 - Retentor.



Figura 88 - Vedaçāo do retentor.



Figura 89 - Posições de retentor.

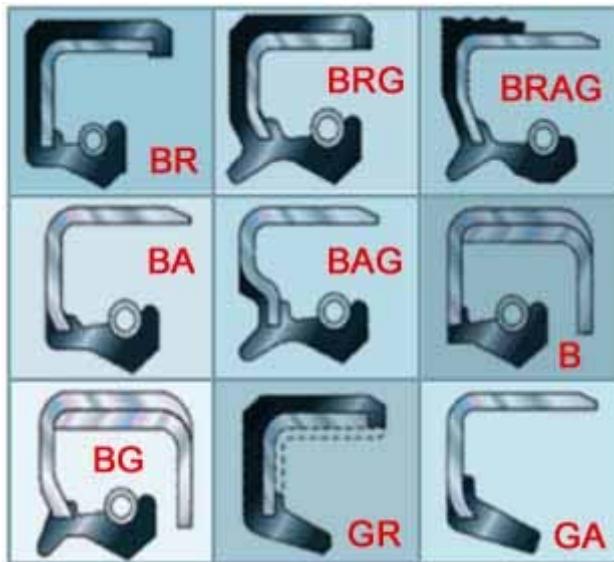


Figura 90 - Tipos de retentor.

8.7 ANÁLISE DE FALHAS E POSSÍVEIS CAUSAS DE VAZAMENTOS

Lábio do retentor apresenta-se cortado ou com arrancamento de material. Armazenagem descuidada, má preparação do eixo, falha na limpeza, falta de proteção do lábio na montagem.

Lábio apresenta-se com desgaste excessivo e uniforme. Superfície do eixo mal-acabada, falta de pré-lubrificação antes da montagem, uso de lubrificante não recomendado, diâmetro do eixo acima do especificado, rugosidade elevada.

Lábio com desgaste excessivo, concentrado em alguma parte do perímetro. Montagem desalinhada ou excêntrica (alojamento/eixo), deformação nas costas do retentor por uso de ferramenta inadequada na montagem, retentor inclinado no alojamento.

Eixo apresenta desgaste excessivo na pista de trabalho do lábio. Presença de partículas abrasivas, dureza do eixo abaixo do recomendado.

Eixo apresenta-se com marcas de oxidação na área de trabalho do retentor. Falta de boa proteção contra oxidação durante a armazenagem e manipulação do eixo.

Lábio endurecido e com rachaduras na área de contato com o eixo. Superaquecimento por trabalhos em temperaturas acima dos limites normais, lubrificação inadequada (lubrificação não recomendada), nível abaixo do recomendado.

Retentor apresenta-se com deformações ou distorções no diâmetro, ou apresenta-se inclinado no alojamento. Diâmetro do alojamento com medidas abaixo do especificado, chanfro de entrada irregular com rebarbas ou defeitos, instalação com ferramenta inadequada.

8.8 SELEÇÃO DE VEDANTES POR CATÁLOGOS.

A seleção de vedantes se dá principalmente baseado no diâmetro principal do eixo, e posteriormente o diâmetro do alojamento, altura do retentor, tipo de vedante e material.

8.8.1 Materiais de Vedantes

Para bom desempenho dos vedadores, é de extrema importância, na especificação de seu material, que o mesmo seja compatível como o fluido a ser vedado e que a temperatura de trabalho não ultrapasse os valores admissíveis.

É importante lembrar que, nos vedadores dinâmicos, o lábio de vedação recebe um acréscimo de temperatura provocado pelo atrito entre o lábio e a superfície deslizante. Ocasionalmente esse atrito atinge valores inaceitáveis, em consequência do mau acabamento ou do excesso de interferência entre a peças de contato deslizante, ou mesmo pela deficiência de lubrificação no lábio de vedação.

Em sistemas onde o fluido a ser vedado não tem características de lubrificação, recomenda-se projetar uma fonte de lubrificação. Em certos sistemas é preferível que haja uma pequena perda lubrificante a deixar que o lábio de vedação trabalhe a seco.

A dureza do lábio de vedação também afeta o desempenho dos vedadores, uma vez que materiais com baixa dureza vedam mais facilmente em superfícies ásperas e melhor se amoldam ao sistema, embora sejam sensíveis ao desgaste, à abrasão e à extrusão. Portanto, a dureza tem valor significativo na adaptação do material de vedação ao tipo de vedador ou à determinada aplicação.

8.8.1.1 Borracha natural – NR

Seu uso em vedadores é limitado, por ter pouca resistência aos óleos minerais. É adaptável em vedações de óleo de mamona ou de álcool.

Sua aplicação real é em peças sujeitas a choques, a compressão e a desgaste, como estão sujeitos os amortecedores, os calços e os coxins.

8.8.1.2 Borracha nitrílica – NBR

É uma borracha com excelente adesão a metais e a tecidos, que se adapta a qualquer tipo de vedador. É a mais utilizada em nossa atividade, devido à maioria dos sistemas de vedações utilizarem óleos minerais ou derivados de petróleo que são significativamente compatíveis com a borracha nitrílica.

8.8.1.3 Etileno propileno – EPDM

Sua utilização em vedadores fica restrita por sua baixa resistência aos óleos minerais, derivados de petróleo e solventes.

8.8.1.4 Hypalon – CSM

O uso do Hypalon em vedadores é pequeno por ser suplantado pela borracha nitrílica na resistência aos óleos minerais e derivados de petróleo. É uma borracha valiosa quando empregada em sistemas com altas temperaturas e sua melhor aplicação está nos ácidos, especialmente no ácido sulfúrico.

8.8.1.5 Neoprene – CR

Apesar de ser a mais versátil borracha à disposição da indústria, seu uso é restrito em vedadores, por existirem borrachas com melhor adaptação às exigências desses.

Apresenta excelente desempenho quando utilizada em vedações de fluidos refrigerantes ou sujeitas a intempéries ou em sistemas pneumáticos.

8.8.1.6 Poliuretano – AU

O poliuretano possui excepcional resistência mecânica ao cisalhamento, à abrasão, à extrusão e aos impactos.

É usado como vantagens em sistemas de baixas ou altas pressões, ou em meio ambiente agressivo e compensa eventuais defeitos de tolerância e acabamento de usinagem das peças do sistema.

O poliuretano com molibdênio é um elastômero de poliuretano com uma dosagem de bissulfeto de molibdênio, que proporciona aos sistemas de vedações uma permanente lubrificação e um baixo coeficiente de atrito.

O elastômero apresentado proporciona excelentes resultados quando aplicados em vedações de óleos minerais ou derivados de petróleo, chegando a aumentar a vida útil do vedador de 4 a 8 vezes, quando comparado às vedações convencionais.

8.8.1.7 S.B.R.

É uma borracha sintética que foi desenvolvida para substituir a borracha natural. Portanto, as propriedades e aplicações se equivalem, com pequena superioridade em algumas propriedades para borracha natural.

8.8.1.8 Silicone – SI

Em geral, o silicone apresenta do Viton ao calor e aos ataques químicos, associada a excelentes propriedades mecânicas, fazem com que seus vedadores apresentem desempenho superior a qualquer outro tipo aplicado às mesmas condições de trabalho. É considerada a borracha mais importante na aplicação de vedadores.

Entre as poucas exceções às quais o viton não resiste estão os ésteres e a acetona.

8.8.1.9 Teflon – PTFE

O teflon, material semi-rígido, é um dos poucos termoplásticos utilizados em vedadores, devido ao seu baixo coeficiente de atrito, à sua quase total insensibilidade ao ataque químico e ao fato de atender a uma grande faixa de temperatura de trabalho.

Para que o teflon seja adaptável aos vedadores, procura-se suprir sua baixa elasticidade com desenhos de perfis especiais.

Adapta-se a jogos de gaxetas e a alguns modelos de retentores. É aplicado em sistemas a cujos fluidos as borrachas não resistam, em sistemas que não tenham lubrificação.

8.8.1.10 Couro

Os vedadores de couro apresentam excelente desempenho em sistemas cuja superfície de deslizamento seria excessivamente áspera, para permitir uma vedação eficiente por meio de borracha. É de grande valia em sistema com lubrificação deficiente, pela sua capacidade de absorver e reter lubrificantes.

Os perfis usados em vedadores de couro são limitados pela falta de mobilidade e rigidez. São eles alguns modelos de gaxetas “L”, “H”, “U” e retentores.

A sua principal aplicação está em vedações de óleo, graxa, água, óleo solúvel ou em ambiente abrasivo.

8.8.1.11 Chevron

A palavra CHEVRON determina sempre borracha com lona sendo resultante da necessidade de se fazer vedações para altas pressões, as quais a borracha não suporta.

É usado em jogos de gaxetas ou gaxetas individuais, sempre para altas pressões, nas vedações de óleos minerais, óleo solúvel ou água.

8.8.1.12 Borracha para contato com produtos alimentícios

Trata-se de uma formulação especial de borracha nitrílica ou neoprene que, sem prejuízo de suas características, pode entrar em contato com produtos alimentícios ou farmacêuticos sem contaminá-los.

9 SISTEMAS HIDRÁULICOS

Os sistemas hidráulicos são divididos da seguinte forma:

- **Sistemas óleo-hidráulicos:** São sistemas transmissores de potência ou movimento, utilizando como elemento transmissor o óleo que, sob pressão, é praticamente incompressível. Os sistemas óleo-hidráulicos podem ser classificados de duas formas: estáticos e cinéticos.
- **Sistemas óleo-hidráulicos estáticos:** São sistemas onde a energia utilizada é a potencial, com o fluido sob alta pressão e baixa velocidade. Atualmente, tem-se conseguido atingir até 1000 bar (14507,43 psi).
- **Sistemas óleo-hidráulicos cinéticos:** São sistemas onde a energia utilizada é a cinética, para a transmissão de potência. Em outras palavras, é utilizado o fluido animado a altas velocidades, em torno de 50 m/s (180 km/h).

9.1 CLASSIFICAÇÃO DOS SISTEMAS ÓLEO HIDRÁULICOS

Os sistemas hidráulicos podem ser classificados de diversas maneiras:

i) De acordo com a pressão:

Segundo a NFPA (National Fluid Power Association), classificamos, quanto à pressão da seguinte forma:

0 a 14 bar	(0 a 203,10 psi)	- Baixa pressão
14 a 35 bar	(203,10 a 507,76 psi)	- Média pressão
35 a 84 bar	(507,76 a 1218,62 psi)	- Média-alta pressão
84 a 210 bar	(1218,62 a 3046,56 psi)	- Alta pressão
Acima de 210 bar	(Acima de 3046,56 psi)	- Extra-alta pressão

ii) De acordo com a sua aplicação:

São classificados em sistemas de pressão contínua ou em sistemas de pressão intermitentes.

iii) De acordo com o tipo de bomba:

Classificamos em sistemas de vazão constante ou vazão variável.

iv) De acordo com o controle da direção:

Sistemas de uma via (controlado por válvulas) ou de duas vias (com bombas reversíveis).

9.2 ESQUEMA GERAL DE UM SISTEMA HIDRÁULICO

De acordo com o tipo de aplicação, existe uma grande infinidade de tipos de circuitos hidráulicos, porém, todos eles seguem sempre um mesmo esquema, que poderíamos dividir em três partes principais:

i) Sistema de geração

É constituído pelo reservatório, filtros, bombas, motores, acumuladores, intensificadores de pressão e outros acessórios.

ii) Sistema de distribuição e controle

Constituído por válvulas controladoras de vazão, pressão e direcionais.

iii) Sistema de aplicação de energia

Aqui, encontramos os atuadores, que podem ser cilindros, motores hidráulicos e osciladores. Simbolicamente, podemos exemplificar o que foi explanado acima, através da figura abaixo.



Figura 91 - Esquema de um sistema hidráulico.

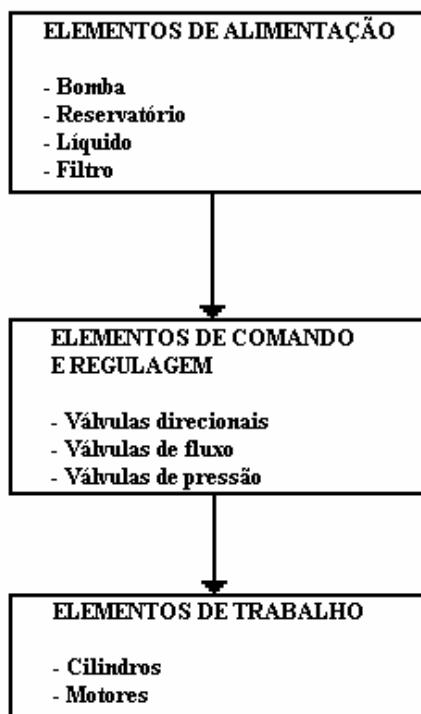


Figura 92 - Fluxograma dos esquemas de comando.

9.3 VANTAGENS E DESVANTAGENS DOS SISTEMAS HIDRÁULICOS

O sistema hidráulico é empregado quando se tenta evitar ou é impossível empregar-se sistemas mecânicos ou elétricos.

Fazendo uma comparação entre estes três sistemas, analisamos as vantagens e desvantagens do emprego dos sistemas hidráulicos.

9.3.1 Vantagens

- Fácil instalação dos diversos elementos, oferecendo grande flexibilidade, inclusive em espaços reduzidos. O equivalente em sistemas mecânicos já não apresenta essa flexibilidade;
- Devido à baixa inércia, os sistemas hidráulicos permitem uma rápida e suave inversão de movimento, não ocorrendo o mesmo nos sistemas mecânicos e elétricos;
- Possibilidade de variações micrométricas na velocidade. Já os sistemas mecânicos e elétricos só as tem escalonadas e de modo custoso e difícil;
- São sistemas autolubrificados, não ocorrendo o mesmo com os mecânicos ou elétricos;
- Têm pequeno peso e tamanho com relação a potência consumida em comparação aos sistemas elétricos e mecânicos;
- Possibilidade de comando por apalpadores (copiadores hidráulicos);
- São sistemas de fácil proteção em comparação aos mecânicos e elétricos;
- O óleo hidráulico é um excelente condutor de calor, o que inclusive é um fator importante no dimensionamento do reservatório que poderá servir como trocador de calor, etc.
-

9.3.2 Desvantagens

- Seu custo é mais alto em comparação aos sistemas mecânicos e elétricos;
- Baixo rendimento, que é devido a três fatores:
 - transformação de energia elétrica em mecânica e mecânica hidráulica para, posteriormente, ser transformada novamente em mecânica;
 - vazamentos internos em todos os componentes;
 - atritos internos e externos;
- Perigo de incêndio pois o óleo, normalmente, é inflamável. Atualmente tem-se empregado em certos casos de fluidos resistentes ao fogo que, na realidade, apenas evitam a propagação do fogo, como veremos adiante.

9.3.3 Comparações com Sistemas Pneumáticos

Os sistemas pneumáticos possuem um controle de força (pressão) e velocidade (vazão) mais apurado do que os sistemas pneumáticos, além de poderem trabalhar em pressões bem mais elevadas, possibilitando assim uma transmissão de potência maior. Perdem apenas no custo onde os sistemas pneumáticos apresentam um investimento menor.

10 SIMBOLOGIA GERAL

Para representar as válvulas direcionais nos esquemas, são utilizados símbolos. Estes símbolos mostram a função desempenhada pela válvula mas não dá idéia de construção interna da válvula.

As posições das válvulas são representadas por meio de quadrados.



Figura 93 - Representação de válvula (símbolo).

O número de quadrados unidos indica o número de posições que uma válvula pode assumir.



Figura 94 - Números de posições.

O funcionamento é representado simbolicamente dentro de quadrados. As linhas indicam as vias de passagem. As setas indicam o sentido do fluxo.

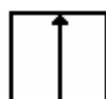


Figura 95 - Fluxo.

Os bloqueios são indicados dentro dos quadrados com traços transversais.

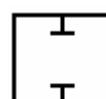


Figura 96 - Bloqueios.

A união de vias dentro de uma válvula é simbolizada por um ponto.

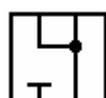


Figura 97 - União de vias.

As conexões (entrada e saída) serão caracterizadas por traços externos, que indicam a posição de repouso da válvula. O número de traços indica o número de vias.

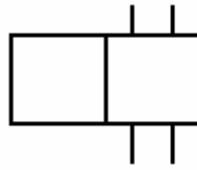


Figura 98 - Entrada e saída.

Outras posições obter-se-ão deslocando os quadrados, até que coincidam com as conexões.

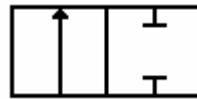


Figura 99 - Conexões.

As posições de comando podem ser indicadas por letras minúsculas (a, b, c, o).

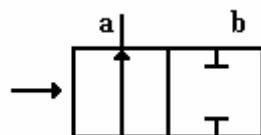


Figura 100 - Posições de comando.

Válvulas com três posições de comando. Posição central = posição repouso.

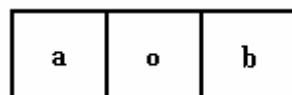


Figura 101 - Válvula com posição central de repouso.

Define-se como posição de repouso àquela condição em que, através de molas, por exemplo, os elementos móveis da válvula são posicionados enquanto a mesma não está sendo acionada.

A posição de partida (ou inicial), será denominada àquela em que os elementos móveis da válvula assumem após montagem na instalação e ligação da pressão de rede, bem como a possível ligação elétrica, e com a qual começa o programa previsto.

Vias de exaustão sem conexão (escape livre). Triângulo no símbolo.

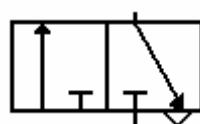


Figura 102 - Vias de exaustão sem conexão.

Vias de exaustão com conexão (escape dirigido). Triângulo afastado do símbolo.

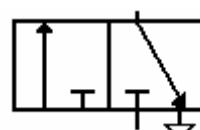


Figura 103 - Vias de exaustão com conexão.

Para garantir uma identificação e uma ligação correta das válvulas, marcam-se as vias com letras maiúsculas, ou números.

Convenciona-se o seguinte:

Vias para utilização (saídas)	A, B, C, D	(2, 4, 6)
Linhas de alimentação (entrada)	P	(1)
Escapes (exaustão)	R, S, T	(3, 5, 7)
Linhas de comando (pilotagem)	Z, Y, X	(12, 14, 16)

Tabela 7 - Identificação de simbologia de válvulas.

Nota:

A norma ISO 5599 recomenda as seguintes numerações (em parênteses acima) para a identificação das ligações das válvulas.

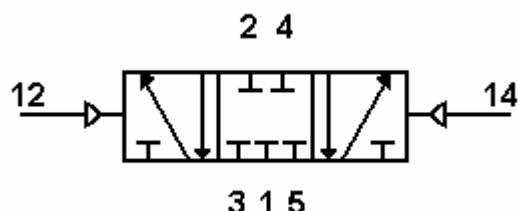


Figura 104 - Numeração em símbolo de válvulas.

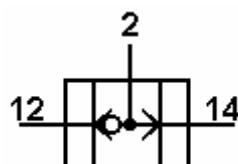


Figura 105 - Direcionamento na simbologia de válvula.

Resumo das válvulas direcionais:

Válvula direcional de 2 vias (2/2) . Fechada.

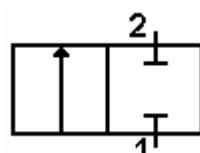


Figura 106 - Válvula direcional de 2 vias (2/2) - fechada.

Válvula direcional de 2 vias (2/2). Aberta.

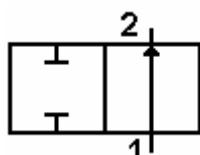


Figura 107 - Válvula direcional de 2 vias (2/2) - aberta.

Válvula direcional de 3 vias (3/2). Fechada.

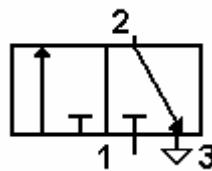


Figura 108 - Válvula direcional de 3 vias (3/2) - fechada.

Válvula direcional de 3 vias (3/2). Aberta.

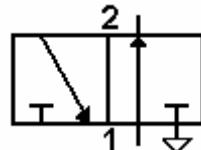


Figura 109 - Válvula direcional de 3 vias (3/2) - aberta.

Válvula direcional de 3 vias (3/3). Centro fechada.

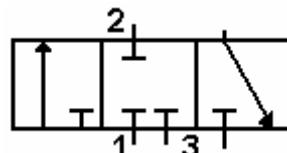


Figura 110 - Válvula direcional de 3 vias (3/3) - centro fechada.

Válvula direcional de 4 vias (4/2). 1 via de pressão. 1 via de exaustão.

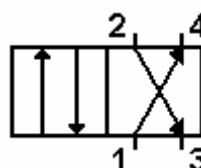


Figura 111 - Válvula direcional de 4 vias (4/2).

Válvula direcional de 4 vias (4/3). Fechada.

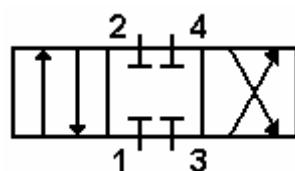


Figura 112 - Válvula direcional de 4 vias (4/3) - fechada.

Válvula direcional de 4 vias (4/3). Centro aberto para exaustão.

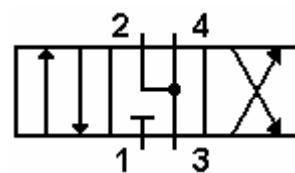


Figura 113 - Válvula direcional de 4 vias (4/3).

Válvula direcional de 5 vias (5/2). 1 via em pressão. 2 orifícios de escape.

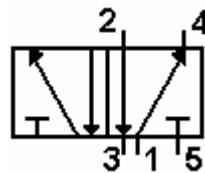


Figura 114 - Válvula direcional de 5 vias (5/2).

Válvula direcional de 5 vias (5/3). 3 posições de fluxo.

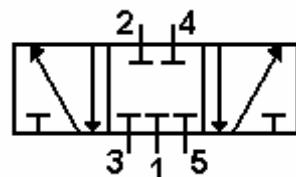


Figura 115 - Válvula direcional de 5 vias (5/3).

A denominação de uma válvula depende do número de vias (conexões) e do número das posições de comando. O primeiro número indica a quantidade de vias e o segundo número indica a quantidade das posições de comando de válvula. As conexões de pilotagem não são consideradas como vias.

10.1 NÚMERO DE POSIÇÕES

É a quantidade de manobras distintas que uma válvula direcional pode executar ou permanecer sob ação de seu acionamento.

Normas para representação:

- As válvulas direcionais são sempre representadas por retângulos.
- Este retângulo é dividido em quadrados, o número de quadrados é igual ao número de posições da válvula, representando a quantidade de movimentos que executa através dos acionamentos.

10.2 NÚMERO DE VIAS

- É o número de conexões de trabalho que a válvula possui.
- Nos quadros representativos das posições, encontram-se símbolos distintos:

Direção de fluxo



Figura 116 - Direção de fluxo.

Passagem bloqueada



Figura 117 - Passagem bloqueada.

Escape livre (não canalizada)

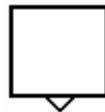


Figura 118 - Escape livre.

Escape para conexão

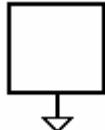


Figura 119 - Escape para conexão.

10.3 ACIONAMENTOS OU COMANDO

As válvulas necessitam de um agente externo que acionam suas partes internas de uma posição para outra, ou seja, que altere as direções do fluxo, efetue bloqueios e liberação para o escape.

Acionamento direto: quando a força de acionamento atua diretamente sobre qualquer mecanismo, que cause a inversão da válvula.

Acionamento indireto: quando a força de acionamento atua sobre qualquer dispositivo intermediário, o qual libera o comando principal, que por sua vez é responsável pela inversão da válvula. Estes acionamentos são também chamados de combinados, servo, etc.

10.3.1 Acionamentos Musculares

Os acionamentos musculares são efetuados diretamente por um operador.



Figura 120 - Acionamento muscular.

10.3.2 Acionamentos Mecânicos

O acionamento mecânico é efetuado por contato direto entre o acionador e um batente ou equipamento.

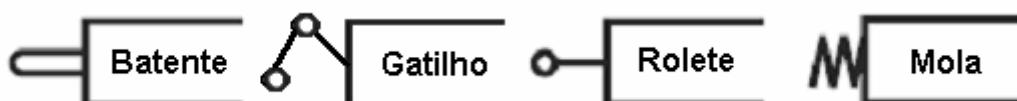


Figura 121 - Acionamento mecânico.

10.3.3 Acionamentos pneumáticos

O acionamento pneumático, como o próprio nome já diz, é feito por um comando pneumático que pode ser de alívio, ou de pressão ou de uma combinação dos dois.

Comando direto por aplicação de pressão



Figura 122 - Comando direto por aplicação de pressão.

Comando direto por alívio de pressão

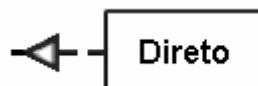


Figura 123 - Comando direto por alívio de pressão.

Comando direto por diferencial de área, a pressão de comando atua em áreas diferentes, possibilitando a existência de um sinal prioritário e outro supressivo.



Figura 124 - Comando direto por diferencial de área.

Diafragma, a grande vantagem está na pressão de comando, devido à grande área da membrana, pode trabalhar com baixas pressões.

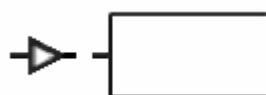


Figura 125 - Diafragma.

10.3.4 Acionamento Elétrico

O acionamento elétrico é feito por um dispositivo elétrico que pode ser bobinas ou motores.

Solenóide com 1 enrolamento



Figura 126 - Solenóide com 1 enrolamento.

Solenóide com 2 enrolamentos



Figura 127 - Solenóide com 2 enrolamentos.

Por motor elétrico

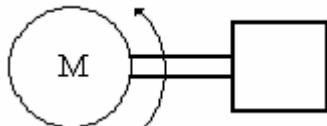


Figura 128 - Por motor elétrico.

10.3.5 Tipos de Retorno

As válvulas requerem uma ação para efetuar mudança de posição, e uma outra ação para voltarem ao estado inicial.

Por mola:

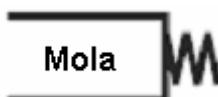


Figura 129 - Por mola.

Trava (2 travas):



Figura 130 - Trava (2 travas).

Piloto positivo:



Figura 131 - Piloto positivo.

Piloto negativo:



Figura 132 - Piloto negativo.

10.4 SÍMBOLOS BÁSICOS FUNCIONAIS

A tabela abaixo mostra os símbolos básicos funcionais, tanto para circuitos hidráulicos como para circuitos pneumáticos bem como a sua descrição funcional.

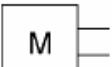
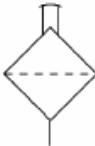
Pneumático	Hidráulico	Descrição
		Fluxo
		Fonte de pressão
		Motor elétrico
		Motor térmico
		Silenciador
		Reservatório aberto à atmosfera
		Reservatório com linha terminando abaixo do nível de fluido
		Reservatório pressurizado
		Bocal de enchimento

Tabela 8 - Símbolos básicos funcionais.

SIMBOLOGIA DE LINHAS DE FLUXO

A tabela abaixo mostra a simbologia das linhas de fluxo tanto para sistemas hidráulicos como para sistemas pneumáticos.

Nesta tabela são apresentados os símbolos utilizados para as linhas de comando assim como os símbolos para as linhas de força.

Pneumático e hidráulico	Descrição
	Linha de trabalho, de retorno ou de alimentação
	Linha de pilotagem
	Linha de dreno ou sangria
	Mangueira ou tubo flexível
	Linha elétrica
	União de linhas
	Linhas cruzadas, não conectadas
	Sangria de ar

Tabela 9 - Simbologia de linhas de fluxo.

COMPRESSORES E BOMBAS

Nesta tabela, serão apresentados os símbolos referentes as bombas e aos compressores.

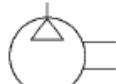
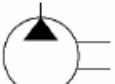
Pneumático	Hidráulico	Descrição
 Compressor	 Bomba	Com um sentido de fluxo
		Com dois sentidos de fluxo
		Bomba hidráulica de deslocamento variável com um sentido de fluxo
		Bomba hidráulica de deslocamento variável com dois sentidos de fluxo

Tabela 10 - Símbolos de compressores e bombas.

MOTORES E ATUADORES ROTATIVOS

Nesta tabela, têm-se os símbolos dos motores e atuadores rotativos.

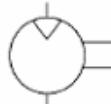
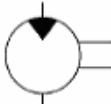
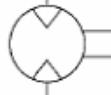
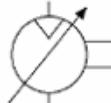
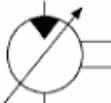
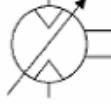
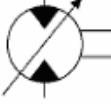
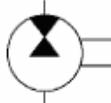
Pneumático	Hidráulico	Descrição
		Com um sentido de fluxo
		Com dois sentidos de fluxo
		Com um sentido de fluxo e deslocamento variável
		Com dois sentidos de fluxo e deslocamento variável
		Motor oscilante
		Bomba/motor de deslocamento fixo com reversão do sentido de fluxo (funcionamento como bomba ou motor conforme o sentido de fluxo)

Tabela 11 - Símbolos de atuadores e motores rotativos.

CILINDROS E ATUADORES LINEARES

Esta tabela apresenta a simbologia utilizada para os atuadores lineares e dos cilindros, tanto pneumáticos como hidráulicos.

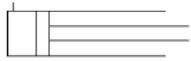
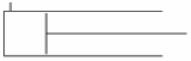
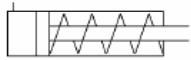
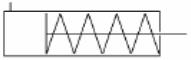
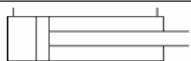
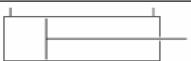
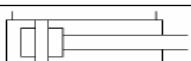
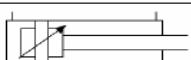
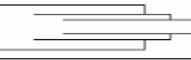
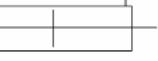
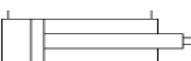
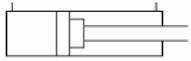
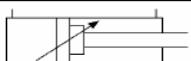
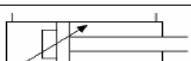
Pneumático e hidráulico	Descrição	
 Detalhado	 Simplificado	Cilindro de ação simples com retração por uma força não especificada (símbolo geral quando o método de retorno não for especificado)
 Detalhado	 Simplificado	Cilindro de ação simples com retração por mola
 Detalhado	 Simplificado	Cilindro de ação dupla com haste simples
 Detalhado		Com dois amortecimentos fixos
 Simplificado		Com dois amortecimentos reguláveis
 Detalhado	 Simplificado	Cilindro telescópico com intensificador de pressão
 Simplificado		Cilindro telescópico com ação simples
 Simplificado		Cilindro telescópico com ação dupla
 Simplificado		Cilindro telescópico com conversor hidropneumático
 Detalhado	 Simplificado	Cilindro telescópico com haste dupla
 Detalhado	 Simplificado	Cilindro telescópico com cilindro diferencial
Observação		O funcionamento do cilindro depende da diferença das áreas efetivas de cada lado do êmbolo
 Simplificado		Com um amortecimento fixo no avanço
 Simplificado		Com um amortecimento fixo na retração
 Simplificado		Com um amortecimento regulável no avanço
 Simplificado		Com um amortecimento regulável na retração

Tabela 12 - Símbolos de cilindros e atuadores lineares.

SÍMBOLOS ACUMULADORES

Tabela que apresenta a simbologia dos acumuladores hidráulicos.

Hidráulico	Descrição
	Acumulador (símbolo genérico)
	Acumulador por mola(s)
	Acumulador por peso
	Acumulador por gás (genérico)
	Acumulador por gás com bexiga
	Acumulador por gás com membrana
	Acumulador por gás com êmbolo

Tabela 13 - Símbolos de acumuladores.

TROCADORES DE CALOR

Nesta tabela são apresentados os símbolos referentes aos trocadores de calor.

Pneumático e hidráulico	Descrição
	Resfriador (símbolo genérico). O sentido das setas no losango indica a dissipação de calor sem representação das linhas de fluxo do meio refrigerante
	Resfriador (símbolo genérico). O sentido das setas no losango indica a dissipação de calor com representação das linhas de fluxo do líquido refrigerante
	Resfriador (símbolo genérico). O sentido das setas no losango indica a dissipação de calor com representação das linhas de fluxo do gás refrigerante

Tabela 14 - Símbolos de trocadores de calor.

SÍMBOLOS DE FILTROS E PURGADORES.

Nesta tabela estão os símbolos dos filtros e purgadores hidráulicos e pneumáticos.

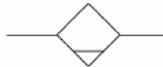
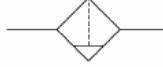
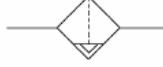
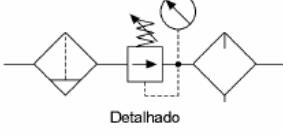
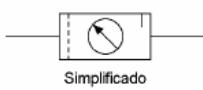
Pneumático	Hidráulico	Descrição
		Filtro (símbolo genérico)
		Purgadores com dreno manual
		Purgadores com dreno automático
		Filtro com purgador com dreno manual
		Filtro com purgador com dreno automático
		Filtro com purgador com desumidificador de ar
		Filtro com purgador com lubrificador
 Detalhado		Filtro com purgador com unidade condicionadora
 Simplificado		

Tabela 15 - Símbolos de filtros e purgadores.

VÁLVULAS DE PRESSÃO

Esta tabela apresenta os diversos símbolos das válvulas de pressão.

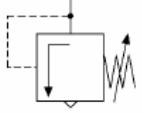
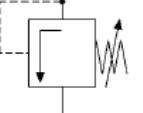
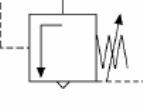
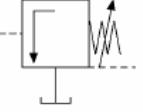
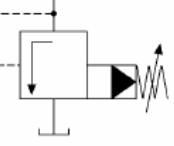
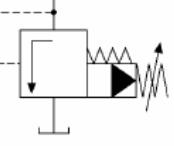
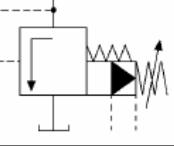
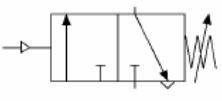
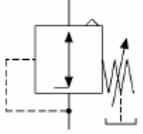
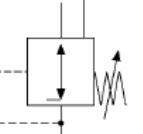
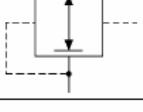
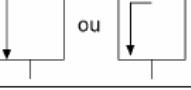
Pneumático	Hidráulico	Descrição
		Válvula de alívio, de segurança, limitadora de pressão ou de seqüência diretamente operada
		Válvula de alívio, de segurança, limitadora de pressão ou de seqüência comandada por piloto a distância
		Válvula de alívio, de segurança ou limitadora de pressão pré-operada com piloto e dreno interno
		Válvula de alívio, de segurança ou limitadora de pressão pré-operada com piloto externo e dreno interno
		Válvula de alívio, de segurança ou limitadora de pressão pré-operada com dreno esterno e comando a distância
		Válvula de alívio, de segurança ou limitadora de pressão pré-operada com válvula de seqüência (símbologia não normalizada)
		Válvula redutora de pressão com conexão de descarga
		Válvula redutora de pressão com conexão de descarga, com comando a distância
		Normalmente fechada, com um estrangulamento

Tabela 16 - Símbolos de válvulas de pressão (a).

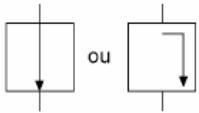
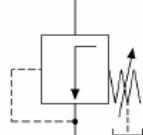
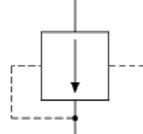
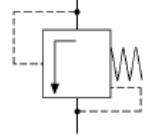
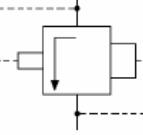
	Normalmente aberta, com um estrangulamento
	Normalmente fechada com dois estrangulamentos
	Válvula redutora de pressão diretamente operada
	Válvula redutora de pressão com comando a distância
	Válvula redutora de pressão com válvula reguladora de pressão diferencial
	Válvula redutora de pressão com válvula reguladora de pressão proporcional

Tabela 17 - Símbolos de válvulas de pressão (b).

VÁLVULAS DE BLOQUEIO

Nesta tabela serão mostrados os símbolos das válvulas de bloqueio.

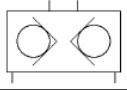
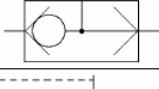
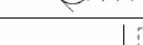
Pneumático	Hidráulico	Descrição
		Válvula de retenção dupla ou germinada
		Válvula alternadora (elemento OU)
		Válvula de escapa rápida
		Válvula de simultaneidade (elemento E)
		Válvula de retenção sem mola
		Válvula de retenção com mola
		Válvula de retenção pilotada
Para abrir		
Para fechar		

Tabela 18 – Símbolos de válvulas de bloqueio.

VÁLVULAS DE FLUXO

Nesta tabela são mostrados os símbolos referentes as válvulas de fluxo.

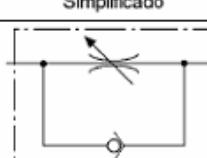
Pneumático e hidráulico	Descrição
	Estrangulamento influenciável pela viscosidade
	Estrangulamento não influenciável pela viscosidade
	Com orifício de passagem fixo
	Com orifício de passagem regulável
 Simplificado	Válvulas reguladoras de vazão com orifício de passagem fixo
 Simplificado	Válvulas reguladoras de vazão com orifício de passagem fixo e descarga no reservatório
Observação Igual à anterior porém o excesso do fluxo é descarregado no reservatório	
 Simplificado	Válvulas reguladoras de vazão com vazão regulável
 Simplificado	Válvulas reguladoras de vazão com vazão regulável com descarga no reservatório
	Válvulas reguladoras de vazão com controle unidirecional

Tabela 19 - Símbolos de válvulas de fluxo.

INSTRUMENTOS E ACESSÓRIOS

Nesta tabela estão os símbolos de instrumentos e alguns acessórios.

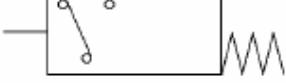
Pneumático e hidráulico	Descrição
	Manômetro ou vacuômetro (a linha pode ser conectada a qualquer ponto da circunferência)
	Termômetro
	Medidor de vazão
	Pressostato
	Fluxostato

Tabela 20 - Símbolos de instrumentos e acessórios.

COMPONENTES ELÉTRICOS

A simbologia dos componentes elétricos está mostrada na tabela abaixo.

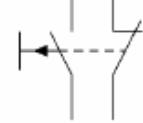
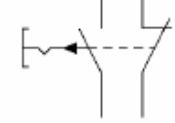
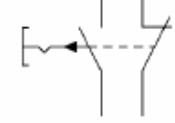
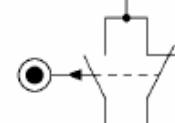
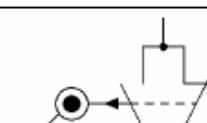
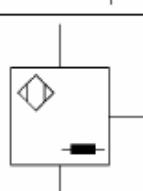
Símbolo	Descrição
	Contato NA
	Contato cumutador
	Contato NF
	Botão liso tipo pulsador
	Botão com trava
	Botão giratório com trava
	Botão tipo cogumelo com trava
	Chave fim de curso tipo rolete
	Chave fim de curso tipo gatilho
	Sensor indutivo

Tabela 21 - Símbolos de componentes elétricos (a).

	Sensor capacitivo
	Sensor óptico
	Relé auxiliares
	Relé temporizadores com retardo na ligação
	Relé temporizadores com retardo no desligamento
	Contador predeterminado
	Indicador luminoso e indicador sonoro
	Relé auxiliar comutador
	Solenóide
	Pressostatos
	Relé

Tabela 22 - Símbolos de componentes elétricos (b).

11 CIRCUITOS HIDRÁULICOS

11.1 O CIRCUITO HIDRÁULICO

Os elementos hidráulicos individuais são representados por símbolos e interligados conforme suas funções. As ligações de distribuição (tubulação) são representadas por linhas. Por meio de um esquema, podemos reconhecer o funcionamento do circuito. Em esquemas mais volumosos, é comum haver ainda um diagrama de seqüência de funcionamento, para que se possa observar o comportamento de um equipamento ou máquina em função do tempo.

Se observarmos uma quantidade maior de esquemas, vamos observar que vários circuitos se apresentem, mesmo como partes de circuitos maiores. Analisaremos alguns circuitos básicos.

11.2 SISTEMA HIDRÁULICO SIMPLES (CIRCUITO ABERTO)

Aqui temos um sistema hidráulico representado em sua forma mais simples. Uma bomba 1 com vazão constante succiona fluido de um reservatório 2 e o desloca, por um tubo conectado, para o restante do sistema. Na posição central da válvula direcional 4, de ação manual, se forma uma circulação, praticamente sem pressão do fluido, da bomba para o reservatório 2. A posição é mantida através da centragem de molas. Com o deslocamento da válvula 4 até a posição esquerda (setas paralelas) o fluido atinge a câmara do êmbolo do cilindro 5. A haste avança.

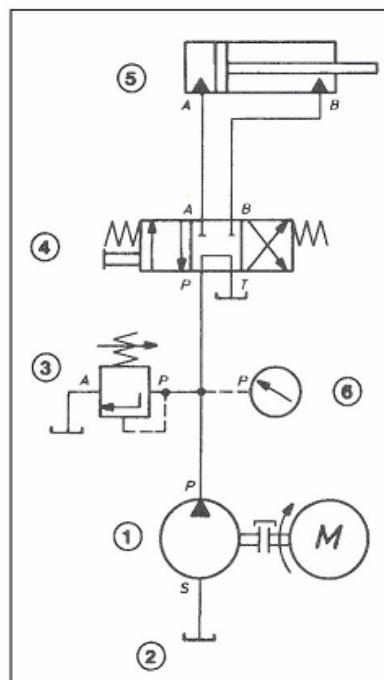


Figura 133 - Sistema hidráulico simples.

A velocidade de avanço depende do volume de deslocamento da bomba e da área do êmbolo do cilindro.

A força disponível depende da área do cilindro e da pressão máxima admissível para o sistema. Esta pressão máxima admissível, e com isso a carga máxima com a qual o sistema

pode solicitar, é regulada pela válvula limitadora de pressão 3. O valor real da pressão é determinado pela resistência a ser atingida pelo consumidor, podendo ser lida no manômetro 6.

11.3 SISTEMA HIDRÁULICO COM VÁLVULAS DIRECIONAIS EM SÉRIE

Complementando o sistema anterior com a conexão da sua linha de retorno com uma ou mais válvula, conforme a figura, teremos a chamada “ligação em série”.

Deve-se observar que, com essa disposição, não se pode acionar mais de um elemento de trabalho sem influenciar a vazão ou pressão.

Observando mais atentamente, teremos a seguinte seqüência:

- Para acionar o cilindro 2 com uma certa força é necessária uma certa pressão que atue sobre a área do êmbolo.
- Esta pressão atuará também sobre a área da coroa circular do cilindro 1.

A pressão necessária no sistema para o cilindro 1 é função da carga externa atuante na haste, e pela força resultante da pressão exigida pelo cilindro 2, que atua sobre a coroa circular do cilindro 1. Se a força resultante da pressão que atua no cilindro 1 for maior que a soma das forças individuais, ambos os cilindros avançam. As velocidades do cilindro 1 e do cilindro 2 estão relacionadas às áreas do êmbolo e da coroa circular.

O fluido hidráulico circulante, antes de retornar ao reservatório, passa por um filtro de óleo de retorno.

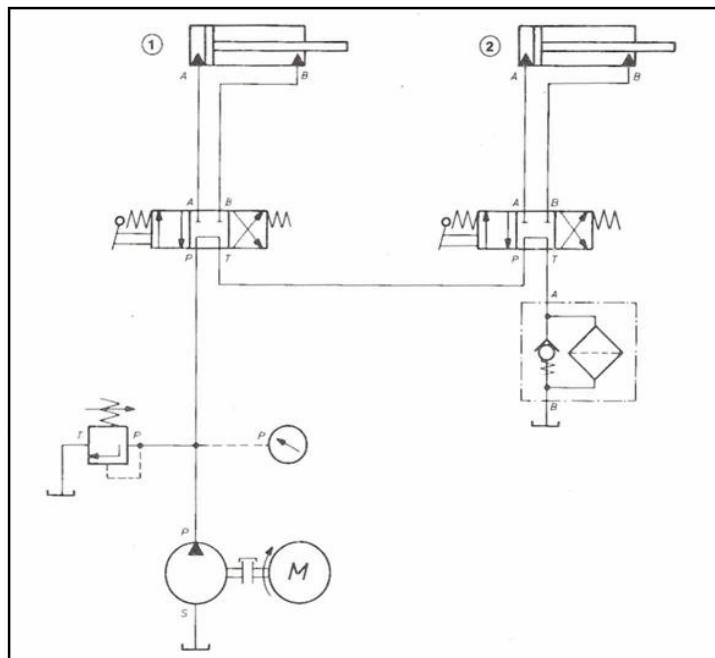


Figura 134 - Sistema hidráulico com válvulas direcionais em série.

11.4 SISTEMA HIDRÁULICO COM VÁLVULAS DIRECIONAIS EM PARALELO

A bomba variável 1, cuja vazão é regulada pelo motor elétrico 2, succiona fluido filtrado e o transporta até o sistema hidráulico.

Por simples derivação da linha de alimentação, os cilindros 8, 9 e 10 recebem fluido através das válvulas 5, 6 e 7.

As válvulas e, consequentemente, os consumidores estão assim ligados em paralelo. No nosso exemplo, as válvulas direcionais 5 e 6 têm as conexões P, A, B e T bloqueadas, na posição central.

Na válvula direcional 7 a conexão P está fechada na posição direita.

A pressão do sistema regulada na válvula limitadora de pressão 3 é a pressão atuante desde a bomba até as válvulas direcionais. Esta pressão pode ser lida no manômetro apóis acionado o botão da válvula direcional 3/4 (4).

Como consumidores (elementos de trabalho) temos um cilindro telescópico de ação dupla 8, cilindro diferencial 9 com amortecimento fixo do lado do êmbolo e um cilindro de ação simples com 10 com retorno por mola.

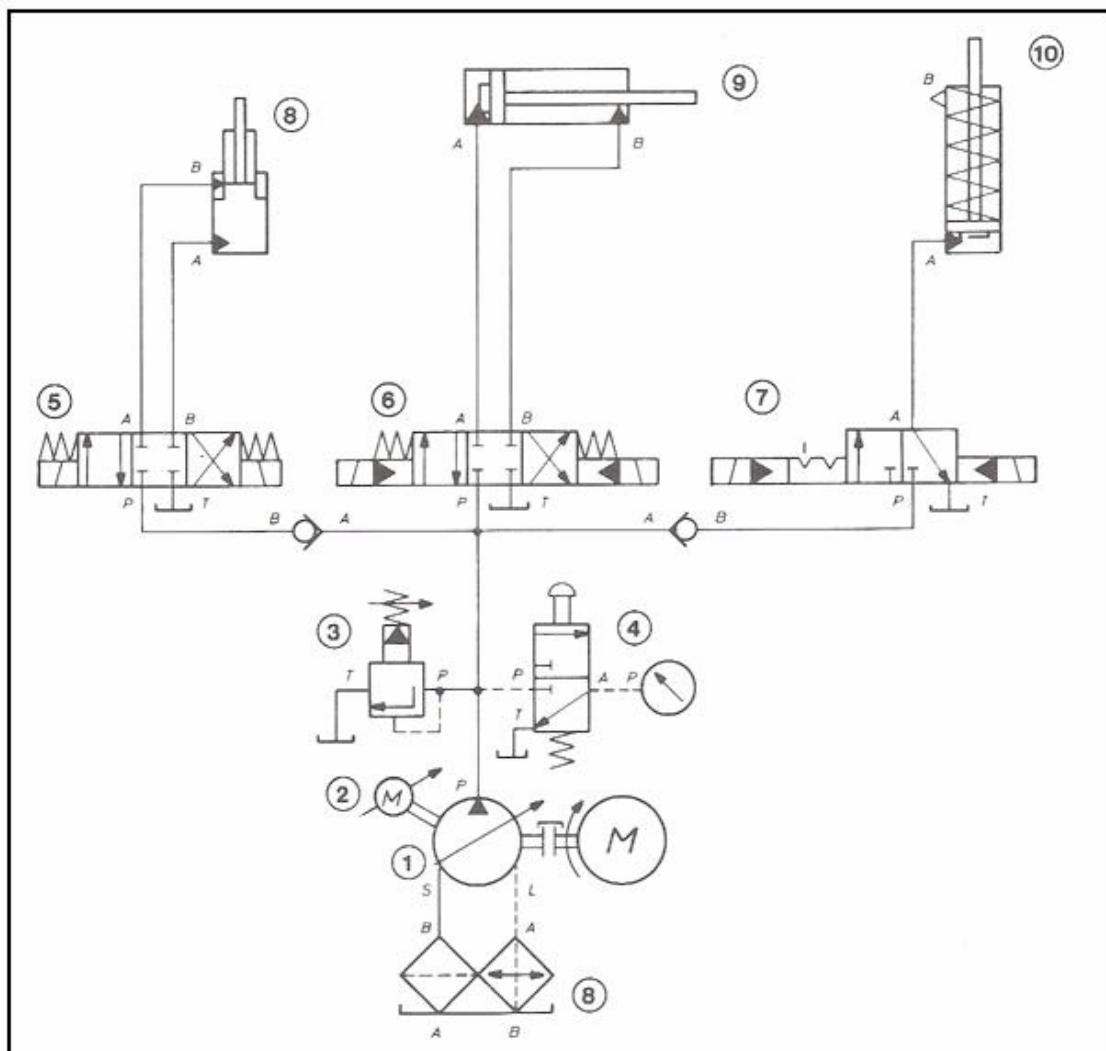


Figura 135 - Sistema hidráulico com válvulas direcionais em paralelo.

A ligação em paralelo apenas permite a movimentação simultânea quando existe um funcionamento de fluido suficiente para manter a pressão de trabalho necessária.

De outra forma a pressão se manterá ao nível da menor resistência. Isto significa que o cilindro com menor resistência avança primeiro.

Quando o primeiro cilindro atinge seu curso final, a pressão torna a crescer até atingir o valor necessário para o cilindro seguinte. Em outras palavras, a ordem de saída dos cilindros é função das pressões necessárias.

11.4.1 Válvulas Direcionais – Circuitos de Ligações

Os exemplos de circuitos que seguem, mostram como são aplicados no setor móbil.

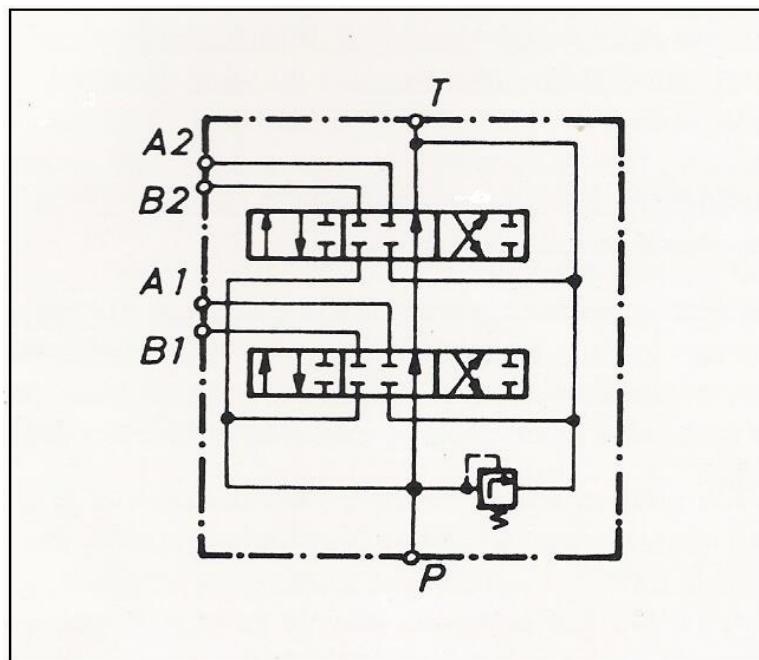


Figura 136 - Válvulas direcionais (circuitos de ligação).

11.4.1.1 Ligação em paralelo de elementos de válvulas

Cada válvula está conectada com o canal P e todos os consumidores podem ser acionados simultaneamente. A divisão do fluido, mesmo assim, se faz conforme as resistências dos elementos de trabalho no circuito.

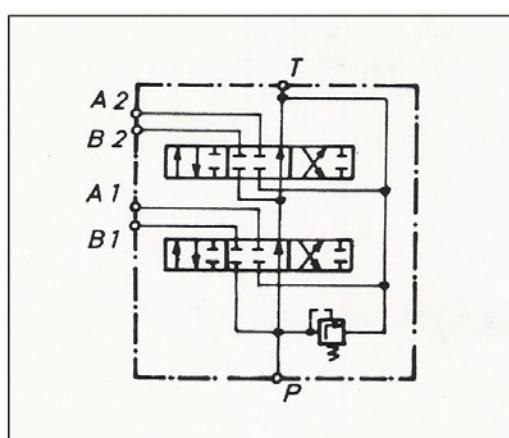


Figura 137 - Válvulas em paralelo.

11.4.1.2 Ligação em tandem

Alimentação apenas por canal de derivação, sem possibilidades de acionamento simultâneo de vários consumidores, ligação preferencial, ou de segurança.

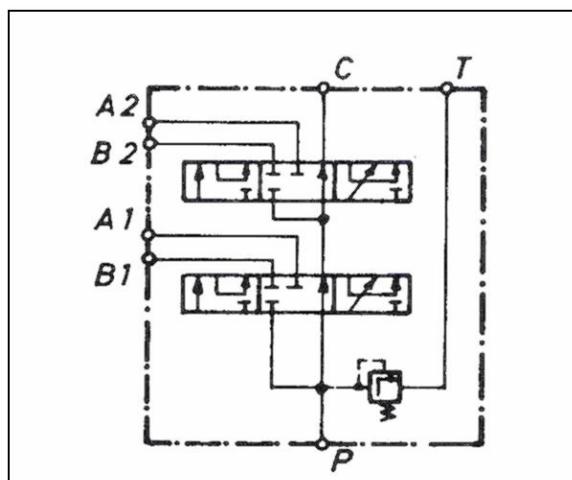


Figura 138 - Ligação em tandem.

11.4.1.3 Ligação em série

A válvula 2 recebe todo fluido de retorno do consumidor 1.

O consumidor 2 se movimenta com acionamento obrigatório. As velocidades estão em função da vazão, as pressões se somam.

11.5 SISTEMA HIDRÁULICO DE 3 ESTÁGIOS DE PRESSÃO, COM ALIMENTAÇÃO DE PRESSÃO, COMANDADO À DISTÂNCIA.

Caso se deseja obter 3 estágios de pressão em um equipamento hidráulico, pode-se optar pelo esquema da figura, utilizando-se 2 válvulas limitadoras de pressão adicionais, funcionamento como válvula pré-operadora.

A válvula limitadora de pressão pré-operada 1 pode ser conectada com uma das pré-operadoras 3 ou 4 por meio da válvula direcional 2.

Quando a válvula direcional 2 está em sua posição central, as válvulas 3 e 4 estão ligadas ao tanque. A pressão no sistema é a regulada pela válvula limitadora 1. Se as válvulas limitadoras de pressão 3 ou 4 forem acionadas através da válvula direcional 2, a pressão atuará também nas válvulas 3 ou 4, além da válvula 1. Isto significa que a pressão mais alta deverá ser regulada nas válvulas de pressão 3 ou 4, possa ser mantida no sistema. Esta disposição também pode ser empregada como comando à distância.

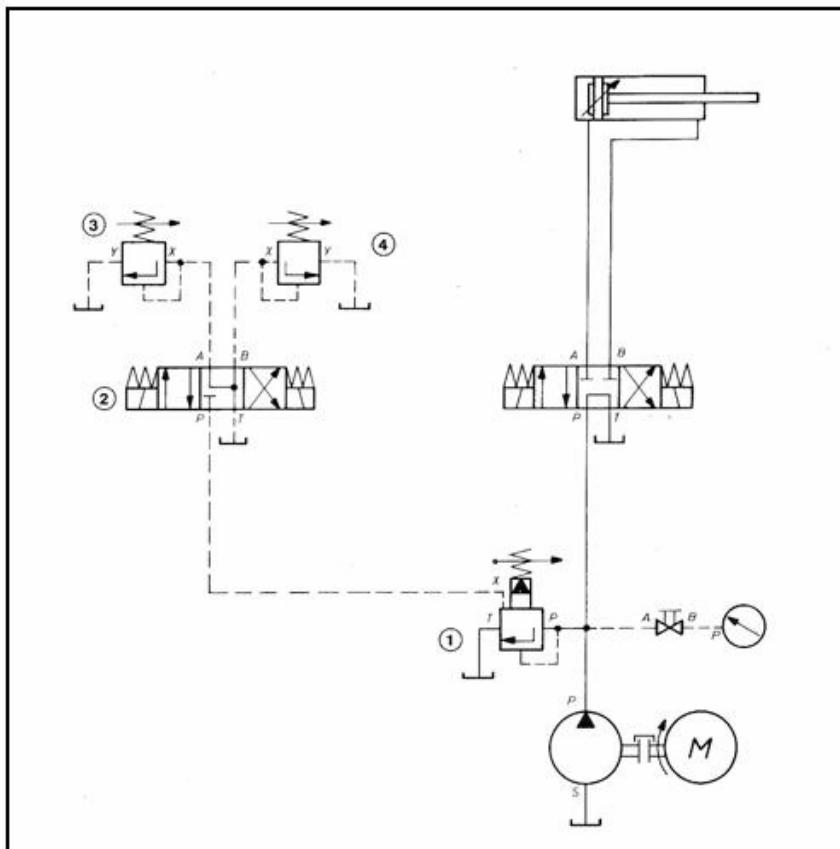


Figura 139 - Sistema hidráulico de 3 estágios de pressão.

11.6 SISTEMA HIDRÁULICO COM CILINDRO LIGADO EM CIRCUITO REGENERATIVO

De uma forma bastante comum, é aplicado o chamado circuito regenerativo. Reconhece-se a particularidade desse circuito pela característica apresentada, onde a câmara da haste está constantemente sob pressão hidráulica, enquanto a câmara do êmbolo 2 pode ser ligada à pressão ou ao tanque, quando necessário, por uma válvula direcional 3.

Este sistema é empregado quando se deseja uma fixação hidráulica, sendo a bomba a de menor vazão possível. Durante o avanço do êmbolo, o fluido 4 é deslocado da câmara dianteira e transportado juntamente com o fluxo proveniente da bomba, para a câmara posterior do cilindro 2.

De qualquer forma, deve-se levar em consideração que a forma de avanço corresponde à diferença de áreas do êmbolo para a da coroa circular, ou seja, a área da haste.

Se escolhermos uma relação de áreas 1:2 entre a área da coroa circular e a do êmbolo, obtemos ainda a vantagem adicional de velocidades iguais no avanço e no retorno do cilindro.

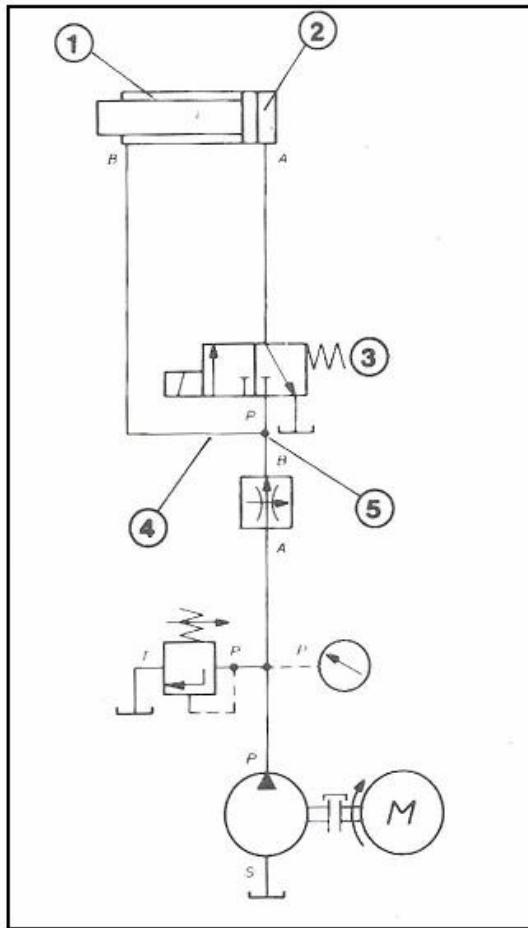


Figura 140 - Sistema hidráulico com circuito ligado em circuito regenerativo.

11.7 SISTEMA HIDRÁULICO COM DUPLO BLOQUEIO DE UM CILINDRO

Se desejarmos fixar um cilindro hidráulico em ambos os sentidos de movimentação, de tal forma que ele possa ser travado em qualquer posição, utilizamos a válvula de dupla retenção com desbloqueio hidráulico. Na situação representada pela figura abaixo, o cilindro não pode ser movido em nenhuma direção por meio de força externa.

Conforme a direção da força, o bloqueio é feito pela válvula de retenção da direita ou da esquerda. Para o avanço ou retorno do cilindro, a válvula de retenção correspondente ao retorno é desbloqueada pela pilotagem do lado oposto.

Deve-se observar que, na posição central da válvula direcional, ambas as conexões das válvulas de retenção com desbloqueio hidráulico estão ligadas com o tanque.

Só assim se consegue uma ação rápida, segura e eficiente, e com isso, uma vedação perfeita por parte das válvulas de retenção.

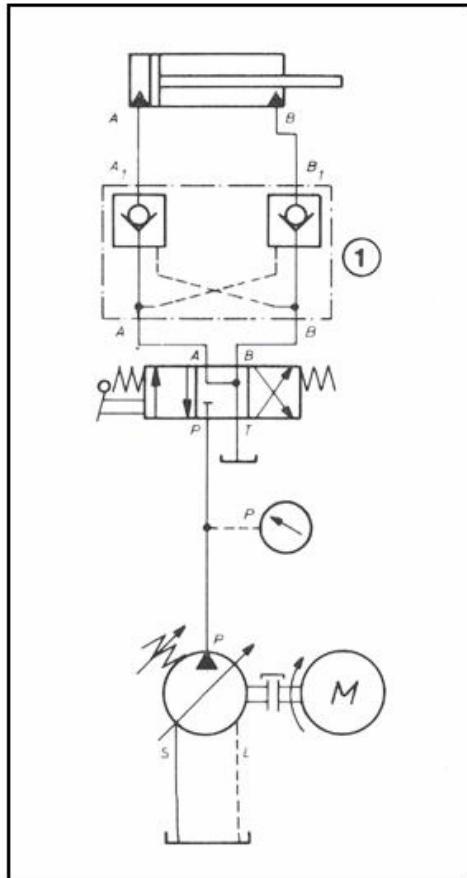


Figura 141 - Sistema hidráulico com duplo bloqueio de um cilindro.

11.8 SISTEMA HIDRÁULICO COM VÁLVULA DE CONTRA PRESSÃO E VÁLVULA DE RETENÇÃO COM DESBLOQUEIO HIDRÁULICO

Em certos casos, quando uma carga atua constantemente sobre um cilindro (por exemplo, o “carro” de uma brochadeira), ele deve ser protegido contra a descida causada pelo dreno de óleo na válvula direcional. Uma solução de segurança contra essa “descida” é proporcionada pela válvula de retenção de desbloqueio 1, colocada na linha de retorno.

Além disso, deve-se prever uma válvula de contra pressão (válvula de seqüência de pressão 2). A pressão de abertura dessa válvula deve ser regulada para um valor correspondente a $\pm 10\%$ do peso da carga. Aqui temos o efeito de uma força hidráulica contrária.

Somente com atuação da pressão do lado do êmbolo (A), essa válvula de “contra pressão” é vencida e se consegue o movimento de descida.

As válvulas de retenção simples montadas em paralelo em 2 e 3 permitem uma rápida elevação da carga.

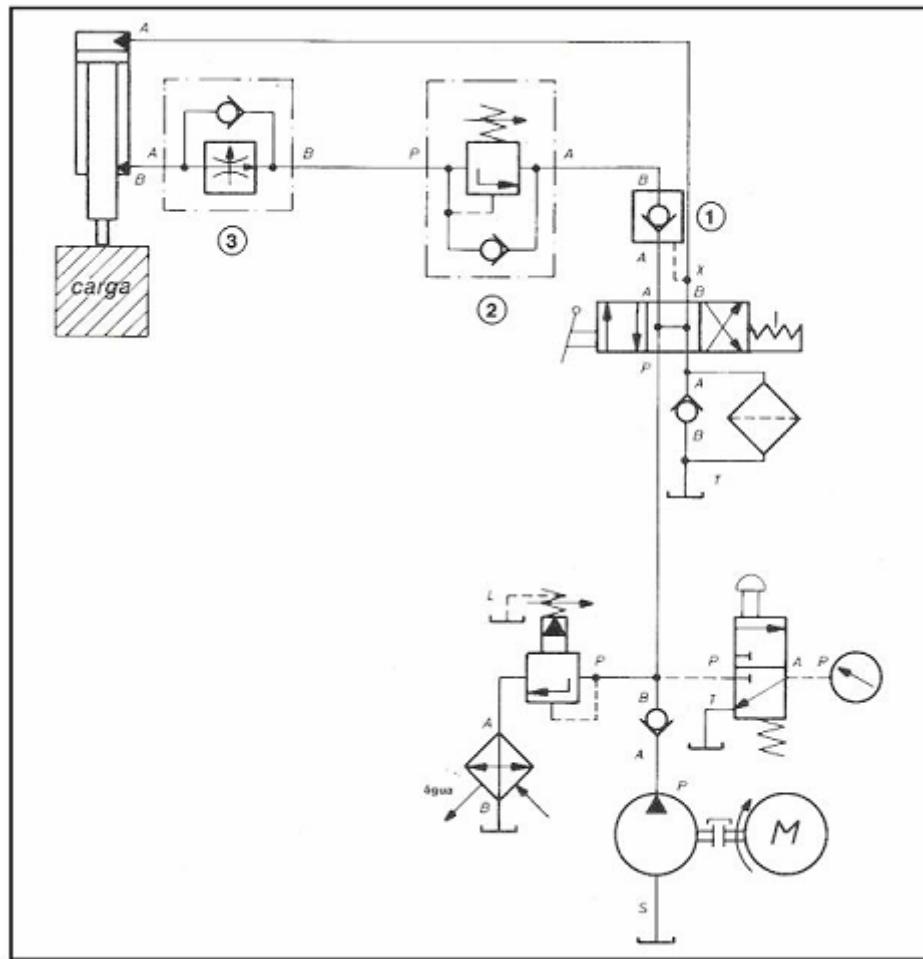


Figura 142 - Sistema hidráulico com válvula de contra pressão e de retenção com desbloqueio.

11.9 SISTEMA HIDRÁULICO COM REGULAGEM DE PRESSÃO NO CILINDRO, COM LIGAÇÃO EM SEQÜÊNCIA E DEPENDENTE DA PRESSÃO, PARA O AVANÇO E RETORNO DE UM SEGUNDO CILINDRO.

Temos aqui um exemplo bastante simplificado para um sistema de fixação e avanço para furadeira. Para se ter certeza que a fixação da peça está bem feita, antes que se libere o avanço da furadeira, se usa um sistema chamado “seqüencial”.

A válvula direcional 4/2 (1), acionada mecanicamente por um pedal, é mantida em sua posição inicial através de uma mola. Os dois cilindros (furar e fixar) estão recuados no início do ciclo. Acionando-se a válvula direcional 1, liga-se P com B e A com T.

O fluido passa primeiramente pela válvula redutora de pressão 2, aberta na posição inicial, diretamente para o cilindro de fixação e este avança.

A ligação com o cilindro “furar” está interrompida pela válvula de seqüência de pressão 3.

Quando o cilindro de fixação atinge sua posição final, a pressão na câmara do cilindro aumentará

No cilindro de fixação atua somente a pressão ajustada na válvula redutora de pressão 2.

No restante do sistema a pressão fornecida pela bomba aumenta até atingir o valor estabelecido na válvula de seqüência 3. Quando este valor é alcançado, a válvula 3 se abre.

permitindo avançar o cilindro de furação com a velocidade ajustada na válvula reguladora de vazão 5.

O retorno dos cilindros deve-se efetuar de forma inversa. O cilindro de fixação apenas deve liberar a peça quando o cilindro “de furação” tiver retornado a sua posição inicial.

Esta ordem de operações é determinada pela válvula de seqüência 4. Quando a válvula direcional 1 voltar à posição inicial através da mola, inicia-se o movimento de retorno. O fluido sob pressão chega primeiro ao cilindro “de furação”. A ligação com o cilindro de fixação é feita através da válvula de seqüência 4. Estando o cilindro “de furação” na sua posição inicial, a pressão continua aumentando. Atingindo o valor ajustado na válvula de seqüência 4, abre-se a passagem para o cilindro de fixação, e este também retorna.

Nesse caso se dispõe de uma bomba de volume de descolamento variável, com compensação de pressão (por exemplo, bomba de palhetas tipo V3, vide em bombas). Desta forma, a pressão máxima de trabalho é ajustada na própria bomba, não necessitando instalar uma válvula limitadora de pressão.

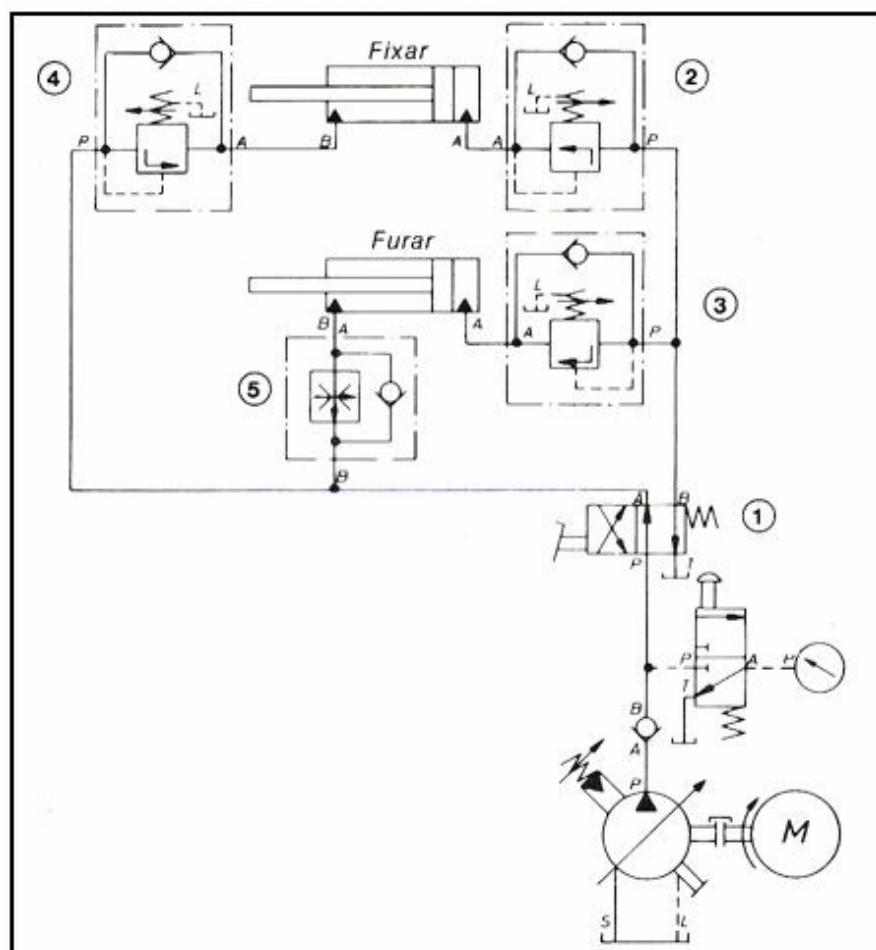


Figura 143 - Sistema usado em exemplo de fixação e avanço de uma furadeira.

11.10 SISTEMA HIDRÁULICO PARA UMA PRENSA, COM VÁLVULA DE PRÉ-ENCHIMENTO (OU DE SUCÇÃO) E CILINDRO DE AVANÇO RÁPIDO.

Nas prensas, normalmente se necessitam de grandes forças de deformação, as quais se obtém com cilindros de grandes dimensões. Para impedir o emprego de bombas de grandes

vazões para o movimento rápido dos cilindros de grandes dimensões, são instaladas as válvulas de “pré-enchimento” ou de sucção. O princípio de funcionamento dessas válvulas é idêntico às de retenção com desbloqueio hidráulico.

O funcionamento é descrito a seguir:

Suponhamos que o cilindro da prensa esteja na sua posição final superior, e que a descida é feita por intermédio da válvula direcional 4/3 (6) (posição cruzada) provocando a descida dos dois cilindros auxiliares (1) com movimento rápido. O fluido necessário para o cilindro principal preencher a câmara, é succionado do reservatório 3, através da válvula de pré-enchimento 4.

Uma vez que a prensa tenha encostado na peça, a pressão no sistema se eleva, devido ao aumento da resistência.

A válvula de seqüência 5 se abre, e sobre o cilindro de trabalho 2 começa a atuar a pressão do sistema. Esta pressão atua sobre a área dos três cilindros, produzindo o avanço de trabalho, lento e com grande força. A válvula de pré-enchimento é mantida fechada para o reservatório superior. No retorno, as câmaras posteriores (A) dos cilindros auxiliares são despressurizadas para o tanque, e a câmara da haste (B) recebe o fluido sob pressão da bomba.

Simultaneamente a pressão atua, através da linha de pilotagem sobre a conexão x da válvula de pré-enchimento. Por meio de uma haste piloto interna à válvula, o cone principal é aberto e o fluido de trabalho retorna ao reservatório superior 3.

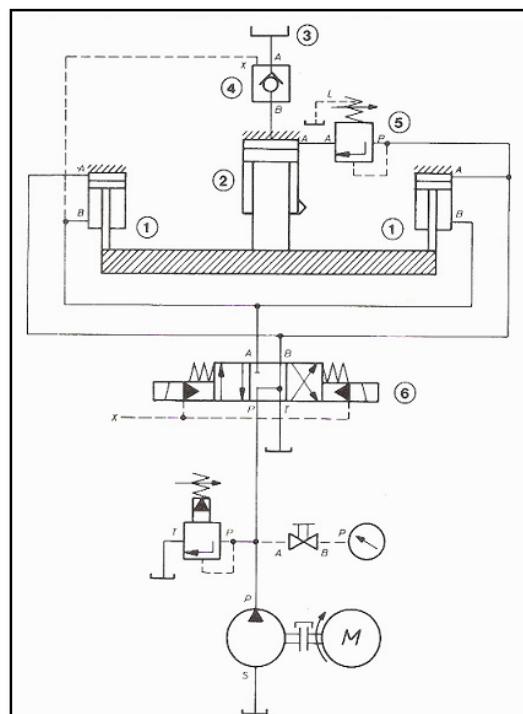


Figura 144 – Sistema hidráulico para uma prensa.

11.11 SISTEMA HIDRÁULICO PARA O DESLOCAMENTO SIMULTÂNEO DE VÁRIOS CILINDROS. SISTEMA “BOWDEN”

Uma solução bastante prática, embora um tanto dispendiosa, de se conseguir movimentos simultâneos iguais, é o chamado “Sistema Bowden”.

Dois cilindros iguais, e com haste passante são ligados em série.

Desta forma, o cilindro seguinte executa o mesmo movimento do primeiro cilindro, sob ação do fluido enviado pela bomba. Como os dois cilindros ligados em série apenas provocam um deslocamento da coluna de óleo, teriam sem um preenchimento contínuo, com

o correr do tempo, uma defasagem provocada por vazamentos internos e, eventualmente externos.

Para eliminar esse fato indesejável, mas sempre presente, essa parte do sistema é ligada, após cada curso duplo (ida e volta) à bomba e também ao tanque, por meio da comutação da válvula direcional 4/3 (2) disposta à direita, por curto período.

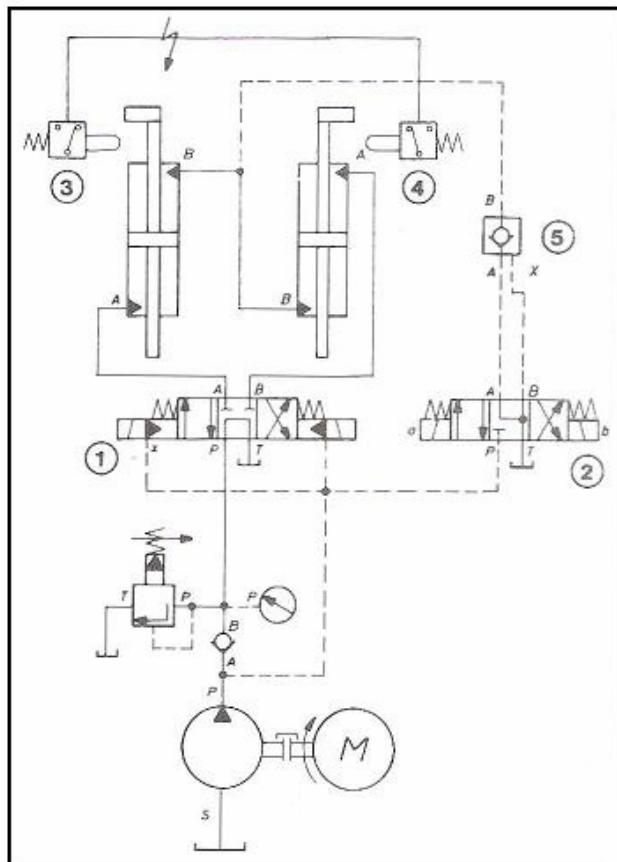


Figura 145 – Sistema Bowden.

Existem duas possibilidades dos cilindros estarem defasados:

- O cilindro esquerdo chega primeiro à sua posição final superior e aciona a chave fim de curso 3. Causa: pouco fluido entre os cilindros. Correção: na válvula direcional 2 o solenóide a é ativado pelo interruptor esquerdo. Pela linha de comando passa tanto fluido quanto seja necessário para que o cilindro da direita também acione o fim de curso. Desta forma, desliga-se o solenóide a.
- O cilindro da direita chega primeiro à sua posição final e aciona o fim de curso 4. Causa: existe muito fluido entre os cilindros. Correção: na válvula direcional 2 o solenóide b é ativado pelo interruptor direito. Abre-se a válvula de retenção com desbloqueio 5 e se procede o escoamento de tanto fluido quanto for necessário, até que o cilindro da esquerda acione o fim de curso. Através do acionamento do fim de curso 3 desliga-se o solenóide b. O deslocamento sincrônico dos avanços dos cilindros depende, nesse caso, não só das limitações mencionadas mas, também, da igualdade da usinagem dos cilindros. É um fato bastante conhecido que tecnicamente não é possível construir duas peças absolutamente iguais.

11.12 SISTEMA HIDRÁULICO PARA O DESLOCAMENTO SINCRÔNICO, PRINCÍPIO DA DOSAGEM.

O esquema mostra a regulagem da velocidade para uma calandra de 3 cilindros.

Na figura, como exemplo, os cilindros inferiores são horizontalmente reguláveis, enquanto a regulagem do cilindro superior é vertical.

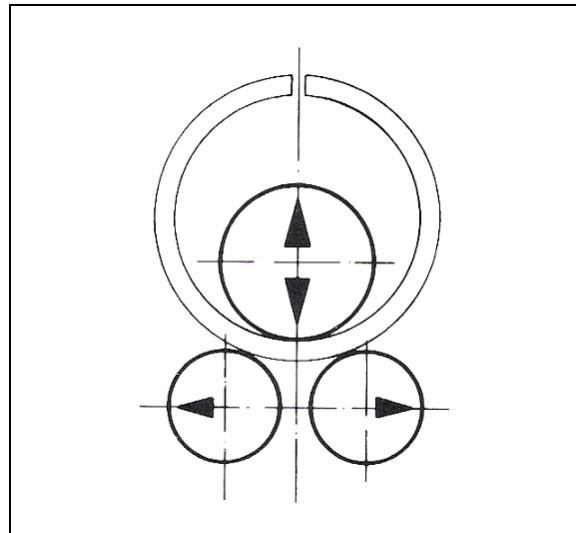


Figura 146 - Regulagem de velocidade (calandra).

O movimento sincronizado nesse sistema se consegue desviando o fluido sob pressão, do cilindro que avança mais.

Os cilindros 12 e 13 devem receber, de forma independente, óleo sob pressão das bombas 1 e 2, para que se tenha uma pré-dosagem. Além disso, os cilindros não influenciam um ao outro.

A dosagem é feita pela válvula reguladora 14. A válvula reguladora deve, durante o funcionamento normal, igualar a diferença que aparece por:

- Fornecimento diferente das bombas.
- Compressibilidade do óleo.
- Diferentes níveis de fuga nos elementos.
- Folga nos mancais da máquina.

O sentido do movimento dos cilindros é determinado pelas válvulas direcionais 8 e 9. As válvulas de pressão 10 e 11 são usadas como válvulas de contra pressão durante o avanço.

Basicamente a qualidade do sincronismo depende da faixa de erro admissível.

A válvula de sincronização 14 é comandada mecanicamente por uma alavanca 15 a qual por sua vez é comandada por uma cinta metálica ou na corrente 16, instalada da maneira em que é mostrada no circuito.

Caso um ou outro cilindro se adianta, a posição da barra é alterada proporcionalmente pelo elemento de acionamento. A válvula sincronizadora 14 é acionada, o cilindro adiantado é ligado ao tanque e assim se faz fluir óleo do cilindro para o tanque, de forma dosada.

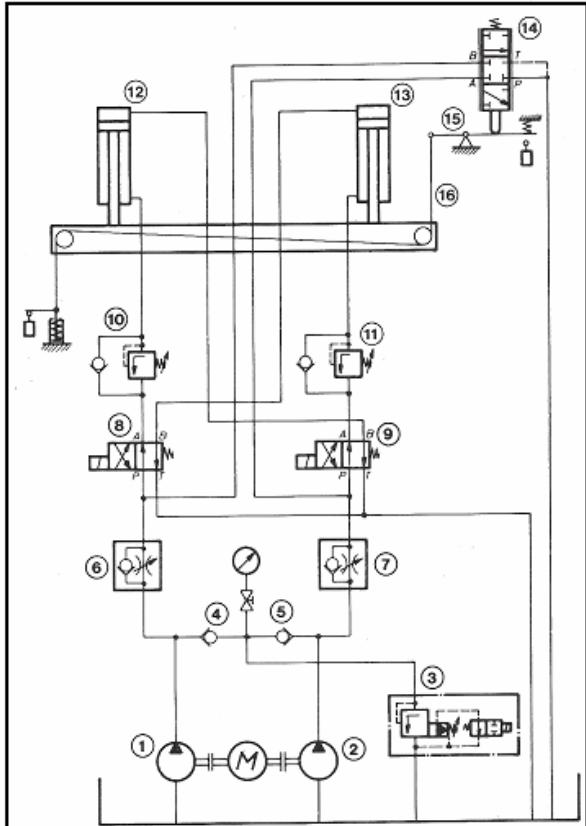


Figura 147 - Sistema hidráulico para deslocamento sincrônico.

Se, por exemplo, ao avançar, o cilindro 13 se adianta, a fita 16 puxa a barra para baixo e comuta a válvula reguladora 14 para a posição em que b fique conectado com P.

O ajuste do sincronismo vale para ambos os sentidos de deslocamento. Isto se consegue com a ligação da válvula sincronizadora com a linha de alimentação. Portanto, antes das válvulas direcionais 8 e 9, bem como a ligação das conexões B com a câmara do êmbolo dos cilindros, respectivamente.

As válvulas de retenção 6 e 7 servem para controlar a descompressão do fluido antes de começar o retrocesso.

11.13 EXEMPLO DE COMANDO PARA UMA EMPILHADEIRA

O circuito representado a lado é construído na forma de blocos.

Nesse bloco encontramos três êmbolos de válvulas direcionais com ligações em paralelo.

- Válvula direcional 1 para cilindro elevador.
- Válvula direcional 2 para cilindro de inclinação.
- Válvula direcional 3 para cilindro das pinças.

Na posição inicial dos elementos de comando (válvulas direcionais de 6 vias) temos circulação de fluido sem pressão da conexão da bomba P para o tanque T.

Por meio da comutação dos elementos (1, 2 e 3) são ativados os consumidores mencionados acima.

Adicionalmente existe no canal P uma espécie de divisor de fluxo para dosagem do fornecimento do óleo, independente da carga, aos elementos 2 (inclinação) e 3 (pinças), a um valor determinado.

Desta forma, se consegue, mesmo com grandes elevações, uma velocidade de inclinação exata.

A dosagem no divisor de fluxo é produzida com reduzidas perdas, já que a pressão da bomba é ligeiramente maior que a pressão no consumidor.

A quantidade restante do fluxo está à disposição da válvula 1(cilindro elevador) por meio de um canal independente (ligação em paralelo). Permanece em ligação para o tanque quando não estiver acionada a válvula 1.

Quando a válvula 1 for acionada simultaneamente com as válvulas 2 ou 3, o divisor do fluxo impede a influência entre os fluxos de óleo com pressões diferentes nos consumidores.

Quando apenas a válvula 1 é acionada, todo o volume de óleo, passando por um canal de contorno, se dirige para o cilindro de elevação. O divisor de fluxo, nesse caso, não está no circuito.

Válvula de frenagem para inclinação frontal (válvula de inclinação).

A válvula 2 pode ser prevista com uma válvula de frenagem inserida nas conexões A2 ou B2. Isto impede uma aceleração involuntária da carga durante a inclinação para frente.

O êmbolo da válvula de frenagem permite a passagem do óleo sob pressão da carga fluir para o tanque assim que na linha de alimentação apareça uma pressão correspondente à força da mola válvula de frenagem (cerca de 30 bar).

Se a passagem de óleo para o tanque for maior que a alimentação, diminui a pressão de comando de abertura. A mola desloca o êmbolo de frenagem na direção do fechamento até que se consiga o equilíbrio.

Este circuito de regulagem compensa a influência do peso da carga sobre a velocidade de inclinação. A válvula de frenagem regula, portanto, a velocidade de inclinação independente da carga, mas correspondente à vazão de alimentação.

Nas conexões de utilização das válvulas 1 e 3 no exemplo mencionado, estão acopladas válvulas limitadoras de pressão secundárias.

Para acionamento dos elementos de comando, as extremidades dos êmbolos, do lado da conexão A ou B, têm uma lingüeta ou garfo para apoio das hastes de comando. Podem ser montadas com botões de acionamento, se forem usadas alavancas manuais.

No caso de empilhadeiras elétricas com uma bomba acionada por um motor elétrico, pode-se instalar um interruptor elétrico, o qual é acionado através das alavancas das válvulas.

Dessa forma, ao acionar uma válvula, liga-se também o motor elétrico, acionando a bomba hidráulica.

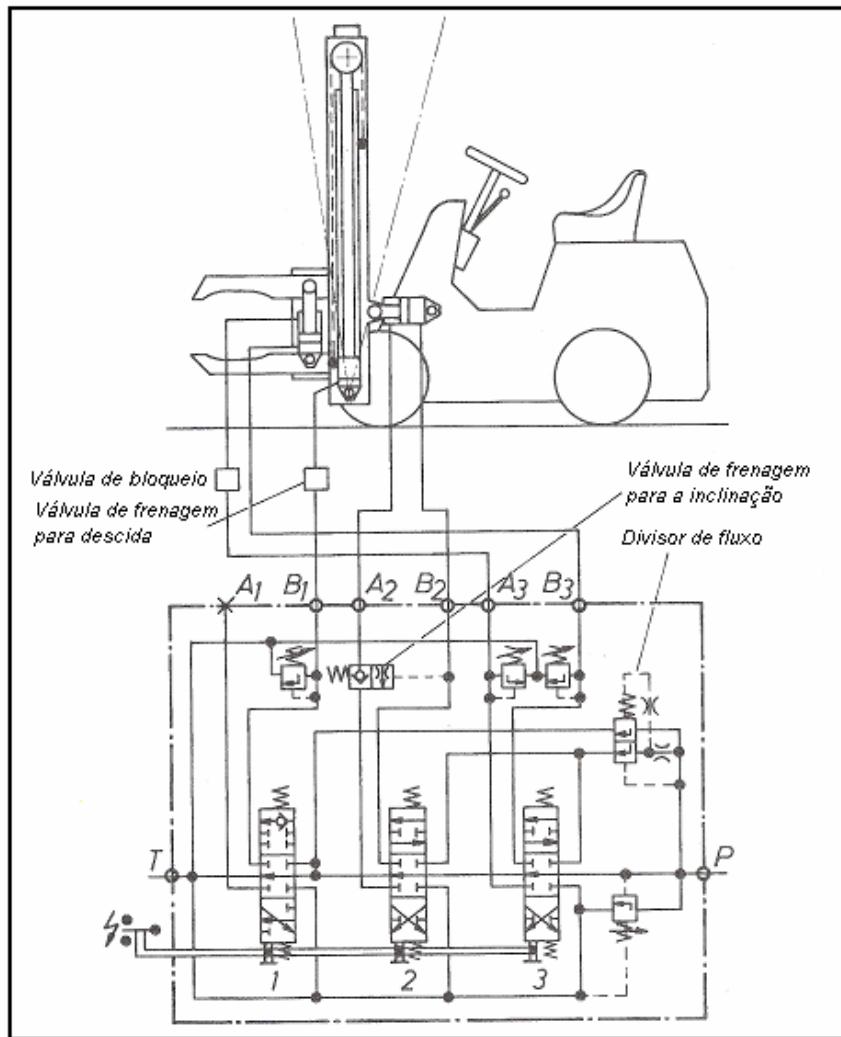


Figura 148 - Comando para empilhadeira.

11.14 CIRCUITO FECHADO

Como circuito fechado se comprehende um sistema da bomba 1 e do motor hidráulico 2, onde o fluxo do fluido se desloca da bomba para o motor e do motor diretamente para a linha de sucção da bomba.

Na maioria dos casos, a bomba é de vazão variável em ambos os sentidos.

Para o funcionamento prático de um circuito fechado, porém, existem outras condições adicionais:

- Segurança quanto à pressão.

As duas válvulas limitadoras de pressão 3 e 4 limitam a pressão do lado da pressão alta (alimentação) e protegem o circuito contra sobre-carga. O meio de pressão que retorna é dirigido para o lado da pressão baixa. As válvulas de pressão servem ao mesmo tempo para frenagem do motor, quando a vazão da bomba for nula.

- Válvula de circulação e circuito de alimentação.

A válvula de circulação 5 é uma válvula direcional acionada hidraulicamente.

Quando a bomba 1 tem deslocamento nulo, a bomba de alimentação 6 envia fluido pela válvula limitadora de pressão 7 e resfriador 8 para o tanque.

Na válvula de pressão 7 estabelecemos a pressão de alimentação e pressão baixa que se situa normalmente entre 8 e 15 bar.

Quando a bomba 1 aciona o motor hidráulico através do fluido, a válvula 5 é acionada desde a linha de alimentação (alta pressão) e conecta a linha de baixa pressão com a válvula 7.

Suponhamos que à esquerda está o lado da pressão alta, (motor 2 girando para a direita), a válvula 5 será comutada pela linha de pilotagem da esquerda para a direita. O lado da baixa pressão (direita) é ligado à válvula de pressão 7, cujo comando parte da bomba de alimentação.

Pelo lado da baixa pressão o fluido vai para o tanque passando pela válvula de circulação 5 e pela válvula de pressão 7. Ao mesmo tempo a bomba de alimentação 6 fornece fluido para o lado da baixa pressão pela válvula de retenção 9. A válvula de retenção 10 é mantida bloqueada através da alta pressão.

Com inversão da direção do fluxo pela bomba variável, a válvula de circulação é acionada em sentido contrário.

Por meio da válvula de circulação se conseguem, portanto, eliminação de calor e renovação de fluido em um circuito fechado.

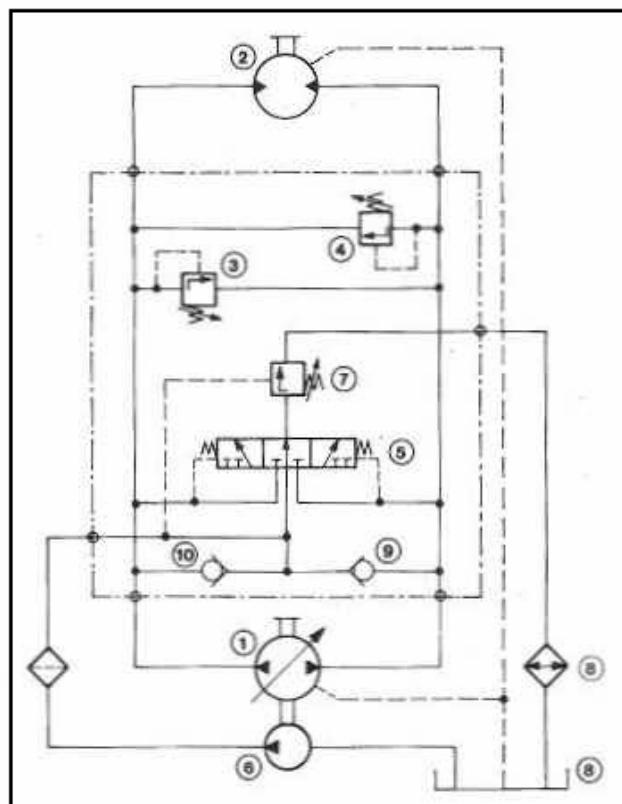


Figura 149 - Circuito fechado.

11.15 SISTEMA HIDRÁULICO PARA APLICAÇÃO COM CARGAS ALTERNADAS

No acionamento de comportas, barragens, pontes basculantes e giratórias, podem surgir inversões de carga no consumidor.

Isto significa que, durante o movimento da carga, a direção ou sentido de sua atuação pode mudar ou inverter. Para que o consumidor não se movimente mais rapidamente que o necessário ou permitido pelo fornecimento, são instaladas, como no exemplo, as válvulas de frenagem 8 e 9.

As duas bombas constantes 1 e 2 fornecem o fluido de pressão para a linha através das retenções 5 e 6, para a válvula direcional 7.

Com as limitadoras de pressão pré-operadas 2 e 4 se pode, através das válvulas direcionais para alívio, ligar as bombas a uma circulação sem pressão.

Se o cilindro 12 deve avançar, o fluido chega livremente ao cilindro através da válvula de frenagem 8, enquanto que a válvula de frenagem 9 é deslocada à sua posição de estrangulamento através da conexão de pilotagem correspondente. Se o cilindro por variação da carga, for mais rápido que o previsto, a pressão de abertura diminui.

Desta forma, a válvula de frenagem volta à posição de bloqueio. A velocidade se mantém constante, independente da carga.

As válvulas limitadoras de pressão 10 e 11, têm a função da limitação secundária da pressão.

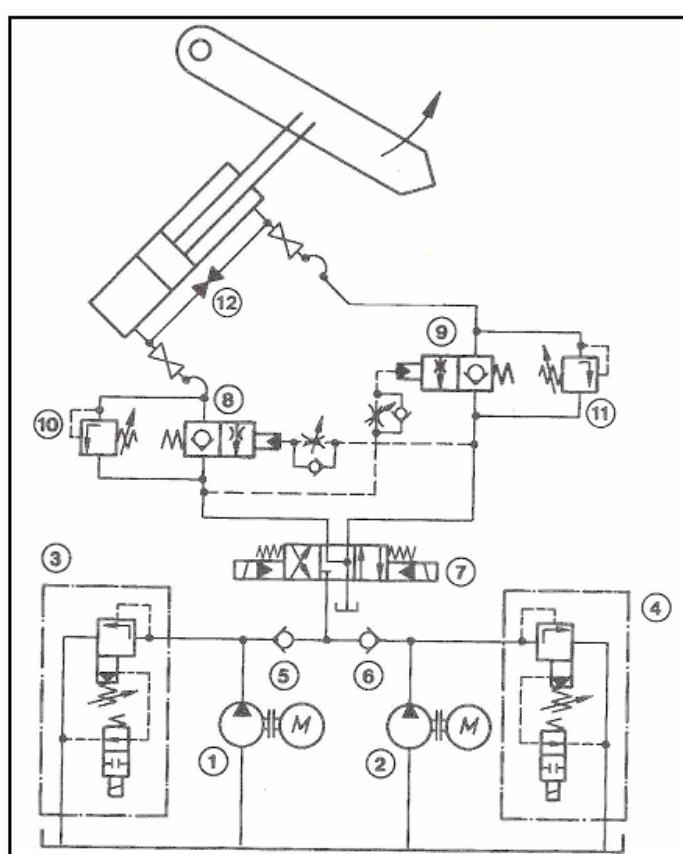


Figura 150 - Sistema hidráulico para aplicação com cargas alternadas.

12 MANUTENÇÃO

Os cuidados para que um sistema hidráulico ou pneumático funcione perfeitamente e tenham uma vida longa começam muito antes de a máquina entrar em funcionamento.

Os problemas podem originar-se em sub-dimensionamento dos componentes do sistema ou especificações inadequadas no projeto, defeito de fabricação dos componentes, montagem errada de componentes de instalação.

12.1 ESPECIFICAÇÃO

A especificação dos componentes de um circuito hidráulico ou pneumático deve ser baseada nas forças e velocidades a que esses componentes são submetidos, levando-se em conta todos os detalhes de ambiente e condições de serviço.

Uma reserva de potência deve ser prevista para compensar o futuro desgaste dos componentes que prejudicaria a eficiência do sistema.

Os problemas de ambiente envolvem, principalmente, temperatura e poeira. Em caso de calor excessivo, devem ser providenciados os resfriadores. Em caso de grandes variações de temperaturas, talvez seja necessário um aquecedor ou termostato, ou ainda aumentar os diâmetros dos tubos.

Se houver muita poeira, convém usar filtros adequados para as entradas de ar do tanque hidráulico, ou pré-purificadores de ar, para os sistemas pneumáticos. Deve-se estudar também a conveniência da aplicação de protetores nas hastes dos cilindros.

12.2 TANQUE E CONDUTORES

O acabamento interno do tanque de óleo ou do reservatório de ar é muito importante e, portanto, devem ser removidos todos os traços de ferrugem, pingos de solda, resíduos de jatos de areia e todos os resíduos de decapante.

A interligação dos diversos componentes é feita por condutores como tubos de aço sem costura, mangueiras de alta pressão e conexões. A boa localização desses condutores evitará defeitos e acidentes, além de facilitar os serviços de manutenção.

Deve-se evitar ao máximo o uso de cotovelos a 90°, preferindo-se o uso de curva longa pois a perda de energia hidráulica é menor.

Os tubos deverão ser curvados de acordo com a necessidade da estrutura do sistema e, posteriormente, providos de conexões.

Deve-se evitar soldar ou curvar a tubulação a chama. Se isso não for possível, deve-se dar muita atenção à remoção de óxido que se forma no interior do tubo. Para tanto, os tubos deverão ser decapados e lavados.

Tensões provenientes de tubulações mal colocadas ou de vibrações da máquina poderão ocasionar vazamentos ou rupturas.

12.3 EQUIPAMENTOS NOVOS

Antes de pôr o equipamento em funcionamento, devem-se ler os manuais e limpar as partes externas do equipamento, observando possíveis danos causados pelo transporte.

Deve-se, ainda, verificar o alinhamento de todos os elementos móveis do equipamento.

E, por último, deve-se verificar, antes de ligar o equipamento, a tensão e a corrente elétrica adequados a ele.

12.4 ABASTECIMENTO COM ÓLEO

As unidades hidráulicas são fornecidas sem óleo. Os conjuntos montados são testados e vêm em condições de operação imediata, porém pode ocorrer a penetração de água ou poeira durante o transporte.

Conseqüentemente, deve-se efetuar uma limpeza externa e verificar o reservatório internamente, soltando a tampa de inspeção.

O óleo após o teste no fabricante é drenado do reservatório. Porém, se for encontrada uma lâmina espessa de óleo no interior do reservatório, pode ser uma camada de água coberta com uma película de óleo. Essa água entrou aí provavelmente durante o transporte ou durante uma estocagem em local não adequado.

Deve-se, ainda, considerar uma possível penetração de impurezas no equipamento na fase de montagem no canteiro de obras e, provenientes da tubulação de interligação entre a unidade hidráulica e os atuadores.

Antes do abastecimento com óleo, deve-se verificar se o reservatório está limpo internamente.

Em equipamentos providos de filtros, o abastecimento tem de ser feito exclusivamente por seu intermédio.

Se o equipamento não possuir filtros, que permitam essa operação, faz-se o abastecimento do óleo pelo orifício do filtro de ar. Para tal, é necessário um funil com peneira de malha não superior a 60 μm .

Nunca se deve usar, mesmo provisoriamente, qualquer tecido como elemento filtrante. Os fiapos que se desprendem podem ocasionar defeitos nos componentes do equipamento.

Devem-se empregar somente fluidos recomendados pelo fabricante, e o emprego de qualquer outra qualidade de fluido só é possível se houver uma consulta prévia ao fabricante do equipamento e sua aprovação.

Uma vez determinado o tipo e marca de fluido a ser usado, nunca se deve misturá-lo com fluido de outra procedência pois resultaria numa decomposição química, com formação de iodo e espuma.

O nível superior do fluido é controlado pelo indicador instalado no reservatório. Ao fazer funcionar a instalação pela primeira vez, é preciso controlar o nível do fluido para que ele não abaixe além do limite inferior permitido, o que provocaria a danificação da bomba (cavitação e aeração).

12.5 ACUMULADORES HIDRÁULICOS

Os acumuladores hidráulicos de acordo com normas de prevenção de acidentes são, normalmente, descarregados após o teste no fabricante, sendo transportados sem gás.

Dessa forma, no início de seu funcionamento, o acumulador tem de ser carregado com o volume de gás a pressão especificada no manual do fabricante.

Observação: Antes de qualquer manutenção, deve-se descomprimir a pressão do óleo dos acumuladores.

12.6 SENTIDO DE ROTAÇÃO DO MOTOR ELÉTRICO

Nem todas as bombas de óleo hidráulicas admitem rotação de funcionamento em ambos os sentidos.

O sentido de rotação da bomba está indicado em lugar visível na carcaça.

Para controle do sentido de rotação do motor de acionamento, deve-se ligar e desligar rapidamente o motor sem deixá-lo atingir sua rotação normal.

A rotação invertida é corrigida por meio da inversão da polaridade do motor elétrico. Se for ligação trifásica, devem ser invertidos dois fios da ligação elétrica.

12.7 INÍCIO DE FUNCIONAMENTO DO EQUIPAMENTO

Para início de funcionamento da bomba hidráulica, depois de observados os itens acima, deve-se regular a válvula limitadora de pressão a pressão nula.

A maioria das bombas deve iniciar seu movimento sem carga. Há, porém, algumas bombas de construção especial que exigem início de funcionamento sob carga a baixa pressão, geralmente em torno de 8 bar.

Antes do início do funcionamento de uma bomba hidráulica, é necessário certificar-se de que as válvulas do sistema (principalmente as que se encontram na tubulação de sucção das bombas) estejam ligadas de tal maneira que haja passagem livre.

Depois, deve-se ligar e desligar o motor diversas vezes, sem deixá-lo chegar à rotação de trabalho, até se notar o funcionamento normal e silencioso do equipamento.

12.8 DESAERAÇÃO

Antes de colocar um equipamento (novo ou que sofreu manutenção) em funcionamento sob carga, é necessário proceder a uma desaeração.

O ar que se aloja nos pontos altos das câmaras dos cilindros pode ocasionar ruídos, movimentos descontrolados dos cilindros ou dos motores hidráulicos, além de prejudicar a qualidade do óleo.

As bolhas de ar mais o vapor do óleo, ao serem comprimidos, poderão explodir (“efeito diesel”), o que pode levar à queima das vedações e inclusive a avarias metálicas.

Para proceder a desaeração, é necessário fazer circular o óleo a menor pressão possível e soltar levemente o parafuso próprio para esse fim ou, se não houver esse parafuso, devem-se soltar levemente as conexões nos diversos pontos, apertando-as quando começar a vazar fluido hidráulico.

12.9 CONEXÕES

Com o equipamento funcionando, pode-se aumentar gradativamente a pressão observando-se porém toda a rede de tubulações. Há a probabilidade de vazamento nas conexões que pode ser eliminada sem perigo e dificuldade.

Muita atenção deve ser dada à tubulação de sucção. Se essa tubulação não for estanque, a bomba succionará ar, descontrolando o funcionamento do equipamento.

Se houver necessidade de soltar uma conexão ou outro elemento hidráulico, deve-se antes aliviar a pressão de todo o sistema. Especial atenção tem de ser dada aos equipamentos providos de acumuladores de pressão, os quais, nesse caso, devem ser despressurizados ou isolados do resto do circuito.

12.10 RENOVAÇÃO DO ÓLEO

Em um equipamento novo, a primeira troca de óleo precisa ser efetuada após as primeiras cinqüenta horas de funcionamento.

A troca de fluido do sistema depende de diversos fatores ligados ao regime de trabalho, e é determinada pelo grau de envelhecimento e de impurezas do fluido.

Nas instalações com uma proporção de 1:3, ou mais, da vazão das bombas para o volume do reservatório, a primeira troca deverá ocorrer entre 50 e 100 horas após a colocação em funcionamento. Mais tarde, é suficiente realizar um controle constante.

Em instalações grandes (acima de 1000 litros), deve ser prevista uma troca de óleo a cada 5000 horas de funcionamento.

Para controle constante, basta retirar a cada semana uma amostra colocando-se uma gota sobre um papel filtro.

Se no centro do círculo assim formado, permanecer uma mancha escura, trata-se de óleo gasto. Se, no entanto, o centro for claro e limpo, o óleo ainda pode ser aproveitado. A coloração azul escura significa que uma troca de óleo faz-se urgentemente necessária.

O período de troca de óleo deve ser diminuído de acordo com as condições de funcionamento, temperatura e grau de pureza do ambiente.

Nunca poderão ser misturados óleos tipos ou marcas diferentes, o que implica a formação de lodo e diminuição da capacidade de lubrificação.

Caso o nível do óleo esteja acima da marca usual, deve-se verificar urgentemente a causa. Poderá ser um vazamento interno de um trocador de calor (água ou óleo) ou ainda, poderá ser a introdução de água por condensação, por exemplo. Para equipamentos hidráulicos que ficaram inativos por um longo período de tempo (acima de um mês), recomenda-se à troca do fluido, procedendo-se à limpeza prévia do reservatório.

Pode-se também retirar uma amostra do fluido e fazer uma análise química junto ao seu fabricante para verificar as condições de reutilização.

12.11 FILTROS DE AR

Ao se retirar o filtro de ar para submetê-lo à limpeza, é necessário ter cuidado para que a poeira acumulada em torno dele seja previamente removida.

Uma vez retirado o filtro de ar, deve-se lavá-lo com querosene, secá-lo e posteriormente umedecer a tela com algumas gotas de óleo.

O mesmo processo é válido para filtros de ar em banho de óleo. Nesse caso, é conveniente limpá-los a cada dois meses (ou antes, dependendo das condições ambientais).

12.12 FILTROS DE ÓLEO

Em casos normais, é necessário limpar o filtro duas vezes por semana, durante as quatro primeiras semanas de uso.

Após esse período, é conveniente efetuar a limpeza dos filtros cada três ou quatro semanas. O período de limpeza é determinado em função das condições ambientais.

A limpeza de tela de filtro deve ser efetuada com uma escova e ar comprimido. Nunca se deve fazer uso da estopa ou qualquer outro tipo de tecido.

No caso de filtros recuperáveis de malha metálica ou fibra sintética, recomendam-se três limpezas no máximo. Após isso, ele deve ser substituído por um elemento novo.

O filtro de papel descartável (não recuperável) não deve ser limpo, devendo ser substituído após o período indicado pelo fabricante (entre 50 e 150 horas, dependendo do ambiente).

Quanto à limpeza dos filtros de óleo em função do ambiente, a seguinte classificação poderá ser adotada (os conceitos poderão variar de acordo com cada caso particular):

- ambientes normais: montadoras, linhas de produção seriada, estamparias, etc.
- ambientes poluídos: usinas siderúrgicas, fundições, etc.
- ambientes altamente poluídos: coqueria, pelotização, fábrica de cimento, mineração, etc.

No caso de sistemas hidráulicos com válvulas proporcionais, servoválvulas, ou outro tipo de válvula de maior sensibilidade, além de a malha de filtragem ser menor, os intervalos de limpeza e troca dos filtros também devem ser reduzidos.

Assim, para sistemas com válvulas especiais em ambiente normais, recomendamos reduzir o período de limpeza à metade dos períodos sugeridos para os sistemas convencionais.

Para casos de ambientes altamente poluídos, os intervalos de limpeza e troca de filtros deverão ser reduzidos consideravelmente.

12.13 LIMPEZA DO SISTEMA HIDRÁULICO

A contaminação do óleo pode ocorrer de várias formas tais como: na montagem ou manutenção do equipamento ou gerada durante o processo de funcionamento do sistema pelo desgaste de seus componentes.

Partículas sólidas como areia, respingo de solda, aparas de metal, ferrugem, estopa, tinta ou substância que reagem com óleo formam um lodo resinoso ou um ácido que provoca o desgaste prematuro de bombas, o emperramento do carretel das válvulas, o desgaste ou entupimento de passagens internas das válvulas.

Por isso, no início de funcionamento do sistema ou após uma parada para manutenção geral, é necessária fazer uma circulação de óleo por um óleo de limpeza e limpar ou trocar todos os filtros.

Depois, deve-se acionar a máquina por mais algum tempo, fazendo funcionar todos os comandos e, em seguida, trocar novamente o óleo por um óleo recomendado pelo fabricante.

Essa operação deve ser repetida depois de mais ou menos 100 horas de funcionamento normal do sistema hidráulico.

12.14 CONTROLE DA MANUTENÇÃO

Para assegurar um perfeito funcionamento da unidade, com relação aos problemas ocorridos durante sua colocação em funcionamento e em operação normal, deve-se elaborar um registro de controle de manutenção periódica, indicando os serviços efetuados e suas datas.

Com esse registro pode ser marcado, por exemplo, em que espaço de tempo certas peças deverão ser controladas.

Os filtros devem ser controlados durante sua colocação em funcionamento em intervalos de duas a três horas. Os filtros de sucção devem ter especial atenção: deve-se limpá-los após o período de provas pelo menos uma vez por semana.

Os acumuladores de pressão merecem especial atenção, devendo ser controlados em intervalos regulares, com relação à pré-tensão do gás nitrogênio. O acumulador deve estar, para tanto, sem pressão de óleo.

A temperatura de serviço não deve ser medida apenas no reservatório de óleo, mas entre outros elementos, como, por exemplo, entre os mancais da bomba. Um aumento de temperatura indica desgaste (crescente atrito e vazamento interno com transformação de energia hidráulica em calor).

O sistema de tubulação deve ser controlado em intervalos regulares com relação a vazamentos, especialmente em tubulações montadas no subsolo, pois o óleo, além de causar prejuízos e danos no equipamento, pode, em pouco tempo, danificar completamente o piso de concreto.

A pressão principal e a de comando devem ser controladas semanalmente. A alteração da pressão deve ser anotada no manual de manutenção. Uma necessidade de freqüente regulagem de pressão indica, entre outros motivos, um desgaste de válvula limitadora de pressão.

Como visto, o tempo de vida das instalações hidráulicas, com manutenção cuidadosa, depende do tempo de vida dos elementos mecânicos.

O tempo de vida das bombas, normalmente depende do tempo de vida dos mancais de rolamento, que é limitado entre 5000 a 10000 horas de serviço.

Nas válvulas direcionais, o tempo de vida depende da quantidade de movimentos do êmbolo, consequentemente, das ligações do solenóide. Neste caso, é comum haver 10 milhões de ligações.

No caso de válvulas de pressão, o tempo de vida depende da quantidade de vezes que a válvula abre e fecha. Dessa forma, torna-se difícil determinar o tempo de vida dessa válvula.

Em alguns casos é recomendável, por prevenção, trocar válvulas de pressão no intervalo de 2000 a 3000 horas de serviço da instalação.

12.15 ORGANOGRAMAS PARA LOCALIZAÇÃO DE DEFEITOS

12.15.1 Organograma 01

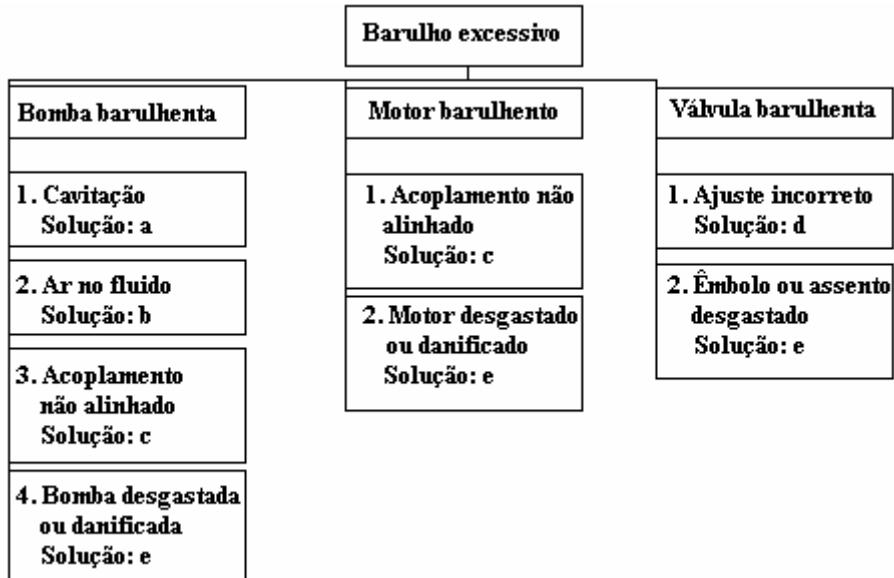


Figura 151 - Organograma de barulho excessivo.

Soluções:

- a) Alguma ou todas as soluções: substituir filtros sujos, eliminar restrição do encanamento na entrada da bomba, limpar o filtro do respiro do reservatório, trocar óleo, verificar a rotação do motor, revisar ou trocar a bomba de superalimentação.
- b) Alguma ou todas soluções seguintes: apertar as conexões, encher o reservatório ao nível certo (com raras exceções, todas as linhas de descarga devem ser mergulhadas no óleo), sangrar o ar do sistema, substituir o retentor da bomba.
- c) Alinhar a unidade e verificar a condição dos retentores e rolamentos.
- d) Instalar manômetros e regular a pressão correta.
- e) Revisar e substituir.

12.15.2 Organograma 02

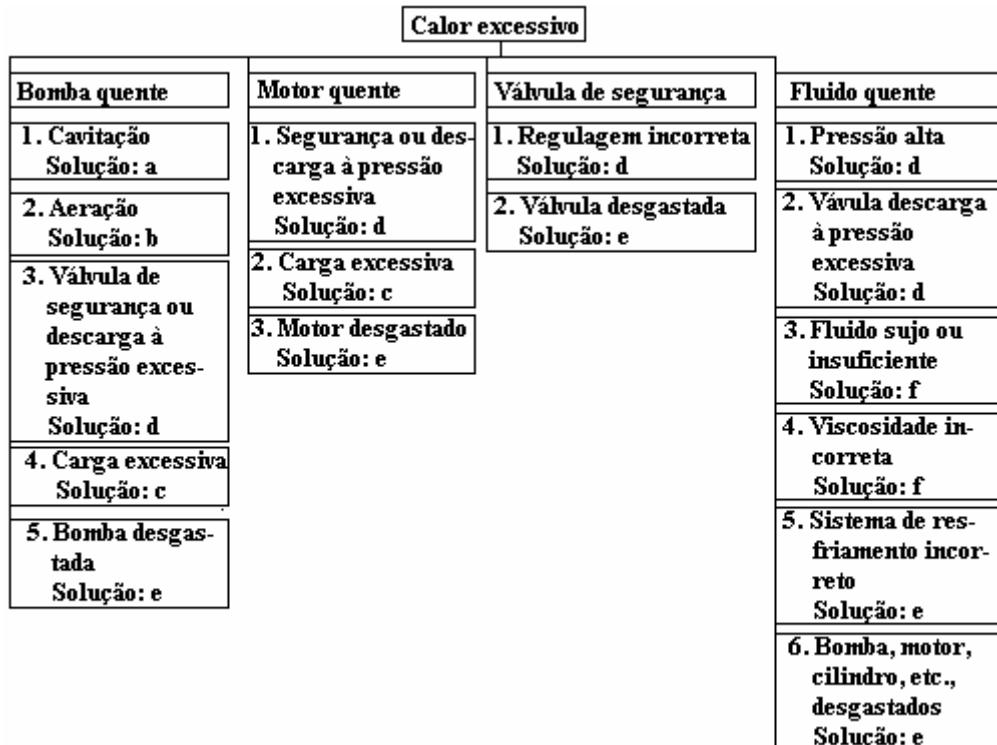


Figura 152 - Organograma de calor excessivo.

Soluções:

- Alguma ou todas as soluções seguintes: substituir filtros sujos, limpar e desentupir o encanamento na entrada da bomba, trocar o óleo, verificar a rotação do motor, revisar ou substituir a bomba de superalimentação.
- Alguma ou todas as soluções seguintes: apertar conexões com vazamento, completar ao nível certo o óleo no reservatório, sangrar o ar do sistema, trocar o retentor da bomba.
- Alinhar a unidade e verificar a condição dos retentores e rolamentos, localizar e corrigir qualquer engripamento mecânico, verificar com desenho se existir sobrecarga.
- Regular com manômetro a pressão correta do trabalho.
- Revisar e substituir.
- Substituir filtros como também o óleo, se a viscosidade não estiver correta. Completar ao nível certo o óleo no reservatório.

12.15.3 Organograma 03

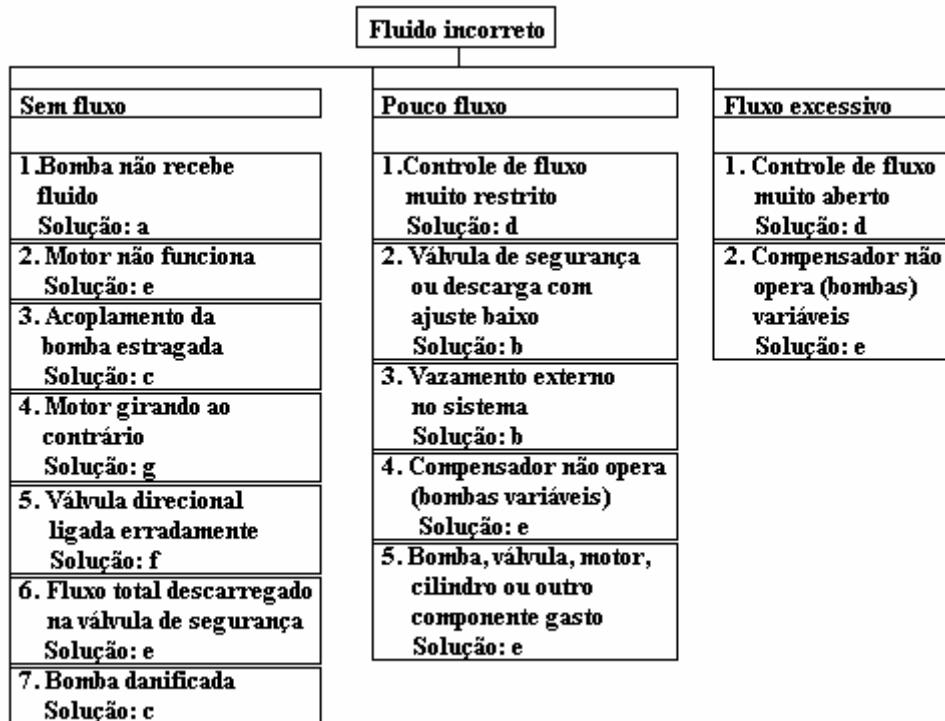


Figura 153 - Organograma de fluido incorreto.

Soluções:

- Algumas ou todas as soluções seguintes: substituir filtros sujos, limpar ou desentupir o encanamento na entrada da bomba, limpar o respiro do reservatório, verificar o nível do óleo, revisar ou substituir a bomba de superalimentação.
- Apertar as conexões com vazamento, sangrar o ar do sistema.
- Verificar a bomba ou o motor – substituir e alinhar o acoplamento.
- Ajustar.
- Revisar.
- Verificar a posição de controles manuais, verificar o circuito elétrico nos controles operados por solenóides.
- Inverter a direção de rotação.

12.15.4 Organograma 04

Pressão incorreta			
Sem pressão	Baixa pressão	Pressão irregular	Pressão excessiva
1. Sem fluxo Solução: O*/3 C*/A	1. Óleo escapando através da passagem existente Solução: O/3 C/A e B 2. Válvula redutora de pressão ajustada para menos Solução: d 3. Vazamento externo excessivo Solução: e 4. Válvula redutora de pressão gasta ou danificada Solução: e	1. Ar no fluido Solução: d 2. Válvula de segurança gasta Solução: e 3. Fluido contaminado Solução: a 4. Acumulador defeituoso ou perda de carga Solução: c 5. Bomba, motor ou cilindro gastos Solução: e	1. Válvula redutora de pressão ou de descarga mal ajustada Solução: d 2. Compensador não opera (bomba variável) Solução: d 3. Válvula redutora de pressão gasta ou danificada Solução: e

Figura 154 - Organograma de pressão incorreta.

*O – organograma

*C – coluna

Soluções:

- Substituir filtros sujos e fluidos do sistema.
- Apertar as conexões com vazamento (completar a nível certo o óleo no reservatório e sangrar o ar do sistema).
- Verificar a válvula do acumulador para possível vazamento, carregá-lo à pressão correta, revisá-lo se for defeituoso.
- Ajustar.
- Revisar ou substituir.

12.15.5 Organograma 05

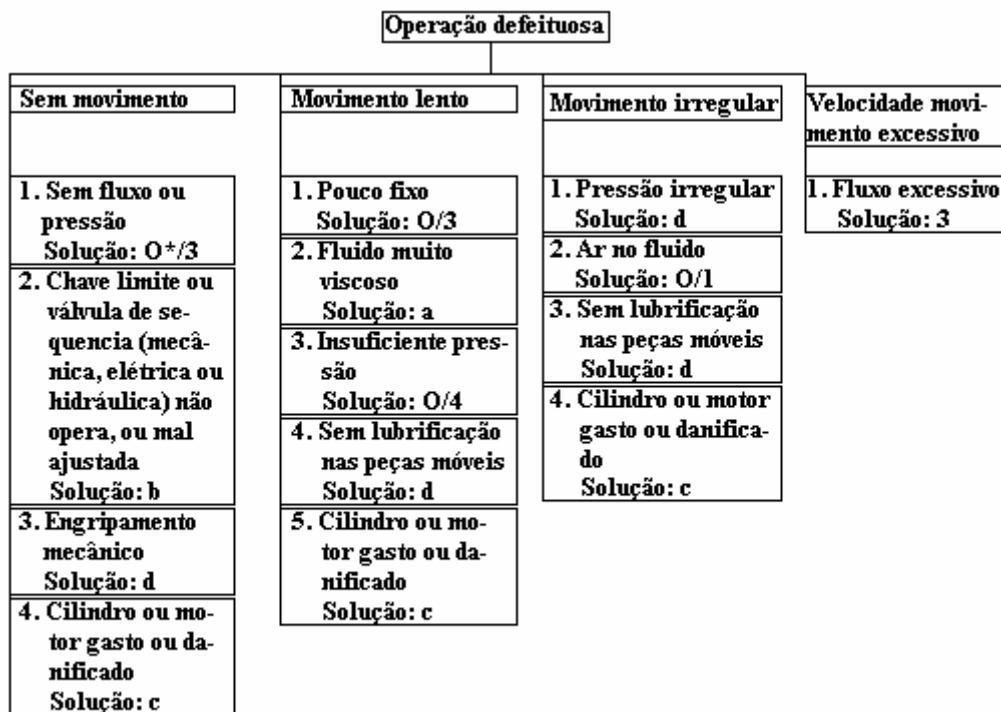


Figura 155 - Organograma de operação defeituosa.

*O – organograma

Soluções:

- O fluido pode estar muito frio ou deve ser substituído por óleo limpo e de viscosidade correta.
- Localizar e corrigir o engripamento.
- Revisar ou substituir.
- Lubrificar.

12.16 MONTAGEM DE COMPONENTES

A desmontagem e montagem de componentes deverá ser feita num ambiente de limpeza absoluta pois várias peças têm tolerâncias muito pequenas e muitas superfícies são submetidas a um acabamento de lapidação. Impurezas irão danificar em curto período de tempo esses elementos, acarretando vazamentos internos.

Alguns cuidados especiais devem ser tomados na montagem dos componentes hidráulicos:

- As peças devem ser lavadas e pré-lubrificadas.
- As carcaças e alojamentos devem ficar livres de resíduos de qualquer natureza, cavacos, cascas de tinta, fiapos de estopa.
- As juntas devem estar livres de rebarbas.
- Os retentores devem ser pré-lubrificados e colocados na direção certa, sem cortes ou esfoladuras.
- As folgas devem ser obedecidas.
- Os parafusos devem ser apertados com torque e seqüência certos, evitando distorções.

Imediatamente após a montagem, devem-se fechar todos os orifícios com tampas de plástico ou outro material que não solte fiapos.

12.17 MANUTENÇÃO PLANIFICADA

Anos atrás, a manutenção dos sistemas hidráulicos era executada somente após o aparecimento de uma irregularidade.

Nas máquinas modernas, com seus planos de alta produção e o custo elevado das paralisações, poucas companhias podem se dar ao luxo de operar desta maneira.

O que muitas delas assim fazem entretanto, é evidenciado pela espécie de problemas, encontrados pela equipe de manutenção dos fabricantes de máquinas, em resposta às queixas de seus clientes.

Aqui estão vários que ocorrem mais freqüentemente:

- 1 – Insuficiência de óleo no reservatório.
- 2 – Filtros de óleo sujos ou entupidos.
- 3 – Linhas de entradas frouxas ou desapertadas.
- 4 – Eixo girando em direção errada.
- 5 – Qualidade imprópria de óleo (excessiva ou baixa viscosidade).
- 6 – Ajuste inadequado da pressão de operação (muito alto ou muito baixo).

É óbvio que todos estes problemas poderiam ter sido evitados com apenas um conhecimento básico de hidráulica e com atenção aos simples métodos de manutenção.

As despesas envolvidas para manter um programa planificado de manutenção, são recuperadas muitas vezes pela redução dos custos de operação e pela economia obtida na continuidade de operação das máquinas.

Tal programa, começa com o estudo do sistema, uma seleção dos componentes de boa qualidade e tamanhos adequados para os tubos, encanamentos e mangueiras hidráulicas.

Uma instalação cuidadosa deve assegurar:

- Válvulas e atuadores rigidamente montados;
- Linhas inteiramente limpas e curvas adequadas;

Tubulações apertadas suficientemente para evitar vazamentos, mas sem exagero para não causar distorções.

A montagem completa deve assegurar facilidade de acesso para todas as unidades, particularmente aos filtros (de sucção ou micrônico), buchas de enchimento, manômetros, visor e outros componentes similares que requerem atenção periódica.

Uma vez abastecido com um fluido de boa qualidade, recomendado nas especificações dos fabricantes, o sistema oferecerá operação eficiente e livre de problemas.

Para assegurar que esta espécie de rendimento seja permanente, um certo cuidado tornar-se-á necessário. (Muitas companhias acharam possível reduzir suas despesas de manutenção, após adotar um programa bem planificado de manutenção).

Com o próprio fluido servindo como lubrificante, unido com uma proteção à sobrecarga, um sistema hidráulico é razoavelmente auto-suficiente.

Como qualquer outro mecanismo ele deve ser operado dentro dos limites recomendados.

Excesso de velocidade, altas taxas de pressão, temperatura, fluido contaminado, tendem a diminuir sua eficiência e reduzir sua vida útil. Os responsáveis pela manutenção e os operadores das máquinas podem ser facilmente treinados para reconhecer os sinais e sintomas de qualquer anomalia na parte hidráulica.

O operador pode perceber qualquer ruído estranho, sentir uma excessiva temperatura de operação, notar vazamentos nas linhas ou na instalação e manchas de óleo sobre ou ao redor de uma máquina.

Fazendo tais observações, um mecânico de manutenção bem treinado pode num relance notar a cor do fluido e o nível do reservatório pelo visor.

Óleo de coloração anormal ou sujo indica a necessidade de trocar o elemento do filtro e possivelmente o próprio óleo.

É estimado em 70% aproximadamente, os problemas hidráulicos que podem ser resolvidos diretamente com o fluido.

A análise periódica do óleo é o maior fator para a obtenção de bom rendimento.

Uma bomba ruidosa pode ser o resultado de desgaste normal mas pode também ser causado por cavitação, devido a uma obstrução no filtro de entrada.

Vazamento de ar através da linha de entrada ou de um retentor do eixo gasto ou estragado causará um barulho semelhante na bomba.

Se o barulho é devido à entrada de ar na bomba, o fluido no reservatório estará coberto de espuma.

Uma vez introduzido no fluido o ar causa movimentos irregulares nos motores e cilindros.

Atuadores lentos ou com movimentos irregulares podem ser o resultado da baixa temperatura do óleo ou de sua excessiva viscosidade.

Mais freqüentemente é o resultado de vazamentos internos através do próprio atuador ou algum de seus controles.

Uma bomba gasta também pode ser a responsável pelo movimento vagaroso do atuador, mas se ele não se move, a bomba estaria deslizando sua vazão total, e isto é bastante improvável.

Parafusos ou suportes de montagem mal apertados podem causar mau alinhamento entre a bomba e o motor ou nos circuitos hidráulicos. Se não for logo corrigido, tal defeito poderá resultar em desgastes prematuros dos retentores ou danos mais elevados.

Uma manutenção adequada reduzirá os problemas hidráulicos a um mínimo.

A verificação dos defeitos será uma parte normal da manutenção de rotina.

12.18 MANUTENÇÃO DE BOMBAS

Resolver problemas é mais complexo do que apenas saber o que fazer: é necessário saber como fazê-lo e para fazer um bom trabalho, devemos ter as ferramentas apropriadas. A resolução eficiente de problemas, exige que se siga um sistema e as sugestões abaixo são importantes:

- a) Conheça o princípio de operação do sistema no qual você faz a manutenção. Leia as instruções do fabricante e estude atentamente os diagramas.
- b) Use as ferramentas corretas de maneira correta. Alguns componentes de sistemas hidráulicos são delicados e requerem uma maneira especial para fazê-los funcionar.
- c) Não “quebre galhos” – gaste o tempo necessário para fazer o trabalho certo.
- d) Não experimente a não ser que esta seja a sua última tentativa. O fabricante gastou muito tempo em projetar, construir e testar o equipamento. Isso não quer dizer que você não possa introduzir melhorias – mas seja cauteloso.
- e) Pense em segurança – a maioria dos equipamentos hidráulicos modernos trabalham na faixa de 7 a várias centenas de kg/cm^2 , pressões altas são perigosas. Se você tiver que trabalhar em um sistema sob pressão tome todo cuidado. A maneira mais segura de trabalhar em qualquer máquina é desligá-la antes.

12.18.1 Bomba Barulhenta

i) Ar no sistema ou entrada de ar no sistema.

- Verifique se o reservatório de óleo está cheio até o nível normal e que a tomada de óleo está abaixo da superfície do óleo .
- Verifique as gaxetas das bombas, conexões das tubulações e todos os outros pontos onde o ar possa entrar no sistema. Uma boa maneira de verificar um ponto suspeito do lado de sucção da bomba, é derramar óleo por cima do mesmo. Se parar o barulho da bomba, sabe-se que encontrou o vazamento.

ii) Bolhas de ar no óleo, do lado de sucção.

- Se o nível de óleo está abaixo ou a linha de retorno de óleo estiver instalada acima do nível do óleo, aparecerão bolhas no óleo dentro do reservatório. Verifique o nível de óleo e a posição de retorno de óleo.

iii) Cavitação (a formação de vácuo numa bomba quando não recebe óleo suficiente).

- Verifique se há linhas de sucção entupidas ou estranguladas, ou um respiro entupido no reservatório.
- Verifique as telas filtrantes do lado de sucção. A viscosidade do óleo talvez seja muito alta.
- Verifique as recomendações originais.

iv) Peças soltas ou gastas na bomba.

- Verifique em primeiro lugar as recomendações de manutenção do fabricante. O simples apertar de qualquer rosca ou parafuso nem sempre é a maneira certa de fazer parar um vazamento. Normalmente não há

possibilidade de compensar o desgaste de uma peça. É sempre melhor substituí-la. O óleo em uso pode ser do tipo ou qualidade inadequada.

- Verifique as recomendações.

v) Palhetas, válvulas, pistões, etc. presos.

- As peças podem estar presas por cavacos metálicos, pedaços de estopa, etc. Se assim for, desmonte e limpe bem. Evite o uso de limas, lixa, martelos de aço, etc., sobre superfícies usinadas. Também os produtos provenientes da degradação do óleo podem prender peças, tais como gomas, borras, vernizes e lacas. Use solvente para limpar as peças e seque bem antes de tornar a montar. Se as peças estiverem presas por causa de corrosão e ferrugem, provavelmente terão que ser trocadas.
- Verifique se o óleo possui resistência suficiente à deterioração e que proporcione proteção adequada contra a ferrugem e corrosão.

vi) Filtros e telas muito sujos. Filtros muito pequenos.

- Os filtros e telas devem estar limpos para permitir um fluxo adequado de óleo.
- Verifique a capacidade do filtro.
- Verifique se o filtro original não foi substituído por um de capacidade menor. Use óleo de qualidade suficiente para prevenir a rápida formação de borras.

vii) A bomba está girando muito rápida.

- Verifique a rotação recomendada.
- Verifique as razões das polias e engrenagens.
- Verifique se alguém trocou o motor por outro de rotação maior.

viii) A bomba está desalinhada.

- Verifique o alinhamento. O desalinhamento pode ser causado por distorções térmicas.

12.18.2 A Bomba Não Bombeia

i) O eixo da bomba gira no sentido contrário.

- Pare imediatamente. Alguns tipos de bombas podem trabalhar em ambos os sentidos sem causar danos, outros devem girar num só sentido. Verifique polias, correias, engrenagens e ligações elétricas do motor. A troca das conexões em motores trifásicos é a causa mais comum para rotação invertida.

ii) A tomada de óleo está entupida.

- Verifique a tubulação entre o reservatório e bomba. Certifique-se de que os filtros e telas estão limpos.

iii) Baixo nível de óleo.

- Verifique se o óleo está no nível correto do reservatório. A linha de succão deve estar abaixo do nível de óleo.

iv) Entrada falsa de ar na sucção.

- Uma entrada falsa de ar no lado de sucção da bomba, causa barulho. Despeje óleo sobre os pontos suspeitos de entrada falsa. Se o barulho parar, encontrou a entrada falsa de ar.

v) Velocidade da bomba muito baixa.

- Algumas bombas fornecem óleo trabalhando com grande faixa de velocidade. Outras têm que trabalhar na velocidade certa para produzir o fluxo desejado. Ache a velocidade recomendada pelo fabricante e verifique a velocidade da bomba, possivelmente com contra-giro. Se a velocidade for muito baixa, verifique o motor.

vi) Óleo não muito viscoso.

- Se o óleo for excessivamente viscoso, alguns tipos de bombas não escorvam. Você pode verificar se a viscosidade do óleo está certa usando um pequeno funil. Obtenha primeiro um pouco de óleo que tem a viscosidade certa. Depois, com ambos os óleos na mesma temperatura, despeje o litro através do pequeno funil. Óleo muito viscoso pode causar sérios danos a um sistema hidráulico. Drene o óleo errado e encha com o óleo de viscosidade correta.

vii) Avarias mecânicas (eixo quebrado, acoplamento solto, etc.).

- Avarias mecânicas são frequentemente acompanhadas por barulho que se pode localizar muito facilmente. Se você tiver que desmontar algo, siga rigorosamente as instruções do fabricante.

12.18.3 Vazamentos em Torno da Bomba

i) Gaxetas gastas.

- Aperte ou troque as gaxetas. O desgaste pode ser causado por abrasivos no óleo. Se você suspeita deste tipo de contaminante, procure por onde os abrasivos possam entrar no sistema.

ii) Pressão do lado da sucção.

- Usualmente é vantajoso ter uma pressão do lado de sucção, apesar de que isso não seja necessário. Se a pressão for alta demais, pode haver vazamentos. Se não necessitar de pressão, e se as peças podem ser mudadas de lugar, então o faça. Caso contrário, não se preocupe com o vazamento. Limpe a bomba periodicamente e se possível, coloque uma bandeja para recolher o óleo.

12.18.4 Sobreaquecimento

i) Óleo muito viscoso.

- Verifique as recomendações. Se você não tem certeza sobre a viscosidade do óleo no sistema, então talvez valha a pena trocar o óleo por outro de viscosidade correta. Condições de temperatura fora da usual, podem fazer com que um óleo de viscosidade certa, afine demais em seu caminho para

a bomba. Se for este caso, um óleo de mais alto índice de viscosidade pode ser a solução.

ii) O vazamento interno é demais.

- Verifique se há desgaste e gaxetas soltas. A viscosidade do óleo talvez seja muito baixa. Verifique as recomendações. Sob condições desusuais de trabalho a temperatura pode elevar-se demais reduzindo a viscosidade do óleo recomendado. Proceda com cuidado se você tiver a idéia de usar um óleo mais viscoso.

iii) Pressão de descarga excessiva.

- Se a viscosidade do óleo for normal, as dificuldades podem estar sendo causadas por ajuste excessivo da válvula de alívio. Se este for o caso, abaixe a pressão da válvula.

iv) Peças da bomba mal ajustadas.

- Peças mal ajustadas podem causar atrito excessivo. Verifique se há sinais de atrito excessivo. Esteja certo de que todas as peças estão bem alinhadas.

v) Resfriador de óleo entupido.

- Em qualquer máquina equipada com resfriador de óleo, é provável encontrar-se altas temperaturas. Se a temperatura normalmente está alta, aumenta ainda mais se as passagens do resfriador estiverem obstruídas. Se você encontrar um resfriador obstruído, tente limpá-lo com ar comprimido. Se isso não ajudar tente usar solventes.

vi) Baixo nível de óleo.

- Se o nível do óleo está baixo, haverá menos óleo para dissipar o calor. Isso resulta em aumento de temperatura, especialmente em máquinas sem resfriador de óleo. Assegure-se que o óleo está no nível correto.

12.18.5 Funcionamento Irregular

i) Válvulas ou pistões presos ou de movimento difícil.

- Em primeiro lugar inspecione a parte suspeita quanto a deficiências mecânicas tais como desalinhamento de um eixo, mancais gastos, etc. Depois procure evidência de sujeira, borra, vernizes e lacas produzidas pelo óleo deteriorado. Pode consertar-se deficiências mecânicas, mas não se esqueça que estas deficiências são causadas freqüentemente pelo uso de óleo errado.

ii) A máquina está “preguiçosa” quando começa operar.

- Um sistema hidráulico que não trabalha corretamente no início da operação pode ter como causa um óleo excessivamente viscoso sob a temperatura de partida. Se você puder esperar alguns minutos, o óleo poderá afinar o suficiente para operar satisfatoriamente. Entretanto, se o óleo não afinar ou se a temperatura ambiente continuar baixa, você terá que usar um óleo de mais baixa viscosidade, com mais baixo ponto de

mínima fluidez ou talvez, um óleo com índice de viscosidade mais elevado. Sob condições severas, aquecedores de imersão terão que ser usados para pré-aquecer o óleo.

12.18.6 Baixa Pressão No Sistema

i) Válvula de alívio com baixa pressão.

- Se a válvula de alívio estiver ajustada com muito baixa pressão, o óleo flui da bomba através da válvula para o reservatório, sem chegar ao ponto de utilização. Para verificar o ajuste da válvula de alívio, bloquee a linha de descarga além deste e meça a pressão na linha de descarga.

ii) Válvula de alívio presa na posição aberta.

- Procure sujeira ou borra na válvula. Se a válvula estiver suja, desmonte e limpe. Válvula presa pode ser sinal de que o sistema contém óleo sujo ou deteriorado. Verifique que o óleo tem resistência suficientemente elevada contra deterioração.

iii) Vazamento no sistema.

- Verifique o sistema todo quanto a vazamentos. Vazamentos sérios em linhas descobertas são fáceis de detectar, mas os vazamentos acontecem freqüentemente em tubulações cobertas. Uma maneira de achar vazamentos é instalar um manômetro no lado de descarga próxima à bomba, e depois bloquear progressivamente partes do circuito. Quando o manômetro acusar diferença, ter-se-á encontrado o vazamento entre este ponto e a bomba.

iv) Peças da bomba quebradas, gastas ou presas.

- Instale o manômetro e bloquee o sistema num ponto próximo à válvula de alívio. Se não houver variação de pressão e a válvula de alívio estiver em boas condições, poderá haver defeito mecânico na bomba. Troque peças gastas ou quebradas.

v) Regulagem incorreta da válvula de controle, óleo em curto-circuito ao reservatório.

- Se as válvulas de controle direcional forem colocadas sem intenção na posição “neutra” o óleo voltará ao reservatório sem encontrar nenhuma resistência apreciável e haverá pouca pressão. Também pistões e cilindros arranhados de válvulas de controle podem causar esta dificuldade. Troque as peças gastas.

12.19 MANUTENÇÃO DE EQUIPAMENTOS PNEUMÁTICOS

A manutenção de qualquer equipamento pneumático deve ser realizada em local apropriado, dando-se especial atenção à limpeza para evitar a penetração de elementos estranhos no interior das válvulas.

Outros fatores básicos para a manutenção das válvulas são: ter em mãos o desenho em corte de equipamento e conhecer seu funcionamento.

Para efetuar reparos em válvulas ou cilindros, deve-se desmontá-los e trocar todo o “kit”. Quando são trocadas apenas algumas guarnições, há uma economia aparente já que irão trabalhar em um mesmo elemento componentes com tempos de vida útil diferentes entre si, isso reduzirá os intervalos entre os reparos futuros.

Tipo do defeito
- Possíveis causas
- <i>Solução</i>

12.19.1 Filtros de Ar

Nas tabelas abaixo estão os procedimentos de manutenção para filtros pneumáticos.

O filtro não separa a sujeira e o condensado
- o filtro foi montado ao contrário
- o cartucho filtrante está quebrado
- <i>montar corretamente</i>
- <i>substituir o cartucho filtrante</i>

Filtro deixa passar muito condensado
- o cartucho filtrante é muito poroso (malha aberta)
- o nível do condensado no copo está acima da marca
- <i>substituir por cartucho de porosidade menor</i>
- <i>drenar o condensado com maior freqüência</i>

O copo do filtro fica cheio com muita freqüência
- excesso de condensado na linha
- tubulação mal projetada, subdimensionada, tomadas de ar na linha principal fora das normas
- o compressor está no limite ou mal instalado (local)
- <i>drenar as linhas com maior freqüência, ou instalar dreno automático</i>
- <i>revisar a tubulação, calcular sua vazão e comparar com o consumo</i>
- <i>verificar o compressor, instalar um trocador de calor (se preciso), ou um secador de ar</i>

O filtro fica cheio de óleo e entope facilmente com substâncias escuras
- compressor está perdendo óleo ou sobreaquece, enviando partículas de óleo queimando junto com o ar comprimido
- <i>verificar e consertar o compressor</i>

O copo quebra, racha, ou se deforma
- instalação próxima a alguma fonte de calor
- o óleo proveniente do compressor possui solventes que atacam o copo plástico
- <i>mudar o lugar de instalação</i>
- <i>analisar o óleo do compressor e substituí-lo</i>

12.19.2 Regulador de Pressão

Nas tabelas abaixo se vê os procedimentos de manutenção para os reguladores de pressão.

Regulador apresenta vazamento pelo furo de escape

- regulador está montado ao contrário
- a membrana está perfurada
- defeito no sistema de vedação central
- *montar corretamente (acompanhar o sentido da seta)*
- *substituir a membrana*
- *examinar e substituir o assento ou a agulha*

Regulador não perfaz sua função

- pressão de entrada é insuficiente
- mola presa
- o manômetro está emperrado
- o manômetro está descalibrado
- membrana perfurada ou estragada
- *verificar a pressão da linha*
- *soltar ou substituir a mola*
- *soltar e limpar*
- *verificar com outro manômetro*
- *substituir a membrana*

A pressão na saída oscila

- a pressão de entrada está abaixo da pressão requerida
- regulador subdimensionado (o consumo é maior que a vazão do regulador)
- tubulação de alimentação subdimensionada
- *verificar a pressão de entrada durante o consumo*
- *substituir por outro maior*
- *redimensionar a tubulação*

12.19.3 Lubrificador

Nas tabelas abaixo se vê os procedimentos de manutenção para os lubrificadores.

Não existe lubrificação no equipamento

- nível do óleo muito abaixo da marca indicativa
- lubrificador mal regulado (fechado)
- lubrificador entupido, óleo não adequado, filtro sujo
- *completar com óleo adequado*
- *regular o parafuso*
- *colocar o tipo de óleo recomendado, lavar o filtro e lubrificá-lo com querosene*

Lubrificação em demasia

- parafuso mal regulado
- óleo acima o nível máximo lubrificador subdimensionado
- agulha de regulagem danificada

- regular o parafuso conforme a especificação
- retirar o óleo em excesso
- redimensionar o lubrificador
- substituir a agulha

12.19.4 Cilindros de Ação Dupla

Nas tabelas abaixo se vê os procedimentos de manutenção para os cilindros de ação dupla.

O cilindro avança trepidando ou não apresenta uniformidade de avanço

- os reguladores de fluxo estão muito fechados (estrangulados)
- falta de lubrificação
- êmbolo danificado devido à ação de lubrificação inadequada (solventes)
- partes mecânicas danificadas
- regular ou limpar os reguladores de fluxo
- lubrificar, verificar o conjunto filtro-regulador-lubrificador e regulá-lo
- substituir o êmbolo
- substituir as partes danificadas

O cilindro não tem força

- êmbolo danificado permitindo vazamento entre câmaras
- o êmbolo ou a haste do êmbolo está emperrado
- a pressão de serviço está abaixo do especificado
- injetar ar por uma das conexões e verificar se existe vazamento (na outra conexão), caso afirmativo, substituir o êmbolo
- sem ar, procurar acionar o cilindro manualmente, verificar se existem marcas de engripamento, caso afirmativo, substituir as peças danificadas
- ajustar pressão ou verificar pressão da linha

Quando o cilindro se move, verifica-se o escape de ar na exaustão de válvula de comando, após a parada do cilindro o escape de ar persiste

- êmbolo danificado, vazamento de uma para a outra câmara do cilindro
- soltar, sob pressão, a mangueira (ou tubo) que estiver ligada à exaustão da válvula, se houver vazamento, substituir o êmbolo, caso contrário, o defeito está na válvula de comando

O cilindro apresenta vazamento pela haste

- a vedação interna do cabeçote do cilindro está gasta ou danificada (anéis ou gaxeta de duplo lábio)
- desmontar o cilindro e substituir a vedação danificada

O cilindro (com amortecimento no fim de curso) não amortece no final do curso

- parafuso de regulagem mal regulado
- gaxeta ou junta teórica danificada, juntas de amortecimento
- regular o parafuso
- substituir as vedações

12.19.5 Cilindros de Ação Simples

Nas tabelas abaixo se vê os procedimentos de manutenção para os cilindros de ação simples.

O cilindro (de ação simples) não retorna a posição inicial (haste recolhida)
- mola de retorno quebrada
- exaustão dificultada (entupimento, mangueira dobrada, exaustão insuficiente da válvula)
- a carga que ele movimenta é maior que a força da mola, ou existe atrito excessivo
- <i>substituir a mola</i>
- <i>verificar os dutos de ar (ou a causa do estrangulamento)</i>
- <i>verificar a especificação do cilindro, descobrir a causa do atrito</i>

12.19.6 Válvula de Atuação Pneumática

Nas tabelas abaixo se vê os procedimentos de manutenção para as válvulas de atuação automática.

A válvula, em repouso, apresenta vazamento na exaustão
- o êmbolo do cilindro está danificado
- a vedação interna está gasta ou danificada
- sujeira no assento da válvula
- <i>verificar o cilindro (veja cilindros de ação dupla)</i>
- <i>desmontar e verificar o estado de vedação, substituir, de preferência, todas as vedações (jogo de reparo)</i>
- <i>desmontar e lavar com querosene</i>

A válvula recebe sinal mas não comuta
- sinal insuficiente (pressão baixa)
- carretel ou corrediça emperrada
- membrana ou êmbolo do carretel danificado
- <i>verificar a pressão e a vazão do sinal</i>
- <i>lavar com querosene e lubrificar ligeiramente com graxa de silicone</i>
- <i>substituir a membrana ou êmbolo</i>

Em uma válvula de duplo piloto se verifica vazamento na(s) conexão(ões) de pilotagem
- vedação entre a alimentação da válvula e a conexão piloto danificadas
- gaxeta, êmbolo ou juntatória (nas extremidades do carretel danificado)
- <i>substituir a vedação</i>
- <i>verificar qual elemento está danificado</i>

As válvulas de atuação pneumática e retorno por mola não comutam
- pressão de pilotagem baixa
- atritos internos
- membrana do carretel danificada
- <i>verificar as características da válvula e aumentar a pressão de pilotagem</i>
- <i>desmontar, lavar com querosene, lubrificar</i>
- <i>substituir</i>

Comutam, mas não retornam à posição inicial
- atritos internos
- mola quebrada ou enfraquecida
- o sinal de pilotagem não exauriu, entupimento no retorno, emissor de sinal inadequado
- <i>desmontar, lavar, lubrificar</i>
- <i>repor a mola</i>
- <i>verificar o emissor de sinal, desobstruir os dutos</i>

12.19.7 Válvulas de Atuação Elétrica

Nas tabelas abaixo se vê os procedimentos de manutenção para as válvulas de atuação automática.

A válvula não comuta
- falta de sinal de comando
- o núcleo da bobina está emperrado
- demais causas não mecânicas
- <i>verificar se o sinal elétrico chega até o solenóide</i>
- <i>desmontar e averiguar a causa do atrito</i>
- <i>proceder como com as demais válvulas</i>

A bobina do solenóide apresenta ruído (zumbido)
- a tensão do sinal inadequada
- o induzido está com folga excessiva ou a mola enfraqueceu
- <i>medir a tensão corrigir</i>
- <i>verificar a folga (comparar com uma nova) e substituir a mola (original)</i>

As válvulas de atuação elétrica com servocomando não comutam
- causas anteriormente expostas
- falta de ar de alimentação no servopiloto
- membranas ou êmbolos de comando da válvula principal danificados
- <i>verificar</i>
- <i>verificar e desobstruir, lavar, lubrificar</i>
- <i>desmontar e substituir (jogo de reparo)</i>

Comutação involuntária, mesmo sem sinal elétrico
- vedação do induzido do solenóide com a sede da válvula-piloto danificada, apresentando vazamento para a válvula principal
- mola fraca
- sujeira e atrito no induzido
- verificar o assento da válvula e a vedação do induzido, substituir a mola (original)
- <i>desmontar e lavar</i>

Demais válvulas que podem apresentar os mais variados defeitos
- ligação incorreta
- instalação inadequada
- excesso de lubrificação, a conexão de exaustão está montada para cima
- sujeira, condensado em demasia, causando oxidação
- lubrificação inadequada, óleo não especificado

- verificar o esquema de ligações
- consultar o fabricante
- regular o lubrificador, verificar o estado do silenciador, virar a exaustão para baixo, para evitar o acúmulo de óleo

13 CIRCUITOS HIDRÁULICOS PNEUMÁTICOS

Os circuitos hidráulicos pneumáticos são constituídos por um conjunto de elementos distintos.

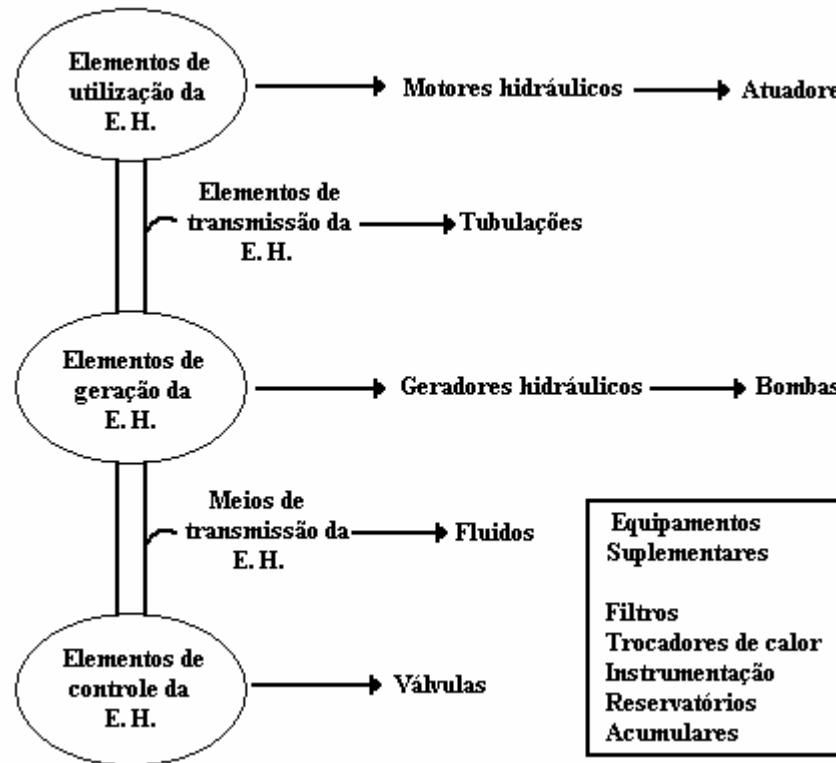


Figura 156 - Elementos de circuitos hidráulicos pneumáticos.

13.1 ELEMENTOS DE UTILIZAÇÃO DA ENERGIA HIDRÁULICA

Energia hidráulica → Motor hidráulico → Energia mecânica

Pressão atua e transforma a energia.

Elementos de utilização da E. H. → Motores hidráulicos (atuadores)

O atuador garante a transmissão (movimentação) de um certo mecanismo.
Geração de níveis de força inviáveis em atuação humana e automação.

Atuadores (hidráulico ou pneumático)
Lineares (cilindros)
Rotativos (motores)

13.2 ELEMENTOS DE GERAÇÃO DA ENERGIA HIDRÁULICA

Energia mecânica → Geradores hidráulicos (Bombas) → Energia hidráulica

Elementos de geração da E.H. → Geradores hidráulicos → Bombas (deslocamento volumétrico)

13.3 ELEMENTOS DE CONTROLE DE ENERGIA HIDRÁULICA

Elementos de controle da E.H. → Válvulas → Pressão
Vazão
Direção

13.4 ELEMENTOS DE TRANSMISSÃO DA ENERGIA HIDRÁULICA

Elementos de transmissão da E.H. → Tubulações → Rígida
Flexível
Semi-rígida

13.5 MEIO DE TRANSMISSÃO DA ENERGIA HIDRÁULICA

Meios de transmissão da E.H. → Fluidos → Ar comprimido
Óleos hidráulicos

13.6 EQUIPAMENTOS SUPLEMENTARES

Filtros
Trocadores de calor
Instrumentação
Reservatórios
Acumuladores

13.7 DEFINIÇÃO DE C.H.P.

Sistemas fluidomecânicos que geram, controlam, transmitem e utilizam a energia de pressão de um fluido para acionar mecanismos aplicados em equipamentos industriais.

14 PRODUÇÃO DE AR COMPRIMIDO

Os circuitos pneumáticos necessitam de uma fonte de ar comprimido com pressão constante e com capacidade de fornecer a vazão consumida pelos componentes do circuito. Esta fonte inclui unidade de produção, distribuição e condicionamento de ar conforme figura abaixo:

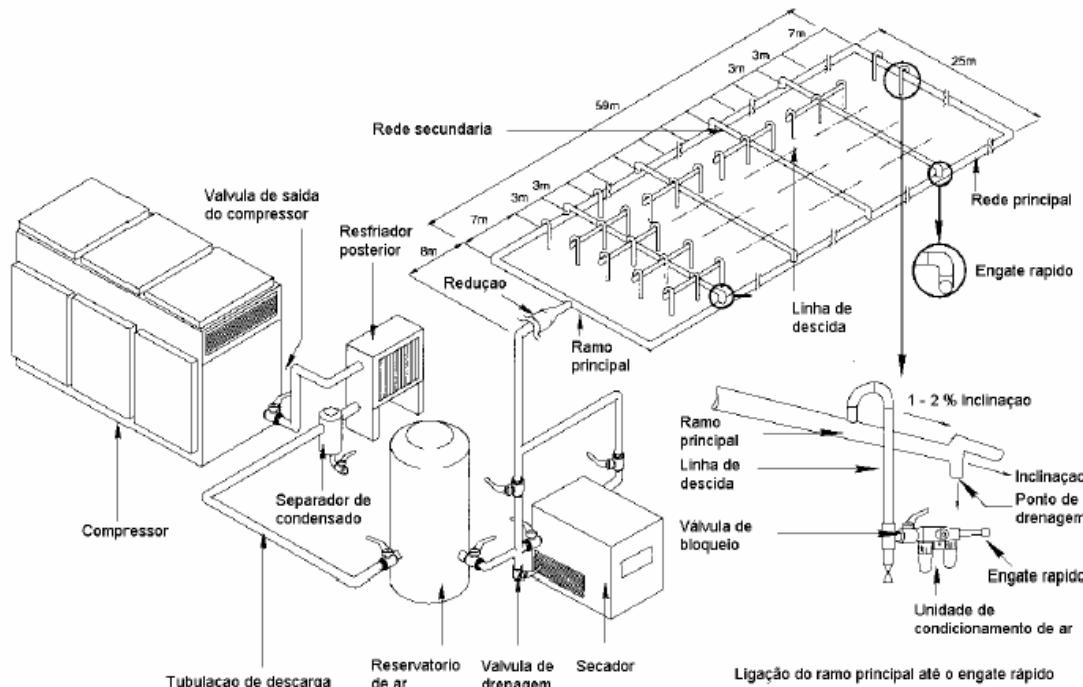


Figura 157 - Unidade de produção de ar comprimido.

A unidade de produção inclui tipicamente os seguintes elementos:

- O compressor com filtro de admissão e, para compressores de dois estágios, de um resfriador intermediário;
- Resfriador posterior;
- Separador condensado;
- Reservatório com válvula de segurança;
- Secador;
- Manômetros;
- Válvulas de alívio;
- Filtros.

Uma unidade de distribuição compõe-se de uma tubulação preferencialmente aérea composta de uma rede principal de onde derivam redes secundárias que alimentam os pontos de ligação dos circuitos pneumáticos conforme ilustrado na figura. Nas extremidades das tubulações de alimentação da rede secundária são instaladas unidades de condicionamento específicas para cada equipamento incluindo válvula reguladora de pressão, purgador (para extração de água condensada na rede) e filtro.

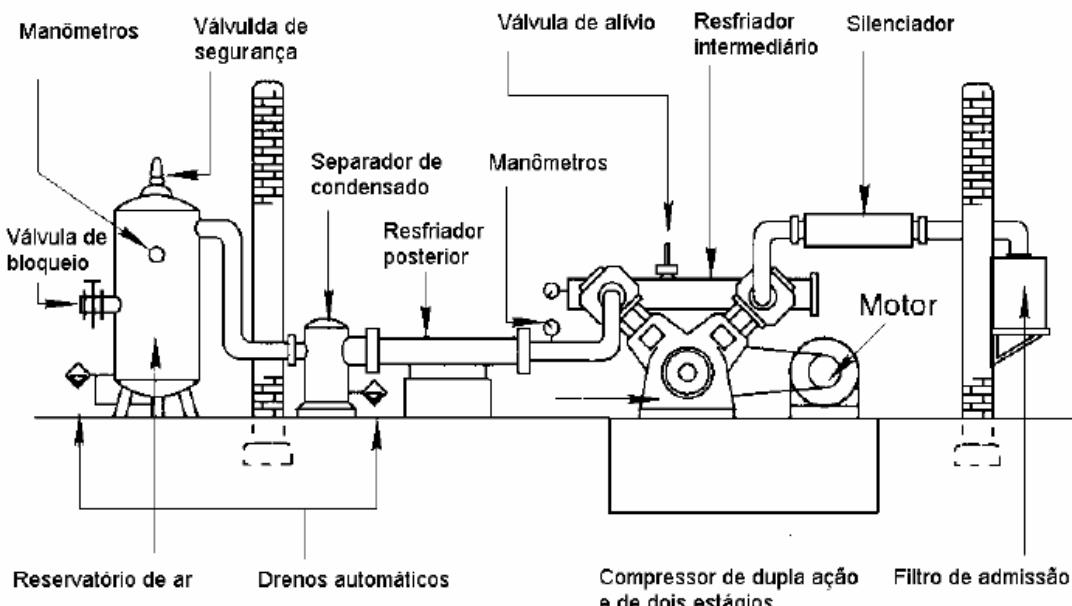


Figura 158 - Unidade de distribuição de ar comprimido.

Os compressores, como qualquer outra bomba, são fontes de vazão e não de pressão. Ou seja, os compressores fornecem uma determinada vazão de ar para o reservatório e a rede de distribuição que, em função da alta compressibilidade do ar, acumula-se nestes provocando o aumento de pressão. Assim, nas tomadas de consumo há ar comprimido a uma pressão constante normalmente da ordem de 7 a 10 bar com flutuações na ordem de ± 1 bar.

14.1 TIPOS DE COMPRESSORES

Compressores de êmbolo com movimento linear:

- Pistão
- de efeito simples;
- de efeito duplo;
- um estágio;
- dois estágios.
- Membrana
- Compressor de êmbolo rotativo
- Multicelular (palhetas)
- Helicoidal de fuso rosqueado
- Roots

Turbocompressor:

- Axial
- Radial

Critérios para escolha de um compressor:

- Volume fornecido: teórico e efetivo;
- Pressão: de regime ou de trabalho;
- Acionamento: motor elétrico ou de explosão (gasolina, álcool ou diesel);

Regulagem:

- de marcha em vazio:
 - regulagem por descarga – atingindo a regulagem máxima, o ar escapa livremente por uma válvula;
 - regulagem por fechamento – atingindo-se a regulagem, feche-se o lado da sucção;
 - regulagem por garras – usada em compressores de êmbolo – atingindo a regulagem máxima, algumas garras mantêm a válvula de sucção aberta.
- de carga parcial:
 - na rotação;
 - por estrangulamento.
- intermitente: quando o compressor atinge a pressão máxima, o motor é desligado e quando atinge a pressão mínima o motor é ligado.

A pressão na rede é assegurada de diferentes formas, sendo mais comum para compressores de pequeno porte a partida e parada automática do motor de acionamento do compressor. Outras soluções como a descarga para a atmosfera, readmissão do ar comprimido, variação da velocidade do motor de acionamento, variação do rendimento volumétrico e alívio nas válvulas de admissão são aplicáveis para compressores industriais. Todos estes métodos de controle objetivam a redução ou interrupção da vazão fornecida para o reservatório e rede para compatibilizá-la com a vazão que está sendo consumida pelos circuitos pneumáticos e, consequentemente, manter a pressão o mais estável possível.

14.2 REDE DE AR COMPRIMIDO

Depois de comprimido e de ter passado pelo reservatório principal e secadores, o ar segue pela rede. A rede é um circuito fechado que mantém a pressão igual à pressão reinante no interior do reservatório principal.

Para se construir uma rede de ar comprimido, os seguintes parâmetros deverão ser levados em consideração:

- as conexões das tubulações deverão ter raios arredondados para evitar a presença de fluxos turbulentos;
- a linha principal, em regra, deverá ter uma inclinação de aproximadamente 1% em relação ao seu comprimento;

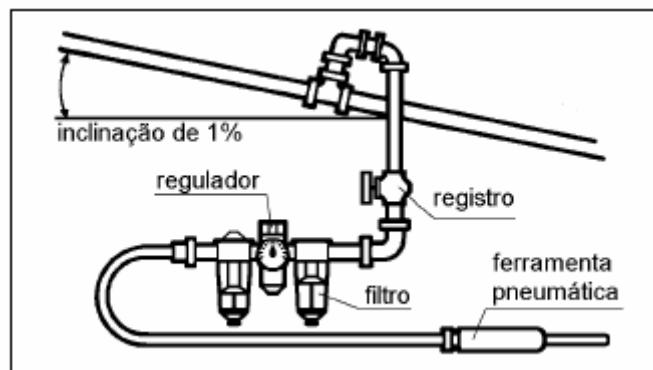


Figura 159 - Cuidados na instalação.

- nos pontos mais baixos deverão ser montados drenos automáticos para drenagem do condensado água-óleo;
- expansões futuras da rede deverão ser previstas em projeto;
- as tomadas de ar deverão estar situadas sempre por cima da rede;
- as tubulações de ar comprimido deverão ser pintadas na cor azul;
- prever, em projeto, a construção de reservatórios auxiliares;
- as tubulações da rede deverão ser aéreas e nunca embutidas em paredes, sendo aéreas, serão mais seguras e de fácil manutenção;
- construir a rede de forma combinada, de modo que se algum ramo tiver de ser interrompido, os demais continuem funcionando para garantir a produção. daí a importância de válvulas ao longo do circuito.

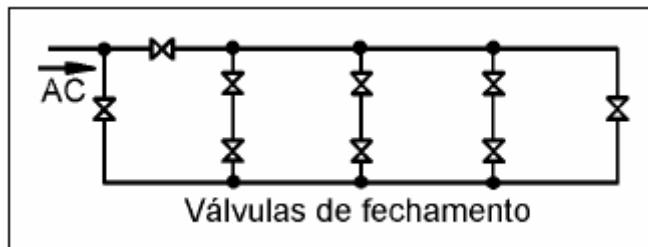


Figura 160 - Válvula de fechamento.

14.3 MANUTENÇÃO DA REDE DE AR COMPRIMIDO

A manutenção da rede de ar comprimido requer os seguintes passos:

- verificar as conexões para localizar vazamentos;
- drenar a água diariamente ou de hora em hora;
- analisar se está tudo em ordem com a f.r.l. (filtro, regulador e lubrificador), de instalação obrigatória na entrada de todas as máquinas pneumáticas.

Alguns fatores influenciam na qualidade do ar no sistema, por isto algumas medidas devem ser tomadas.

14.3.1 Umidade do Ar

A água (umidade) penetra no sistema pneumático pelo próprio ar aspirado pelo compressor.

A quantidade de água depende da umidade relativa do ar que, por sua vez, depende da temperatura e das condições atmosféricas.

Para calcular a umidade relativa do ar, é preciso conhecer primeiro a umidade absoluta e o ponto de orvalho.

Umidade absoluta é a quantidade média de água contida em 1m³ de ar.

Ponto de orvalho é a quantidade máxima de água (na forma de vapor) admitida em 1 m³ de ar a uma determinada temperatura – é chamado também ponto de saturação.

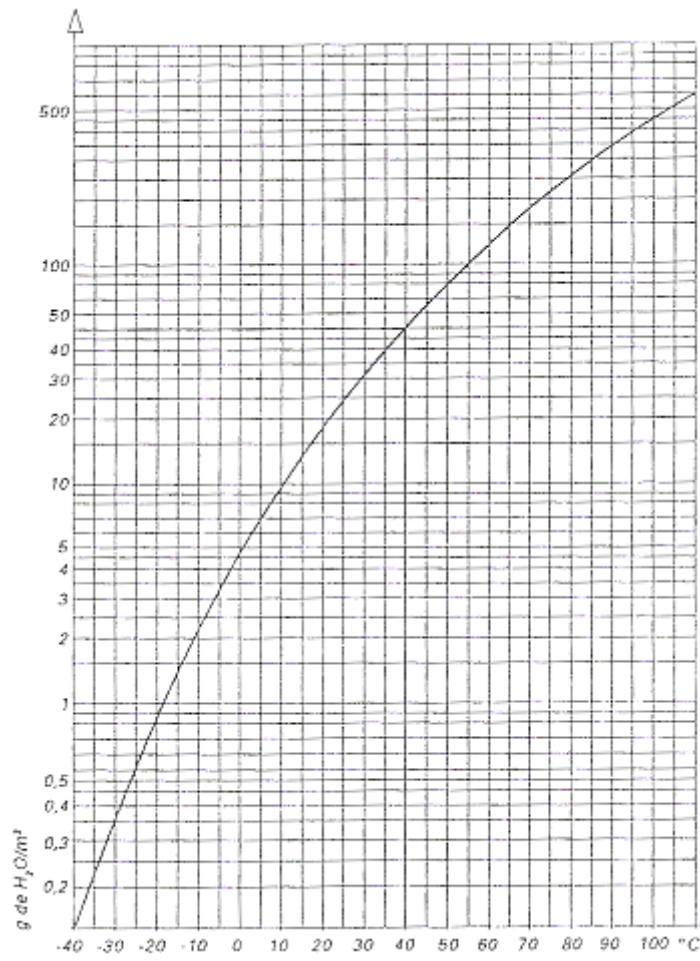


Figura 161 - Gráfico do ponto de orvalho.

Umidade relativa é a razão entre o ponto de orvalho dada em porcentagem, ou seja:

$$ur = \frac{ua}{po} \cdot 100\% \quad (14.1)$$

Sendo que:

ur → umidade relativa

ua → umidade absoluta

po → ponto de orvalho

Essa água condensada se não for retirada do sistema provocará corrosão nas tubulações e nos elementos de comando e de trabalho.

Partículas estranhas como poeira, ferrugem e resíduos de óleo do compressor podem influir negativamente no funcionamento das válvulas pneumáticas.

Para evitar esses inconvenientes, deve-se instalar e fazer a manutenção do filtro de aspiração e do filtro próximo aos pontos de utilização.

14.3.2 Secagem do Ar

Para retirar água do ar de um sistema pneumático usa-se um resfriador ou um secador.

O resfriador serve para retirar água e para evitar acidentes causados pela explosão de mistura ar/óleo acima de 80°C.

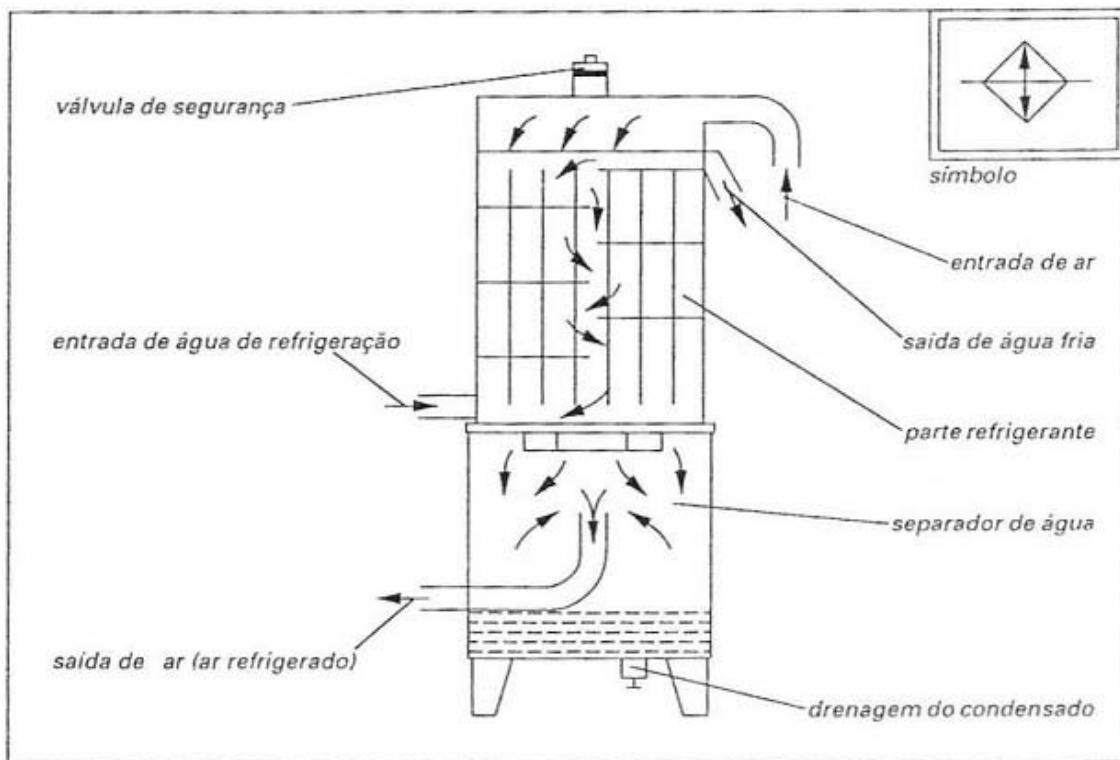


Figura 162 - Secador de ar.

Se o resfriador não for suficiente para obter ar comprimido perfeitamente seco, deverá se utilizar um processo de secagem.

O processo de secagem poderá ser:

- secagem por absorção;
- secagem por adsorção;
- secagem a frio.

14.3.2.1 Secagem por absorção

Uma pré-secagem separa do ar comprimido as gotas maiores de água e de óleo.

No recipiente de secagem, é colocada uma substância que absorve a água do ar. Essa substância reage com a água e deposita-se no fundo do recipiente, por isso ela deve ser substituída regularmente.

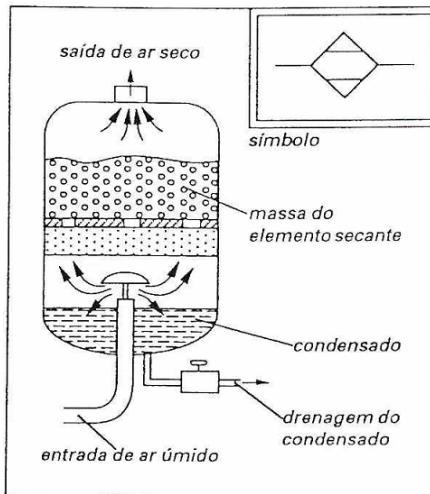


Figura 163 - Secagem por absorção.

As principais substâncias usadas como secantes são cloreto de cálcio, cloreto de lítio, “dry-o lite”.

14.3.2.2 Secagem por adsorção

Da mesma forma que na checagem por absorção, o ar passa primeiro por uma pré-filtragem. A diferença básica entre os dois processos de secagem – adsorção e absorção – está no material secante usado.

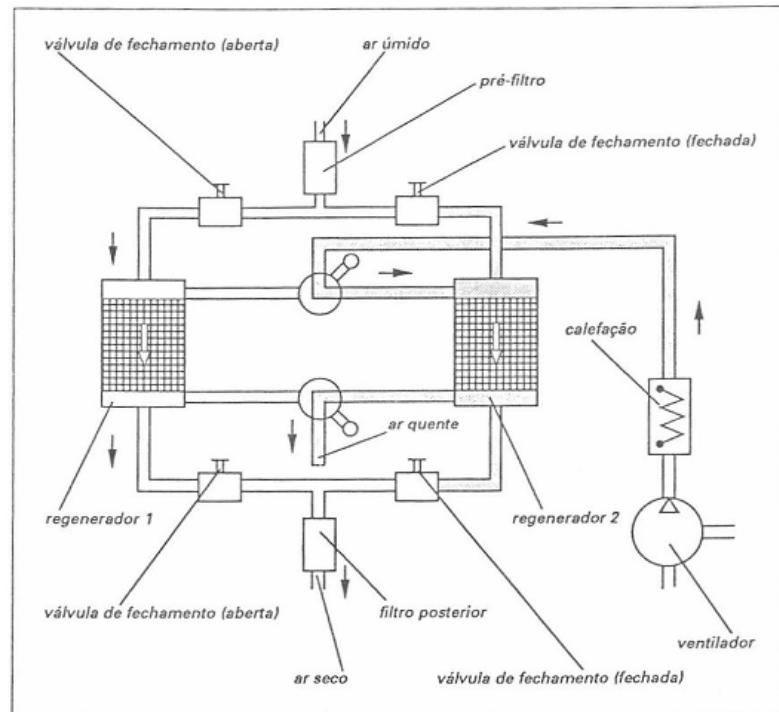


Figura 164 - Secagem por adsorção.

Na adsorção, a molécula de água fica presa na rede cristalina do material secante; na absorção, o elemento secante atrai a água mas não prende em sua rede cristalina.

O material secante usado no processo por adsorção tem a forma granulada e é composto de óxido de silício (SiO_2 - silicagel), ou alumina ativada (Al_2O_3), ou rede molecular $\text{NaAlO}_2\text{SiO}_2$.

Para regenerar o material secante basta soprar ar quente.

Substância adsorvente	Temperatura máxima do ar a ser seco	Temperatura regeneração
SiO_2	50 °C	120 a 180 °C
Al_2O_3	40 °C	175 a 315 °C
$\text{NaAlO}_2\text{SiO}_2$	140 °C	200 a 350 °C

Tabela 23 - Secagem de ar.

Na maior parte dos casos, colocam-se dois secadores em paralelo e, enquanto um está em processo de secagem, o outro está em fase de regeneração e vice-versa.

A capacidade de adsorção da silicagel é limitada e em condições normais deve ser substituída a cada dois ou três anos.

14.3.2.3 Secagem a frio

Quanto menor for a temperatura, menor será a quantidade de água que fica no ar (figura – ponto de orvalho). Com base neste princípio, foi criado o secador a frio.

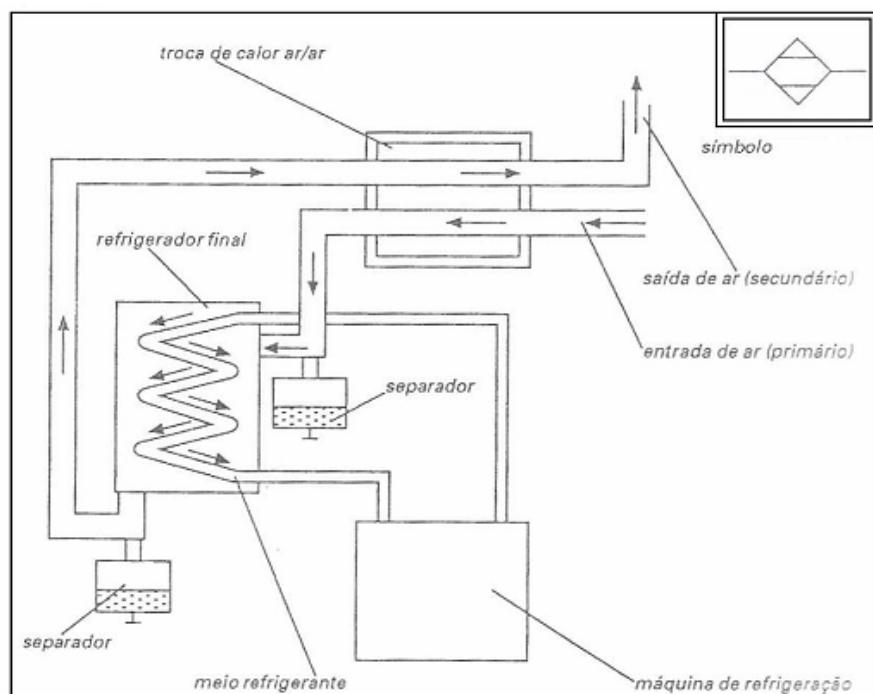


Figura 165 - Secagem a seco.

O ar comprimido a secar flui no secador a frio atravessando primeiramente um trocador de calor ar/ar. Nesse ponto, o ar comprimido quente é pré-esfriado pelo ar comprimido seco e frio, proveniente do ciclo de resfriamento.

Desta forma, o secador ou resfriador assume apenas 40% da carga de trabalho.

O ar comprimido pré-esfriado entra na segunda parte do aparelho refrigerador e, neste ponto, o ar é refrigerado a uma temperatura de aproximadamente 2°C.

O resfriamento processa-se através de uma serpentina que contém um meio refrigerante.

Na saída de cada trocador de calor são separadas água e partículas de óleo do ar.

O ar comprimido seco e frio retorna ao primeiro trocador de calor (ar/ar) e assume a tarefa de esfriar o ar comprimido que está entrando.

14.4 RESERVATÓRIO DE AR COMPRIMIDO

O reservatório serve para estabilizar a distribuição de ar comprimido, eliminando as oscilações da pressão na rede distribuidora provocadas pelo compressor ou pelos momentos de alto consumo de ar.

A grande superfície do reservatório esfria o ar. Dessa forma, parte da umidade contida no ar condensa-se e separa-se do ar no reservatório, saindo pelo dreno.

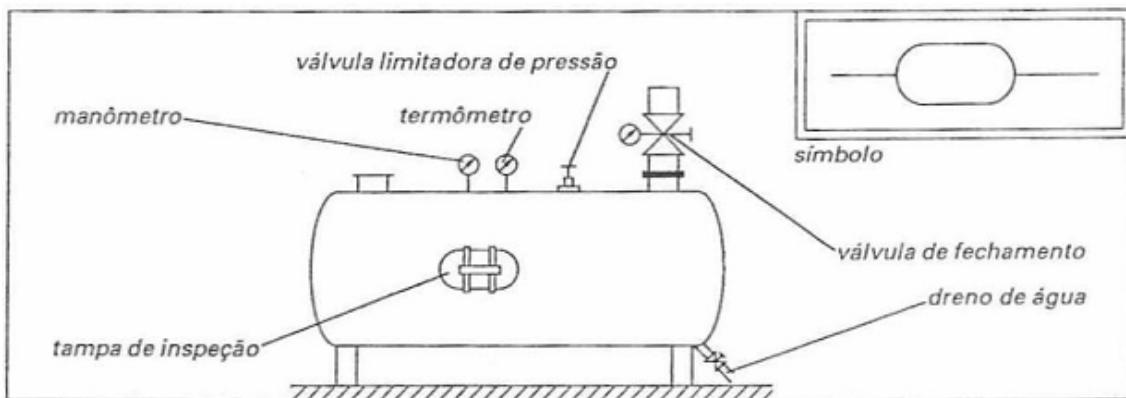


Figura 166 - Reservatório de ar comprimido.

14.5 UNIDADE DE CONSERVAÇÃO

Partículas de pó ou ferrugem e umidade, que se condensa nas tubulações, podem ocasionar falhas ou avarias nas válvulas, por isso perto do local de consumo é colocada uma unidade de conservação que é composta de:

- filtro de ar comprimido;
- regulador de ar comprimido;
- lubrificador de ar comprimido.

14.6 FILTRO DE AR COMPRIMIDO

O ar comprimido ao entrar no copo é forçado a um movimento de rotação por meio de rasgos direcionais. Com isso, por meio da força centrífuga, separam-se do ar as partículas sólidas grandes e as gotículas de água, que se depositam no fundo do copo.

A água condensada no fundo do copo deve ser eliminada ao atingir a marca do nível máximo, pois se isto não ocorrer, a água será arrastada novamente pelo ar que passa.

As partículas sólidas, maiores que a porosidade do filtro, são retidas por este. Com o tempo, o acúmulo destas partículas impede a passagem do ar. Portanto o elemento filtrante deve ser limpo ou substituído em intervalos regulares.

Em filtros normais, a porosidade encontra-se entre 30 a 70 μm .

Se houver acentuada deposição de condensado no filtro, convém substituir a válvula de descarga manual por uma automática, isto é, por um dreno automático.

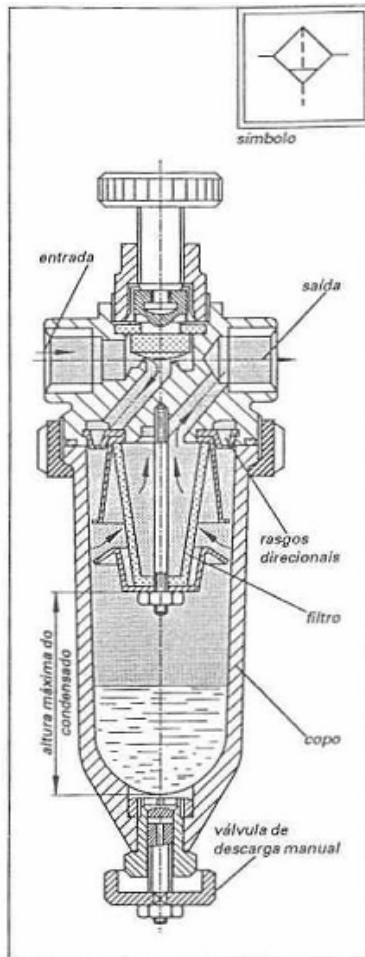


Figura 167 - Filtro de ar comprimido.

14.7 FUNCIONAMENTO DO DRENO AUTOMÁTICO

Na figura (filtro), pode-se observar que pelo furo, a água atinge a câmara entre as vedações. Com o aumento do nível da água, o flutuador se ergue.

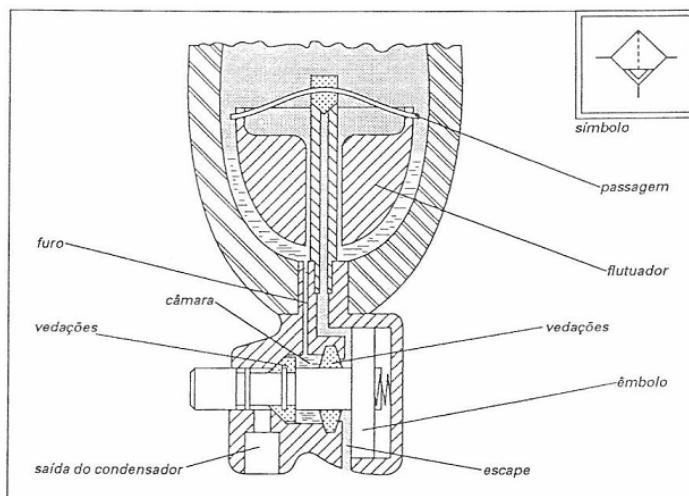


Figura 168 - Dreno automático em filtro.

Quando o nível da água atinge um determinado ponto, abre-se uma passagem. O ar comprimido existente no copo passa por essa passagem e desloca o êmbolo para a direita. Com isso, abre-se o escape para a água. Pelo escape, o ar só passa lentamente, mantendo-se com isso a saída da água ligeiramente maior.

14.8 REGULADOR DE PRESSÃO

O regulador de pressão mantém constante a pressão de trabalho (secundária) independentemente da pressão da rede (primária) e de consumo de ar.

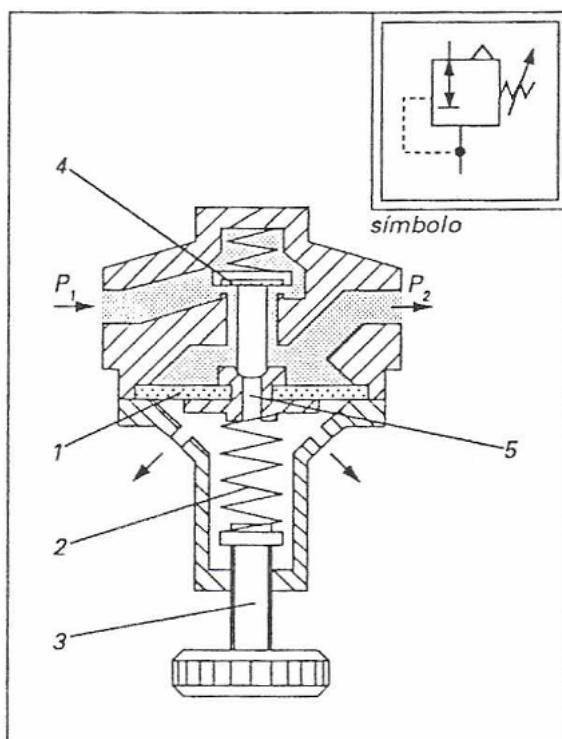


Figura 169 - Regulador de pressão.

A pressão primária tem que ser sempre maior que a secundária. Veja, na figura (regulador de pressão com exaustão – escape), que o ar comprimido entra na válvula com a pressão P_1 e impulsiona a membrana (1) contra uma mola (2) cuja pressão é ajustada pelo parafuso de regulagem (3).

Se a pressão na saída (P_2) cair, a mola impressiona a membrana que faz aumentar a secção de passagem de ar pela válvula (4).

Se a pressão na saída aumentar, a membrana impulsiona a mola e faz fechar a válvula (4) progressivamente.

Isso significa que a pressão é regulada pelo fluxo.

Se a pressão de trabalho aumentar muito, a membrana é pressionada contra a mola e o ar em excesso poderá escapar pelo furo (5) para a atmosfera.

Em casos onde a pressão de trabalho é pequena, usa-se o regulador de pressão sem escape.

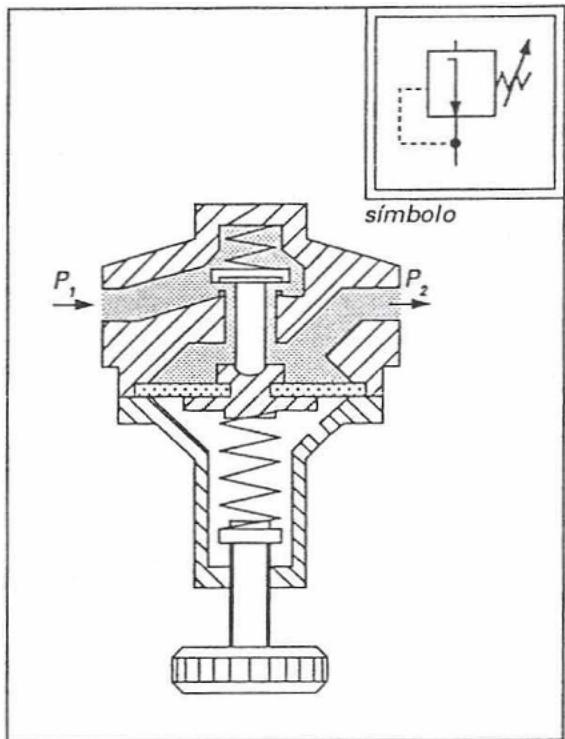


Figura 170 - Regulador de pressão sem escape.

14.9 LUBRIFICADOR DE AR COMPRIMIDO

O lubrificador acrescenta ao ar comprimido uma fina névoa de óleo que irá se depositar nas válvulas e cilindros, proporcionando a esses elementos a necessária lubrificação.

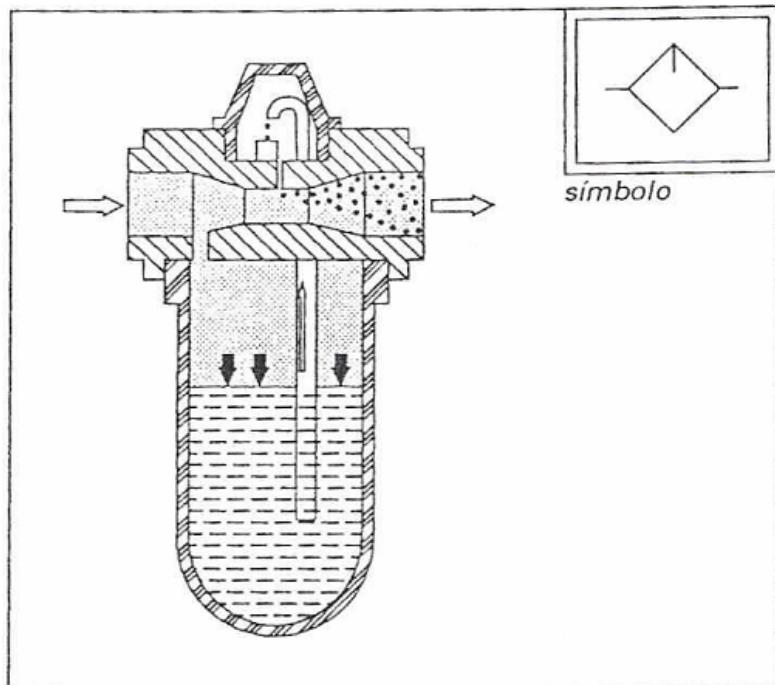


Figura 171 - Lubrificador de ar.

Esses três equipamentos (filtro, regulador e lubrificador) formam juntos uma unidade de conservação e podem ser representados como:

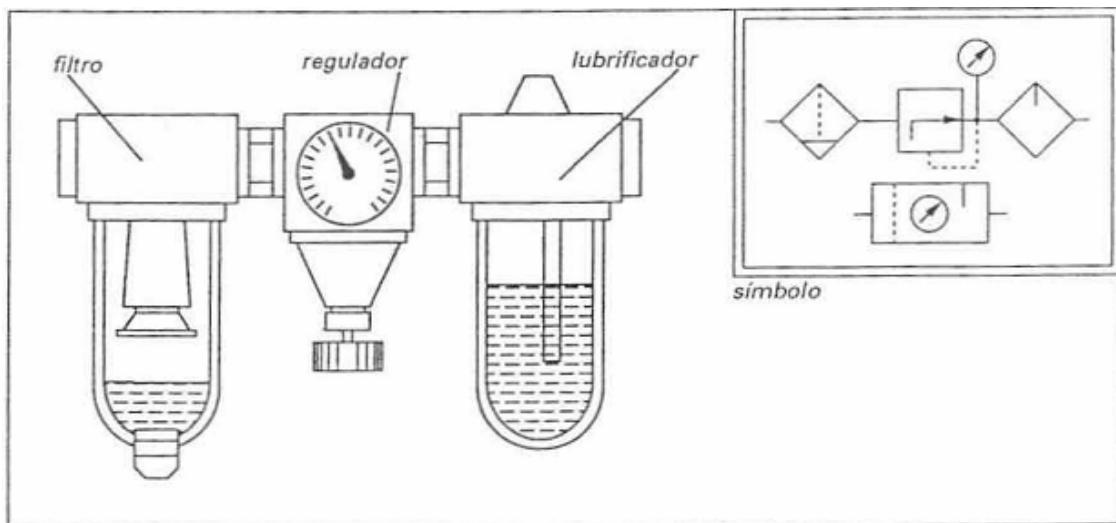


Figura 172 - Unidade de conservação.

O ar após passar pelo filtro, pelo regulador e pelo lubrificador na unidade de conservação, passará pelas válvulas de comando indo atuar finalmente nos elementos de trabalho que são os cilindros e motores.

15 ESQUEMAS DE COMANDO

Quando a instalação hidráulica ou pneumática realiza várias operações, possuindo vários cilindros e/ou motores, é importante que o técnico de manutenção tenha a seu dispor os esquemas de comando e seqüência para montar ou reparar o equipamento.

Esses esquemas permitirão realizar um estudo para localizar o defeito e com isso se ganha tempo na manutenção.

15.1 REPRESENTAÇÃO DE SEQÜÊNCIA DE MOVIMENTOS

Na figura pode-se observar uma instalação aonde pacotes chegam sobre um transportador de rolos. Um cilindro (A) eleva os pacotes e um outro cilindro (B) empurra-os para um segundo transportador.

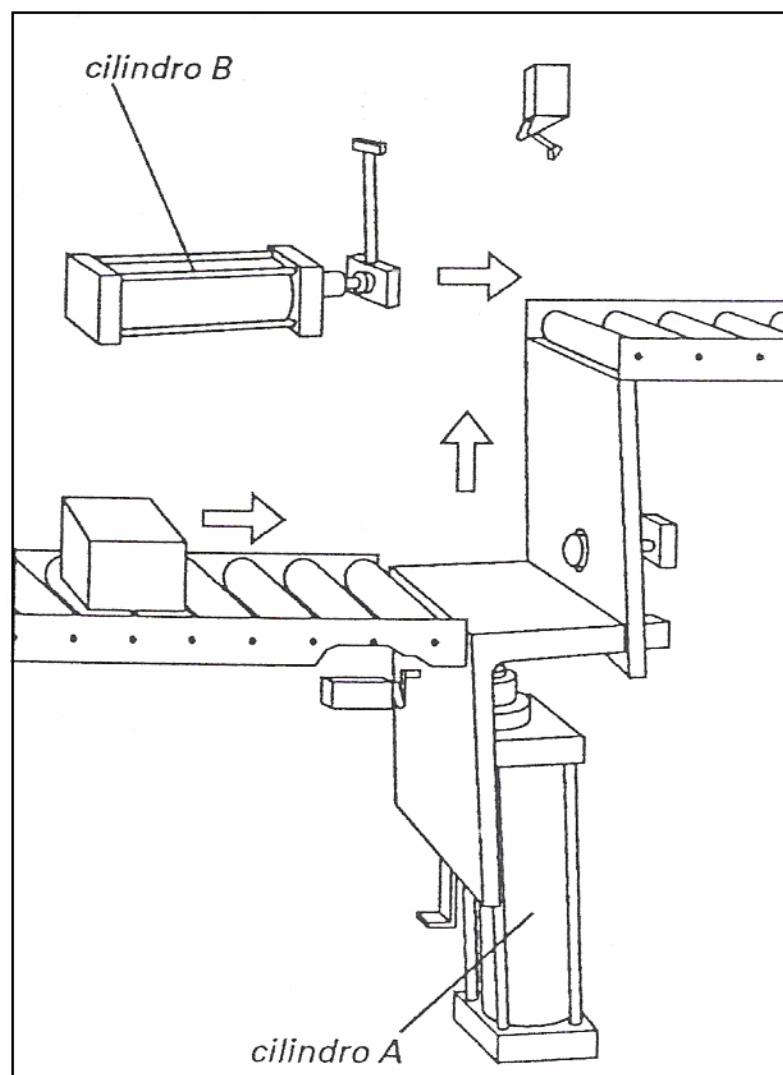


Figura 173 - Seqüência de movimentos.

Para que o sistema funcione devidamente, o cilindro B deverá avançar somente quando A houver alcançado a posição final de avanço e retornar somente quando A houver alcançado a posição final de retorno.

Existem várias formas de representar esta seqüência de trabalho, tais como:

- relação em seqüência cronológica;
- tabela;
- setas ou símbolos;
- diagramas.

15.2 RELAÇÃO EM SEQÜÊNCIA CRONOLÓGICA

Essa relação trata da descrição dos fatos na ordem exata dos acontecimentos. Por exemplo:

- o cilindro A avança e eleva os pacotes;
- o cilindro B empurra os pacotes no transportador II;
- o cilindro A desce;
- o cilindro B retrocede.

Para representar a seqüência de trabalho de uma instalação hidráulica ou pneumática em uma tabela, devem-se dispor, em colunas, os passos de trabalho e os movimentos dos cilindros. Por exemplo:

Passo de trabalho	Movimento do cilindro	
	A	B
1	para cima	---
2	---	para frente
3	para baixo	---
4	---	para trás

Tabela 24 - Passos de seqüência.

15.3 SETAS OU SÍMBOLOS

As setas ou símbolos oferecem um tipo de representação bem simplificada. Por exemplo:

- Avanço → ou +
- Retorno ← ou -
- A → ou +
- B → ou +
- A ← ou -
- B ← ou -

15.4 DIAGRAMA

Na representação em forma de diagrama, devem-se distinguir dois tipos de diagramas de funcionamento:

- diagrama de movimento;

- diagrama de comando.

15.5 DIAGRAMA DE MOVIMENTO

Nesse diagrama, representam-se os estados de movimento dos elementos de trabalho, dos cilindros por exemplo. O diagrama de movimento pode ser:

- Diagrama trajeto e passo:
 - Nesse diagrama, representa-se a seqüência de operação sem levar em conta o tempo que o cilindro demora para percorrer o trajeto.

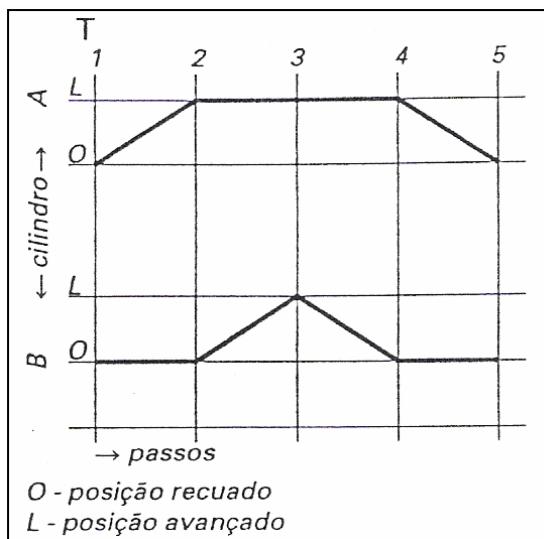


Figura 174 - Diagrama trajeto-passo.

- Diagrama trajeto e tempo:
 - Nesse diagrama, representa-se o tempo que o cilindro demora para percorrer o trajeto.

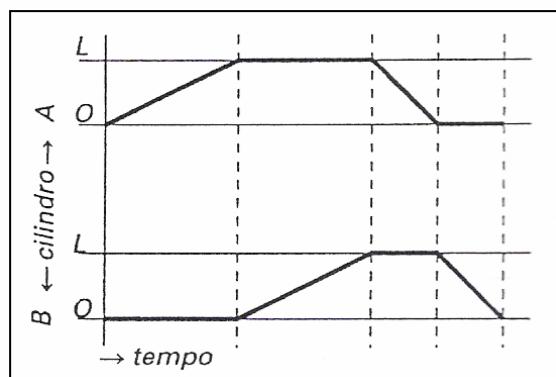


Figura 175 - Diagrama trajeto-tempo.

15.6 DIAGRAMA DE COMANDO

Esse diagrama representa o estado de comutação dos elementos de comando ou de sinal (válvulas).

Como o tempo de comutação é insignificante, esse tempo não é considerado no diagrama.

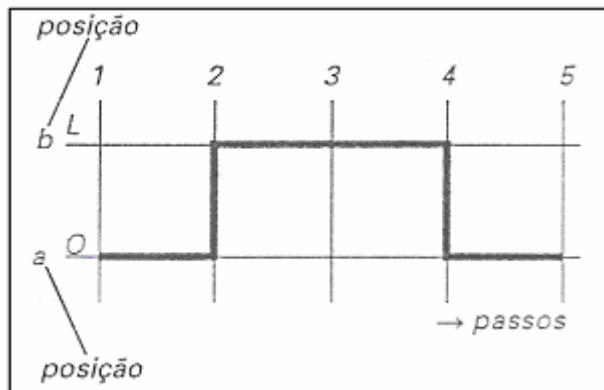


Figura 176 - Diagrama de comando.

Na elaboração do diagrama de comando, recomenda-se:

- desenhar, sempre que possível, o diagrama de comando, em combinação com o diagrama de movimento, de preferência em função de passos;
- que os passos ou tempos sejam representados linear e horizontalmente;
- que a altura do diagrama e a distância que o êmbolo percorre, que são arbitrárias, sejam determinadas de forma a proporcionar fácil supervisão.

Quando se representa o diagrama de movimento e de comando em conjunto, essa representação recebe o nome de diagrama de funcionamento.

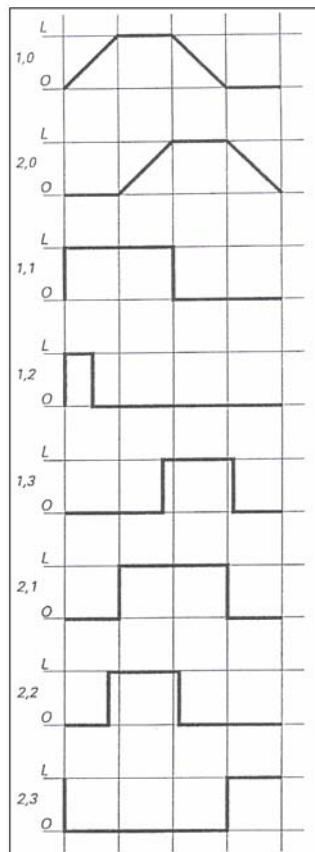


Figura 177 - Diagrama de funcionamento.

No diagrama de funcionamento, pode-se observar:

- o diagrama de movimento dos cilindros 1.0 e 2.0;
- o diagrama de comando mostrando estado das válvulas que comandam os cilindros 1.1 para 1.0, 2.1 para 2.0;
- o estado das válvulas de sinal 1.2, 1.3, 2.2, 2.3.

Como já foi mencionado, o tempo de comutação das válvulas não é considerado no diagrama de comando. Entretanto, como mostra a figura na válvula de fim de curso 2.2, as linhas de acionamento devem ser desenhadas antes e depois da linha de passo, uma vez que, na prática, o acionamento não se dá exatamente no final do curso, mas sim certo tempo antes ou depois.

O diagrama de funcionamento permite controlar, com maior facilidade, o funcionamento do circuito e determinar erros, principalmente erros de sobreposição de sinais.

15.7 TIPOS DE ESQUEMA

Os esquemas de comando podem ser representados de duas formas:

- esquema de comando de posição;
- esquema de comando de sistema.

15.7.1 Esquema de Comando de Posição

Nesse esquema, todos os elementos estão simbolizados onde realmente se encontram na instalação.

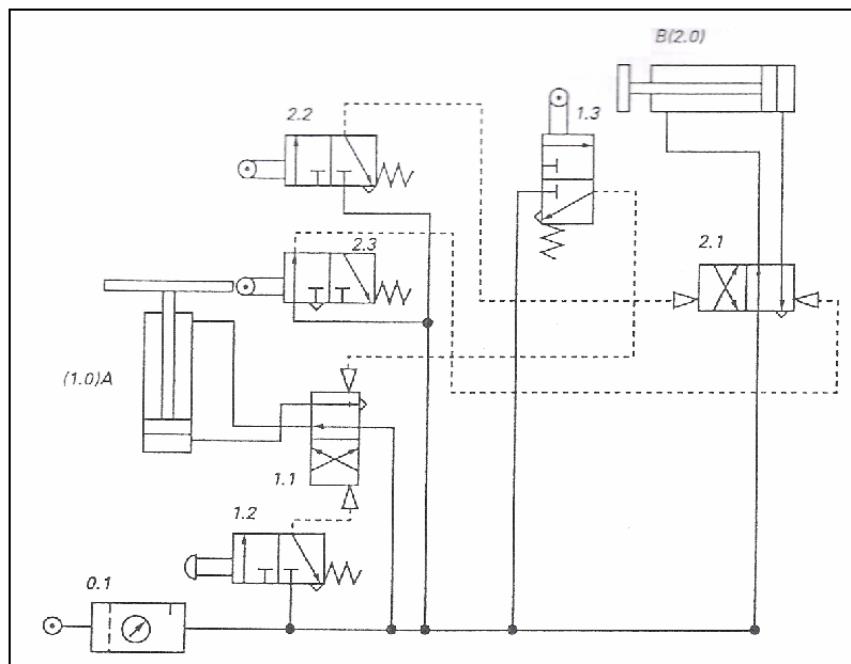


Figura 178 - Esquema de comando de posição.

Essa forma de apresentação beneficia o montador pois ele vê de imediato onde deve montar os elementos.

Porém, esse tipo de esquema de comando tem o inconveniente de possuir muitos cruzamentos de linhas, onde podem ocorrer enganos na conexão dos elementos.

Esse é o tipo de esquema de comando mais usado em hidráulica pois os circuitos hidráulicos não possuem linhas de pilotagem e são montados em blocos.

15.7.2 Esquema de Comando de Sistema

É o tipo de esquema mais usado em pneumática. Esse esquema de comando está baseado em uma ordenação dos símbolos segundo sua função de comando que facilita a leitura, pois elimina ou reduz os cruzamentos de linha.

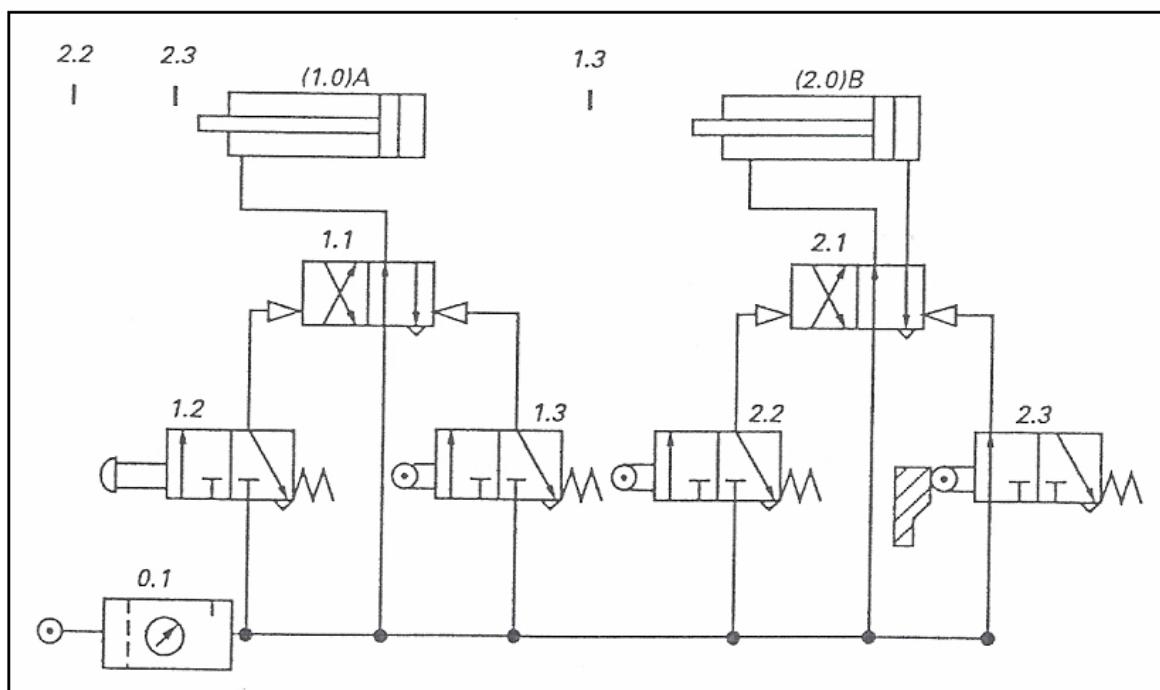


Figura 179 -Esquema de comando de sistema.

15.8 DENOMINAÇÃO DOS ELEMENTOS PNEUMÁTICOS

Essa denominação pode ser feita por meio de números (norma DIN) ou por meio de letras (norma ISO).

Todos os equipamentos devem ser representados no esquema na posição inicial de comando. Se na posição inicial, a válvula já está acionada, isso deve ser indicado no esquema.

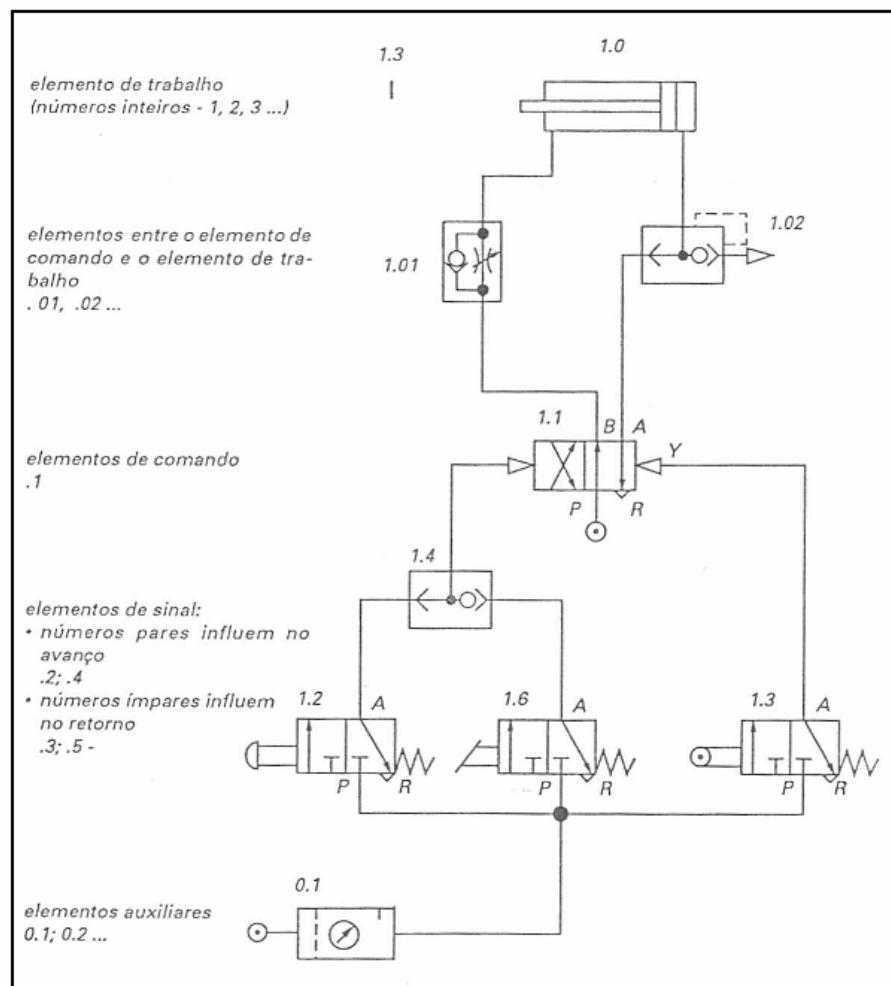


Figura 180 - Denominação dos elementos pneumáticos.

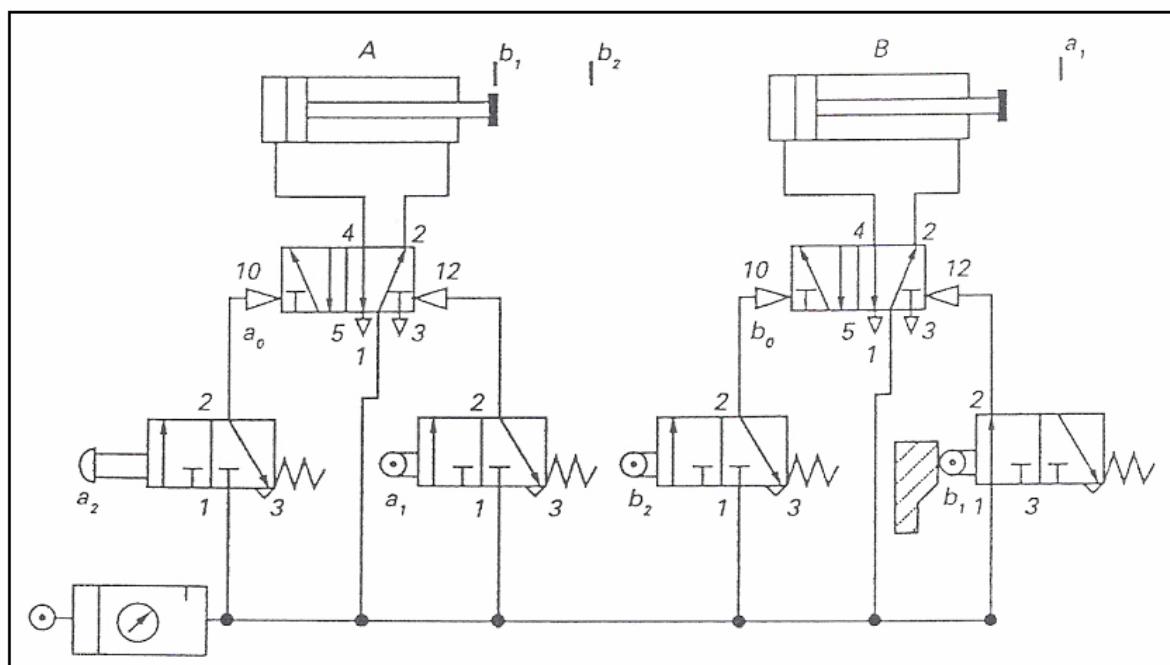


Figura 181 - Numeração de posicionamento.

15.9 ELABORAÇÃO DOS ESQUEMAS DE COMANDO

Os esquemas de comando pneumático podem ser elaborados por meio de vários métodos, dos quais vamos destacar dois:

- método intuitivo;
- método cascata.

15.9.1 Método Intuitivo

É o método mais simples de todos mas deve ser utilizado somente em seqüências diretas que não apresentam sobreposição de sinais na pilotagem das válvulas direcionais que comandam os elementos de trabalho.

Nesse método, tanto a válvulas de comando principal como os elementos de sinal (válvulas-piloto) recebem a alimentação de ar comprimido diretamente da rede de distribuição, após a unidade de conservação.

Esse tipo de esquema pode ser observado nas figuras (3 acima, referenciá-las).

15.9.2 Método Cascata

No método cascata, todos os elementos de sinal recebem alimentação de ar comprimido de linhas secundárias, as quais são chamadas de grupos de alimentação de ar.

Esses grupos são controlados por válvulas distribuidoras de 4/2 vias, montadas de forma que seja alimentado apenas um grupo de cada vez, enquanto os demais permanecem despressurizados, ou seja, descarregados para a atmosfera.

O número de grupos ou linhas de alimentação utilizados em um circuito é determinado dividindo-se criteriosamente a seqüência maior em seqüências menores, nas quais cada elemento de trabalho deve aparecer apenas uma vez.

O procedimento para a elaboração de esquemas de comando pelo método cascata são os seguintes:

- 1) Escreva, de forma abreviada, a seqüência de movimentos do circuito a ser elaborado.

A +, B +, B -, A -

- 2) Divida a seqüência em grupos. Cada cilindro deve ocorrer apenas uma vez em cada grupo.

grupo $\begin{array}{c} A + \\ 1 \end{array} / \begin{array}{c} B + \\ 2 \end{array} / \begin{array}{c} B - \\ 1 \end{array}$

No exemplo:

grupo $\begin{array}{c} A + \\ 1 \end{array} / \begin{array}{c} A - \\ 2 \end{array} / \begin{array}{c} B - \\ 1 \end{array}$

Observe que o terceiro grupo da divisão da seqüência possui um único movimento (B -). Como o cilindro B não aparece no primeiro grupo, pode-se considerar o último movimento da seqüência como pertencente ao grupo.

Esse recurso faz com que se possa economizar um grupo de alimentação do ar, reduzindo o número de válvulas a ser utilizado no circuito.

- 3) Desenhe os cilindros e suas respectivas válvulas de comando.
- 4) Desenhe a cascata com tantas linhas de alimentação de ar quantos forem os grupos da seqüência:

$$\text{grupo } \frac{A + B +}{1} \frac{B - A -}{2}$$

O número de válvulas necessário para controlar as linhas de alimentação de ar é igual ao número de grupos menos um.

- 5) Desenhe os elementos de sinal, respeitando a seqüência de acionamento do circuito. Quando um êmbolo tiver que se movimentar, o elemento de sinal receberá ar da linha da cascata correspondente ao grupo em que deverá ocorrer esse movimento e pilotará a válvula de comando do referido cilindro.

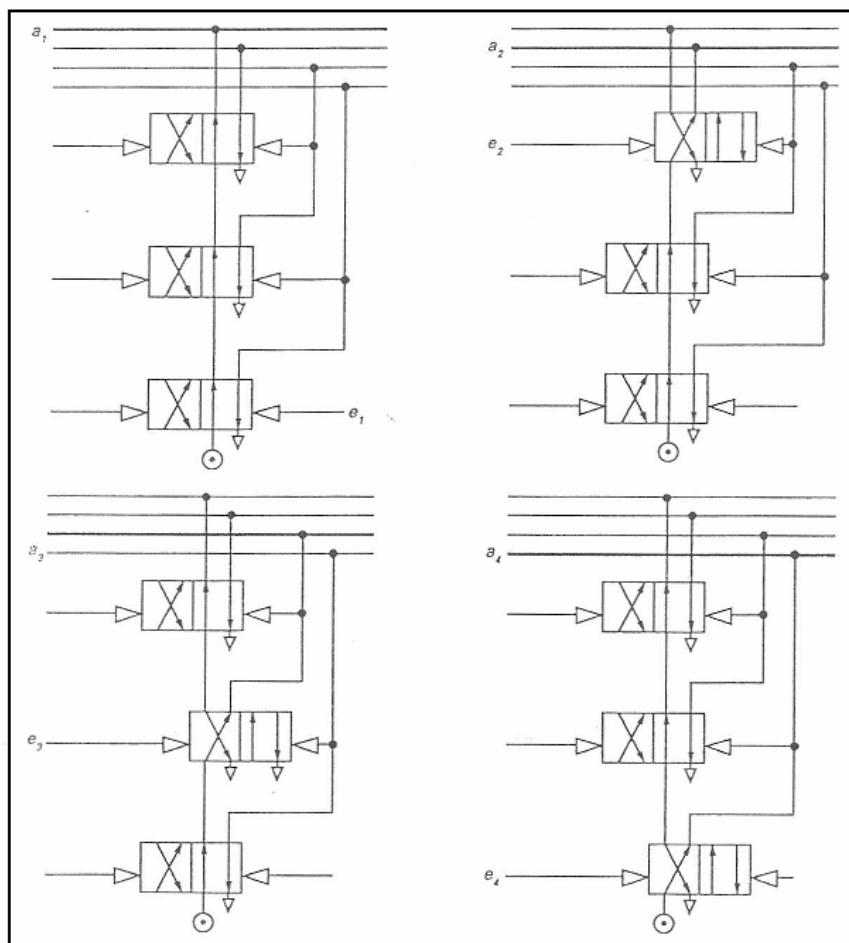


Figura 182 - Método cascata.

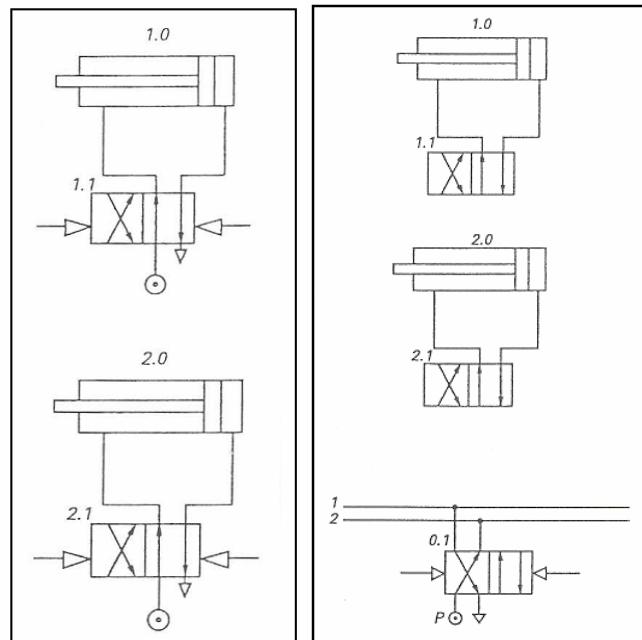


Figura 183 - Exemplo do método cascata.

Entretanto, quando num passo de acionamento, tem-se de mudar a alimentação de ar de um grupo para outro imediatamente posterior, o elemento de sinal receberá ar da linha da cascata que estiver pressurizada (referente ao grupo anterior) e pilotará a válvula da cascata que alimenta o grupo seguinte.

Todos os elementos de sinal devem ter 3/2 vias com acionamento por rolete mecânico e retorno por mola, com exceção daqueles que são responsáveis pela partida, geralmente acionados por botão. As válvulas de comando dos cilindros, assim como a primeira válvula da cascata, recebem alimentação direta da rede.

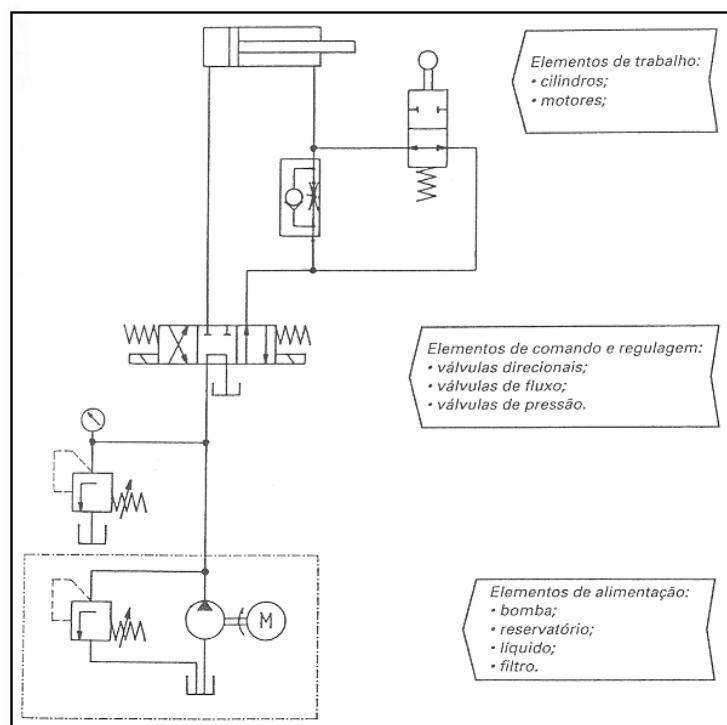
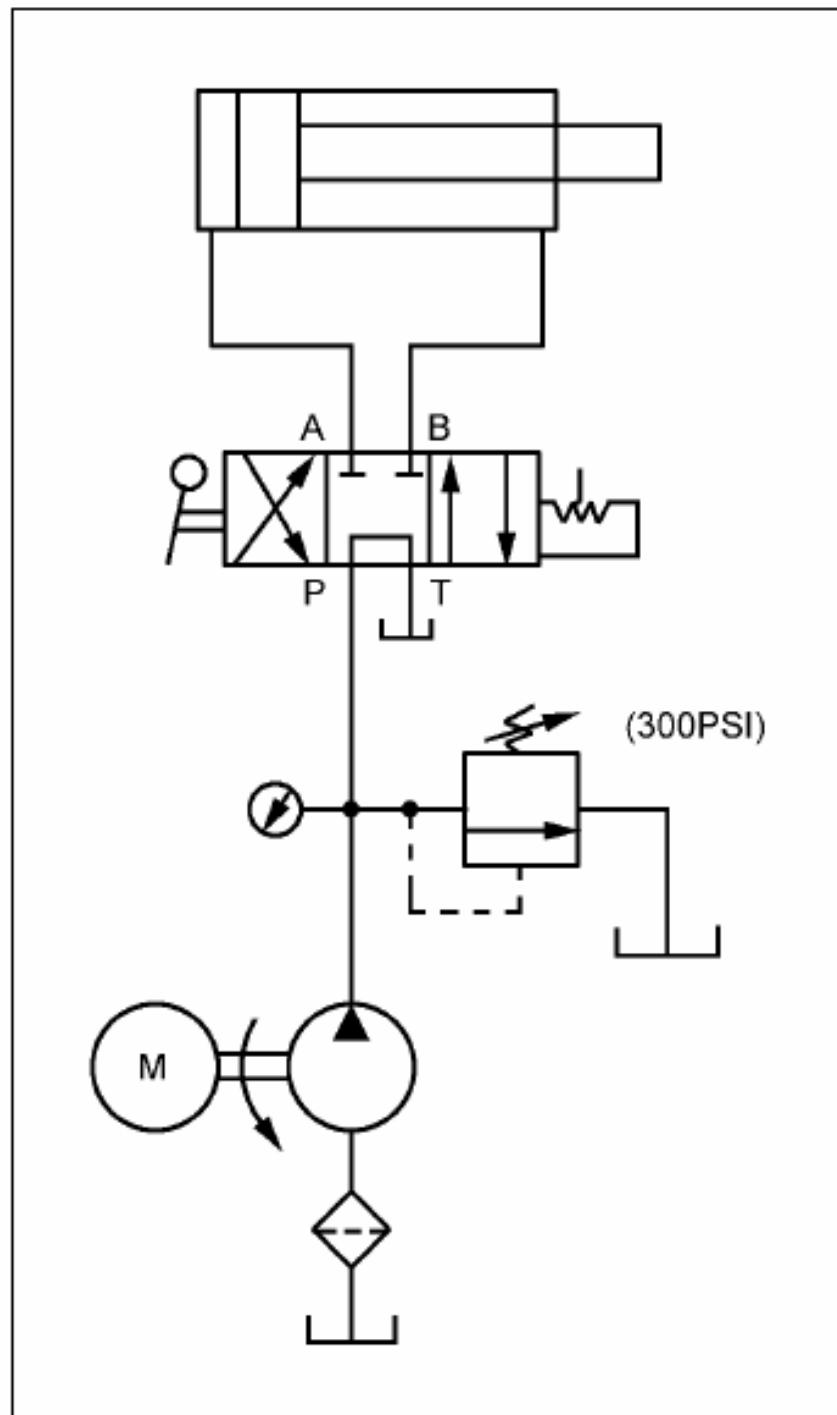


Figura 184 - Alimentação do sistema.

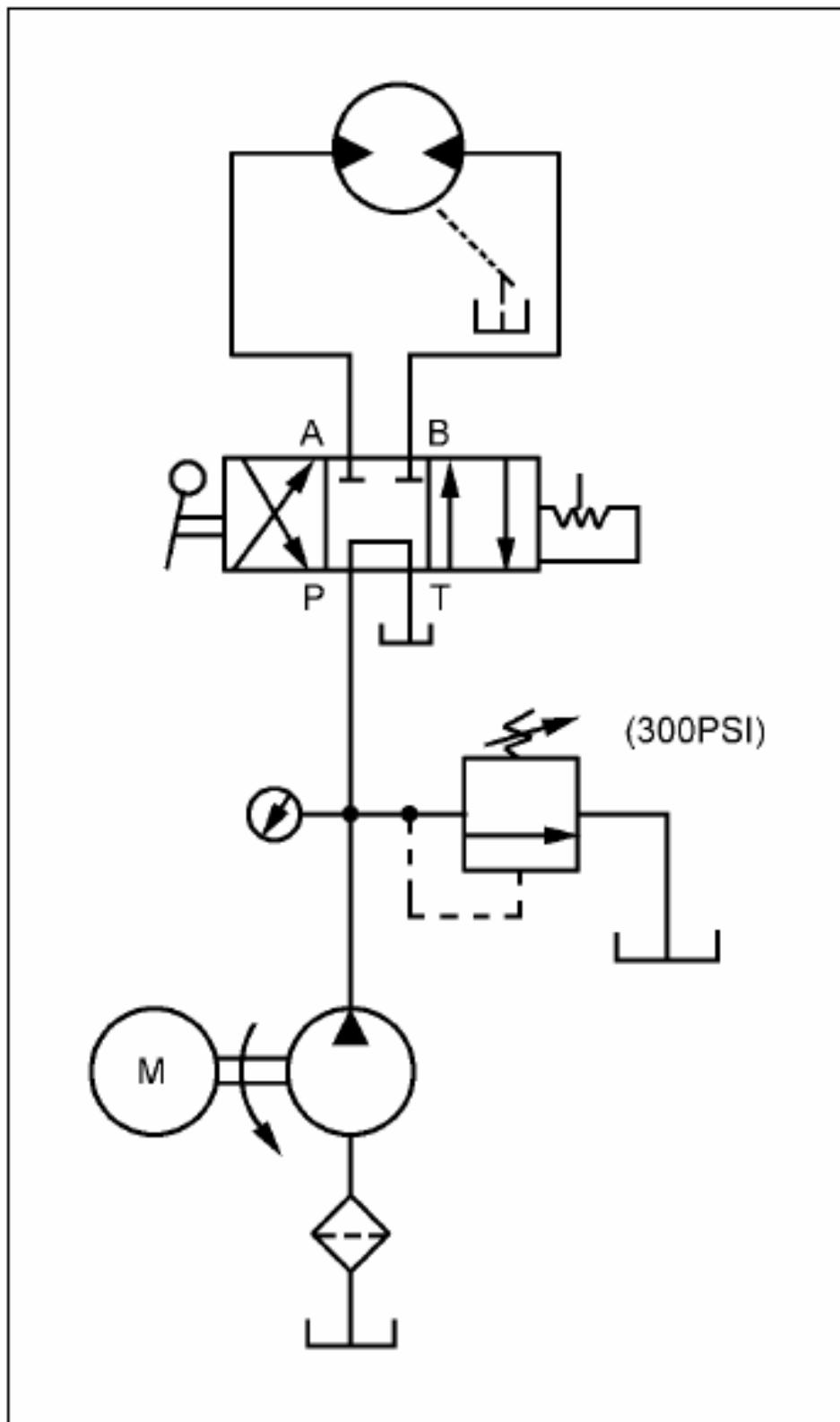
16 CIRCUITOS HIDRÁULICOS

Neste capítulo serão apresentados exemplos de circuitos hidráulicos.

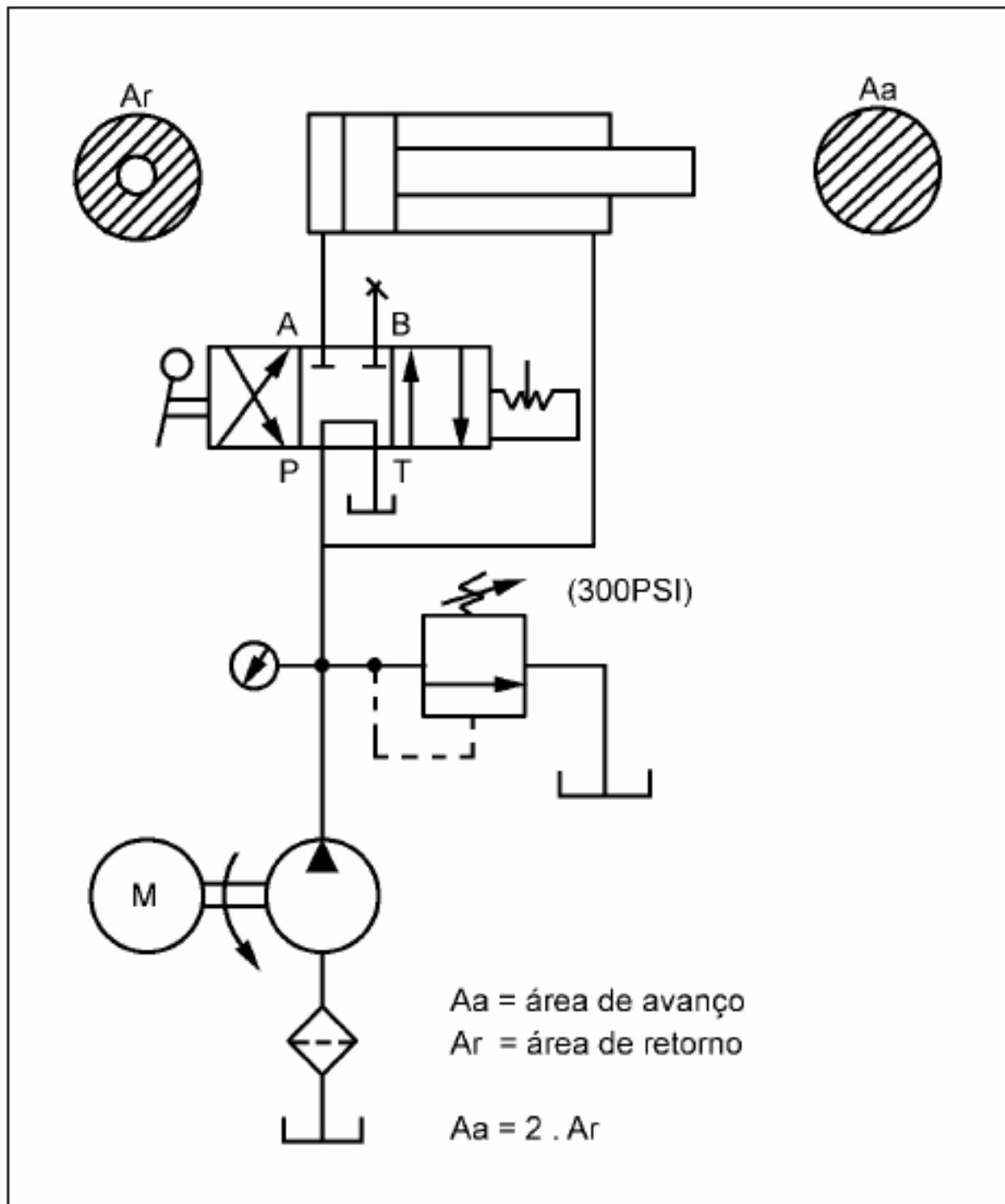
Comando hidráulico básico linear:



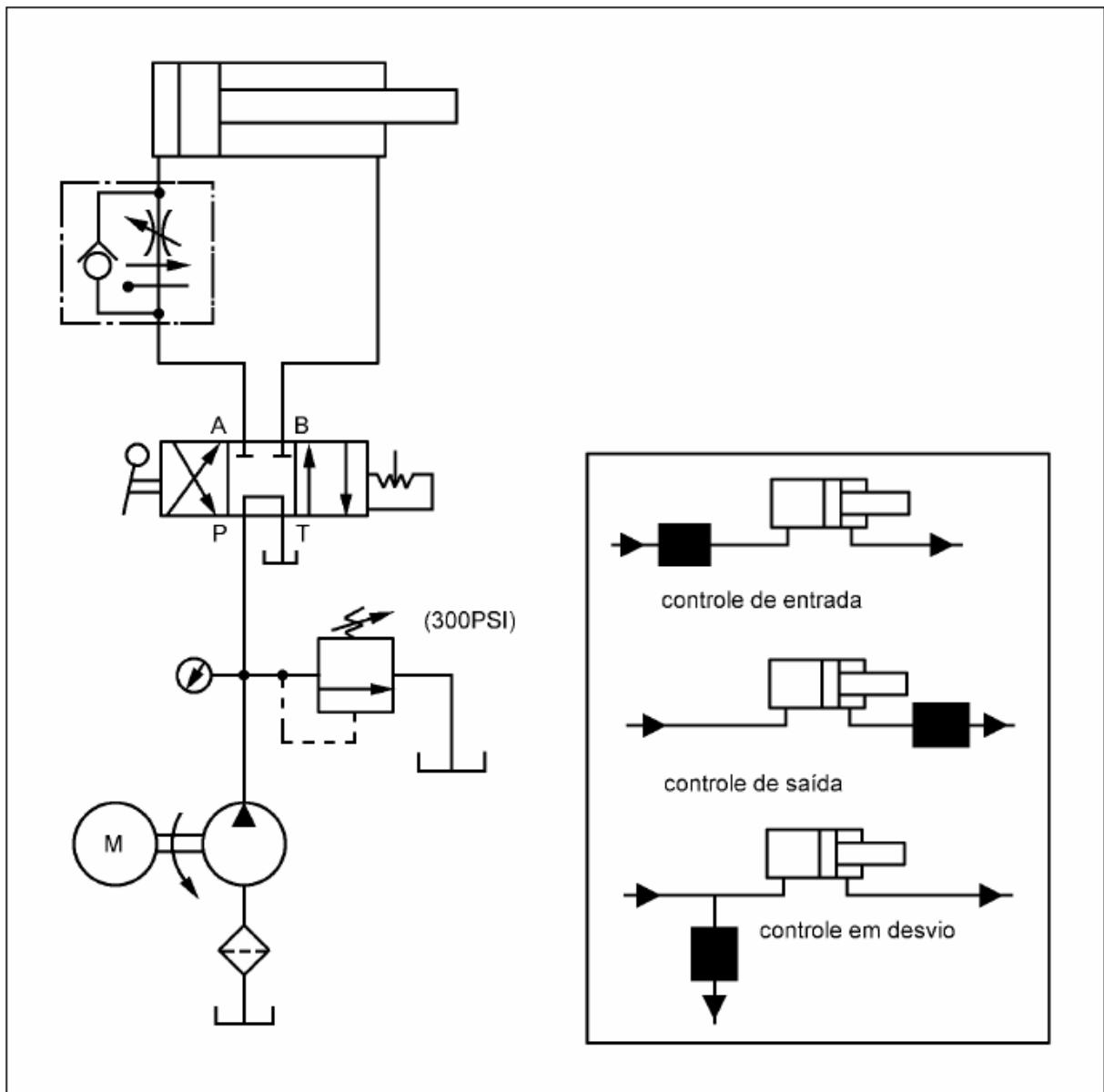
Circuito hidráulico básico rotativo:



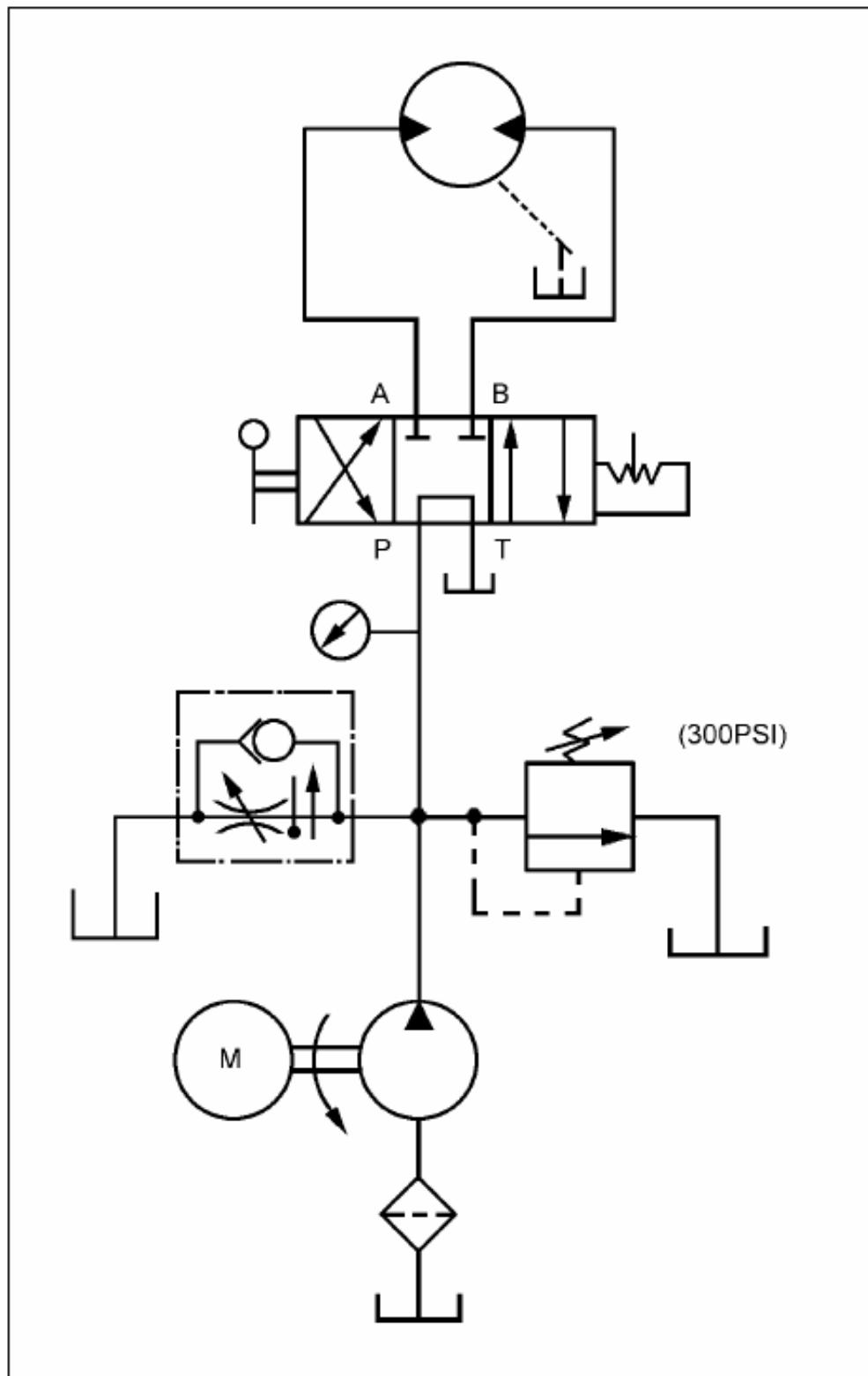
Círculo hidráulico regenerativo:



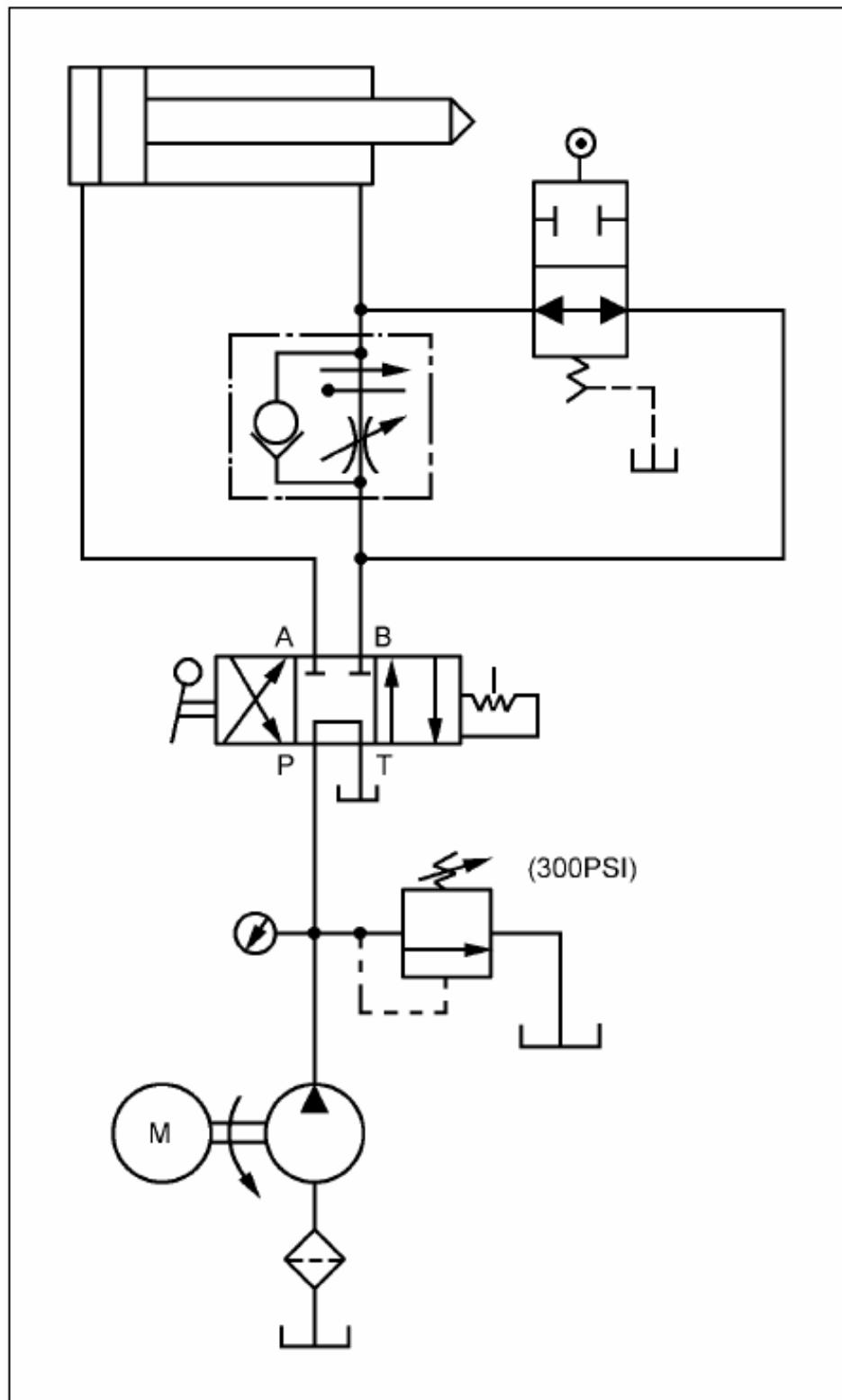
Controle hidráulico com controle de velocidade:



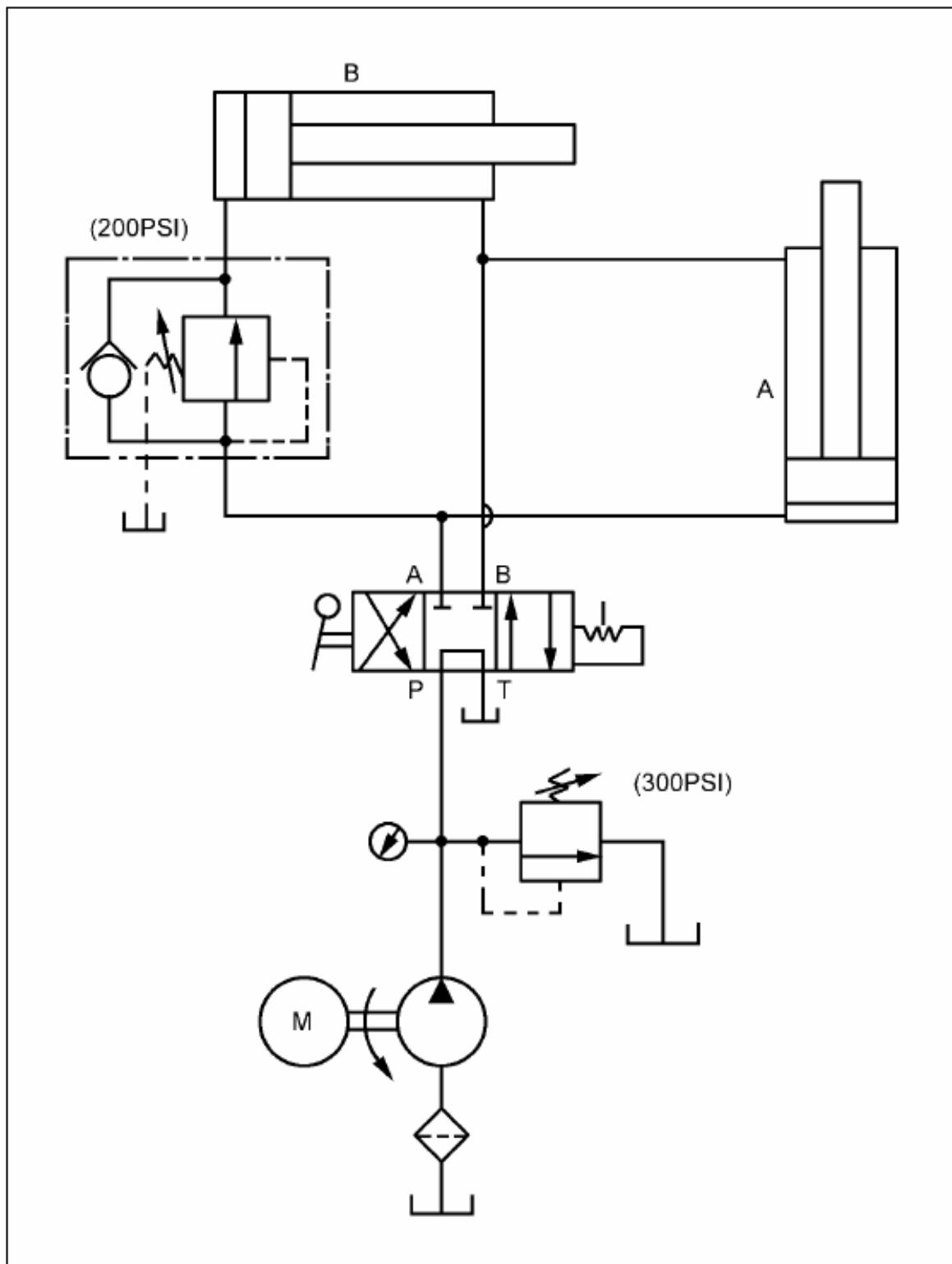
Circuito hidráulico sem controle de velocidade:



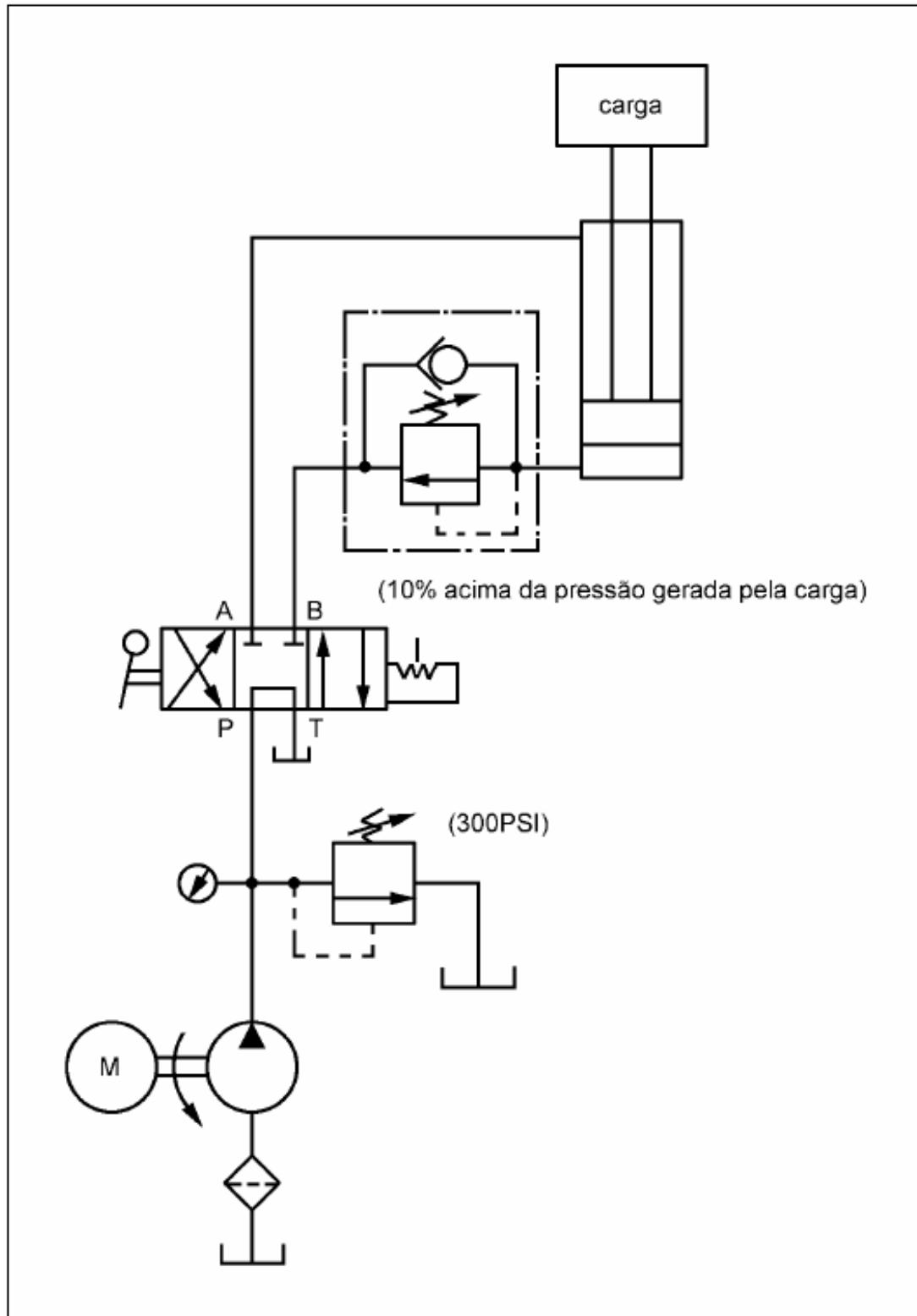
Circuito hidráulico com aproximação rápida, avanço controlado e retorno rápido:



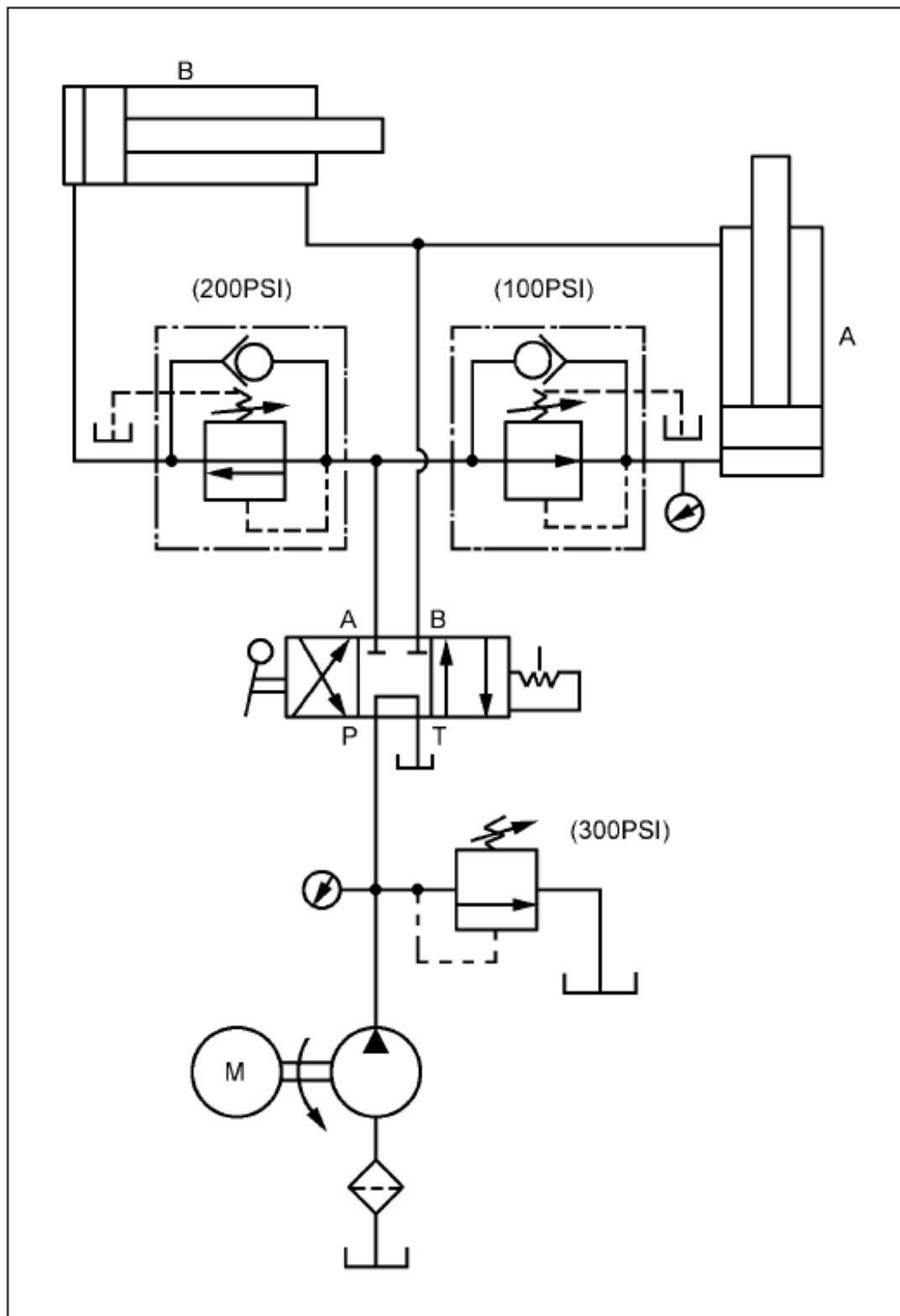
Círculo hidráulico em seqüência



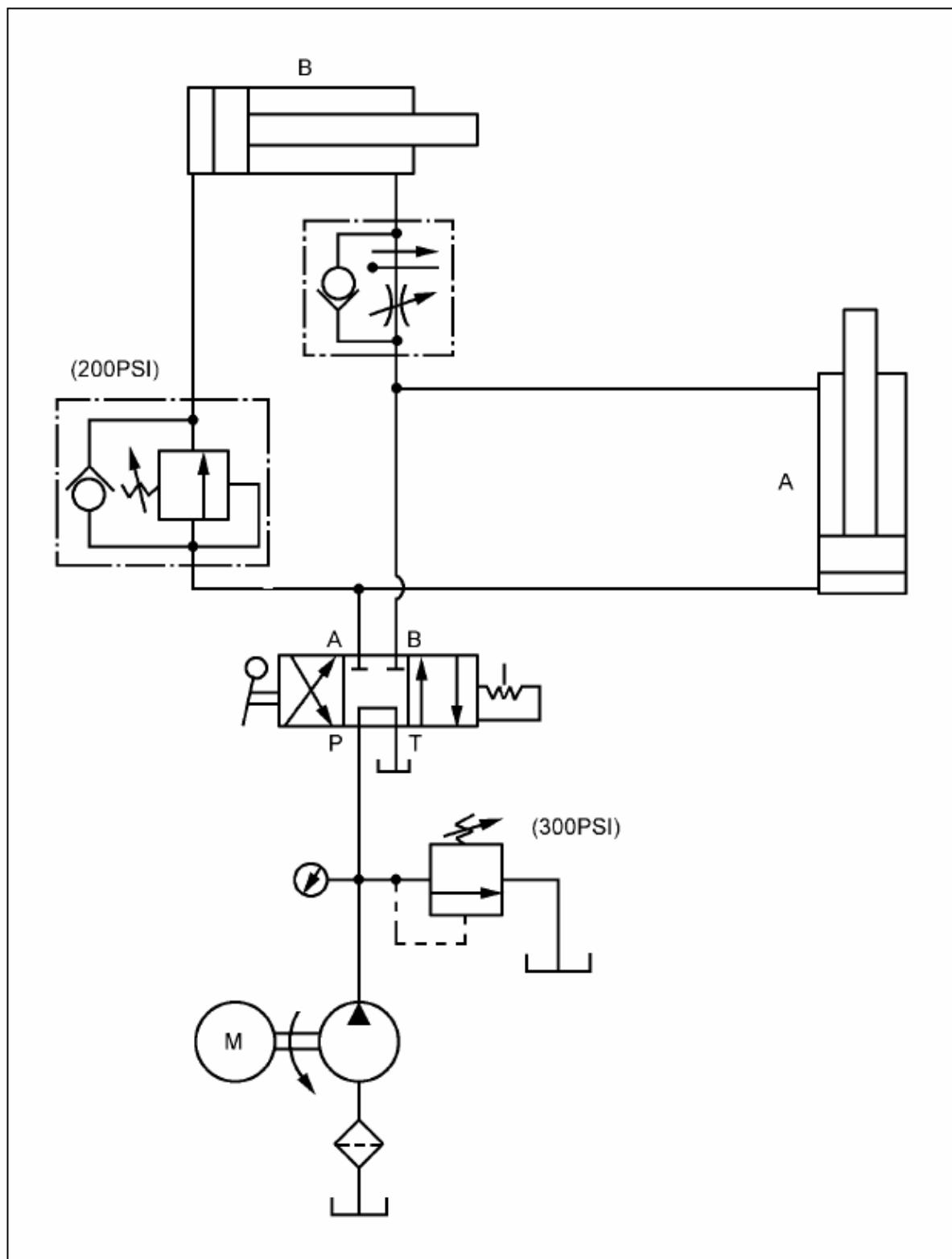
Circuito com contrabalanço:



Circuito hidráulico em seqüência com pressão reduzida para a primeira operação:



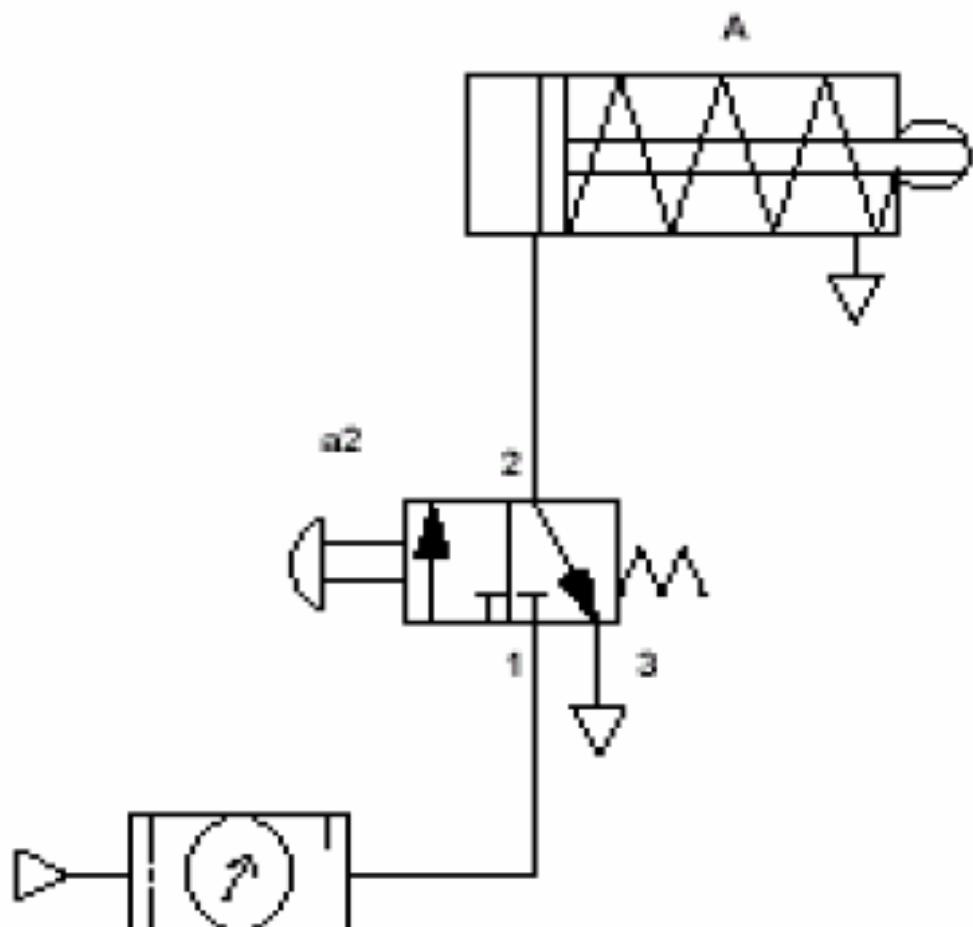
Circuito hidráulico em seqüência com velocidade controlada na segunda operação;



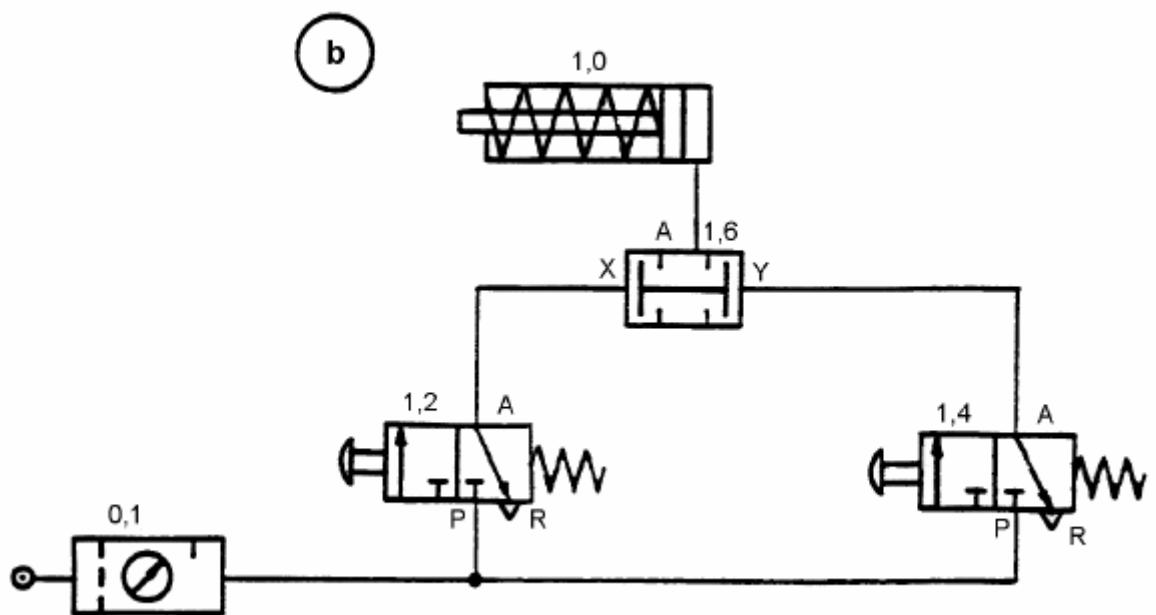
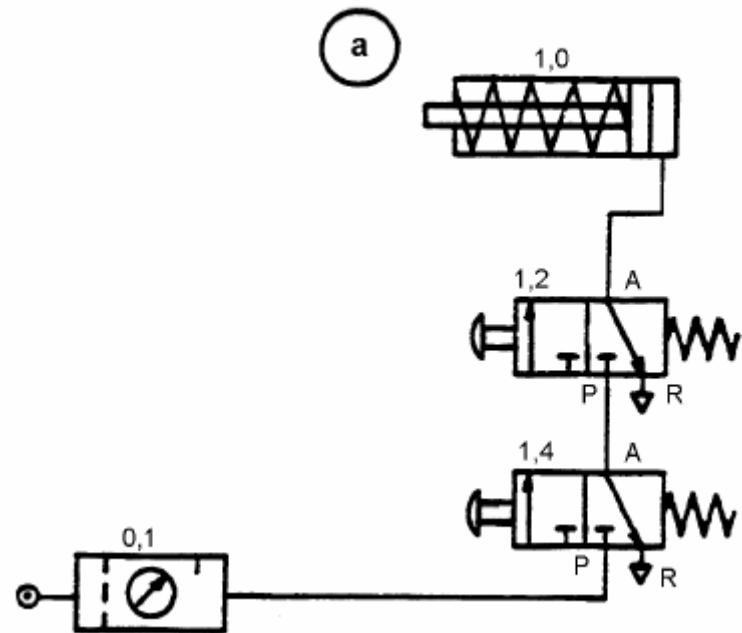
17 COMANDOS PNEUMÁTICOS

Neste capítulo serão mostrados exemplos de comandos pneumáticos.

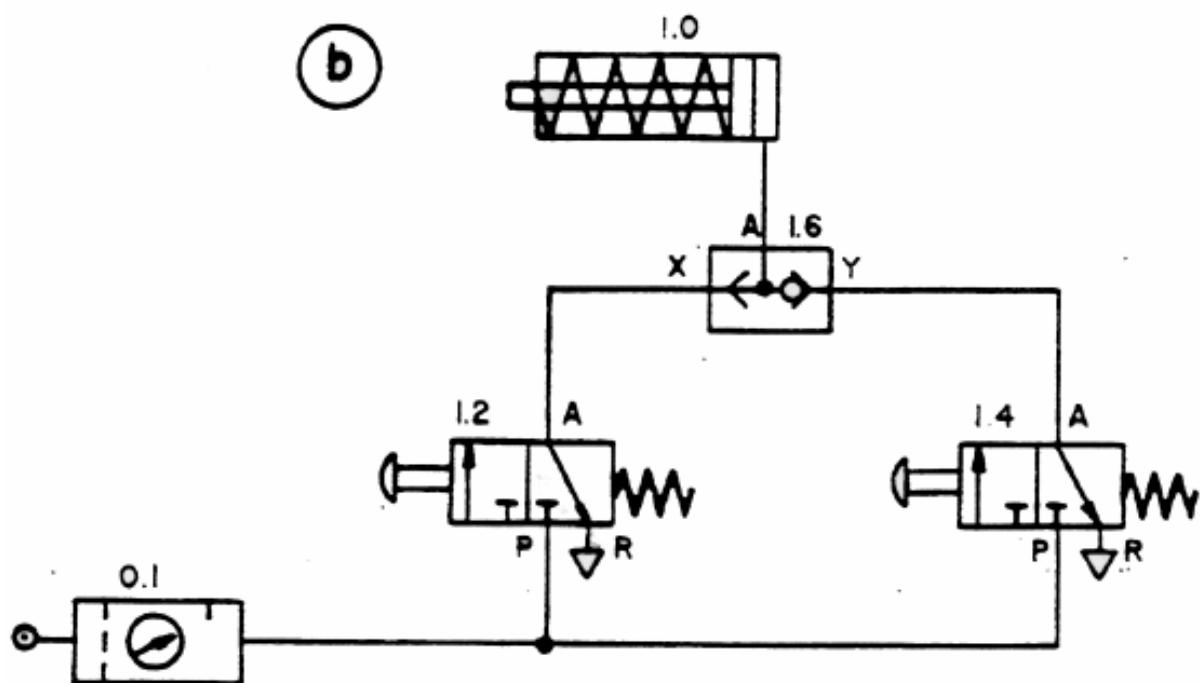
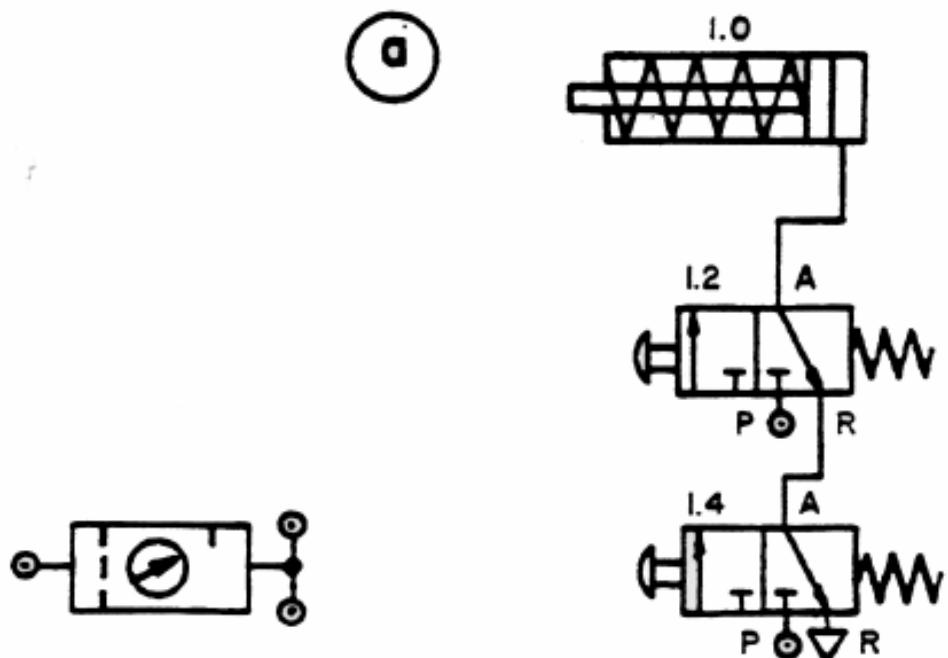
Comando pneumático básico direto:



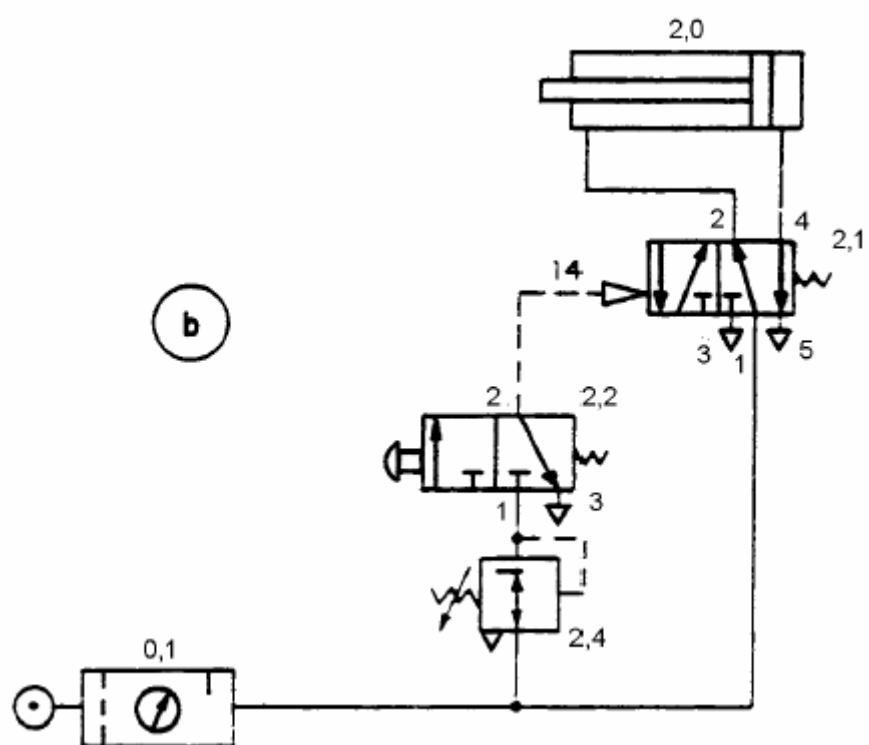
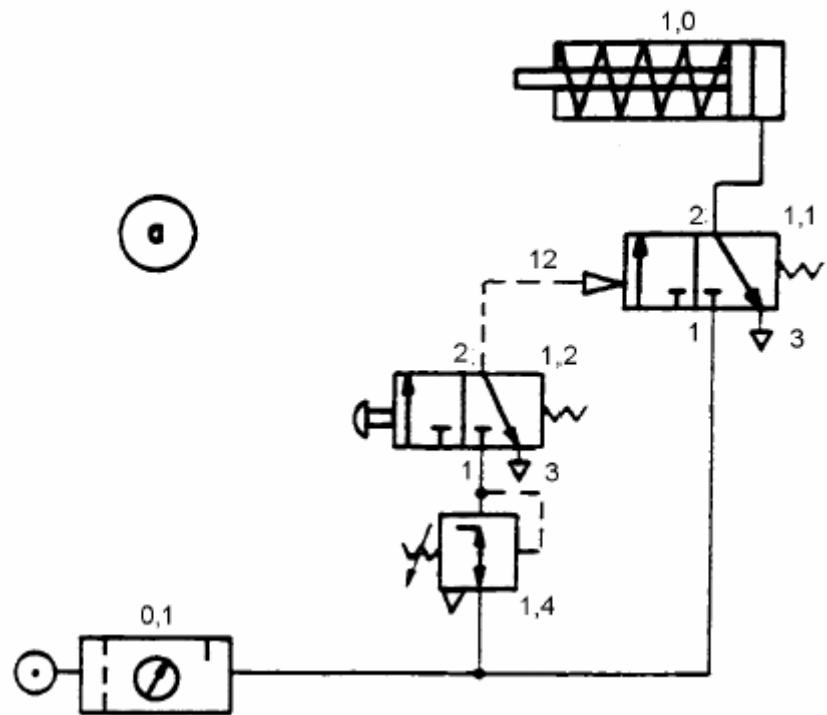
Comando em série:



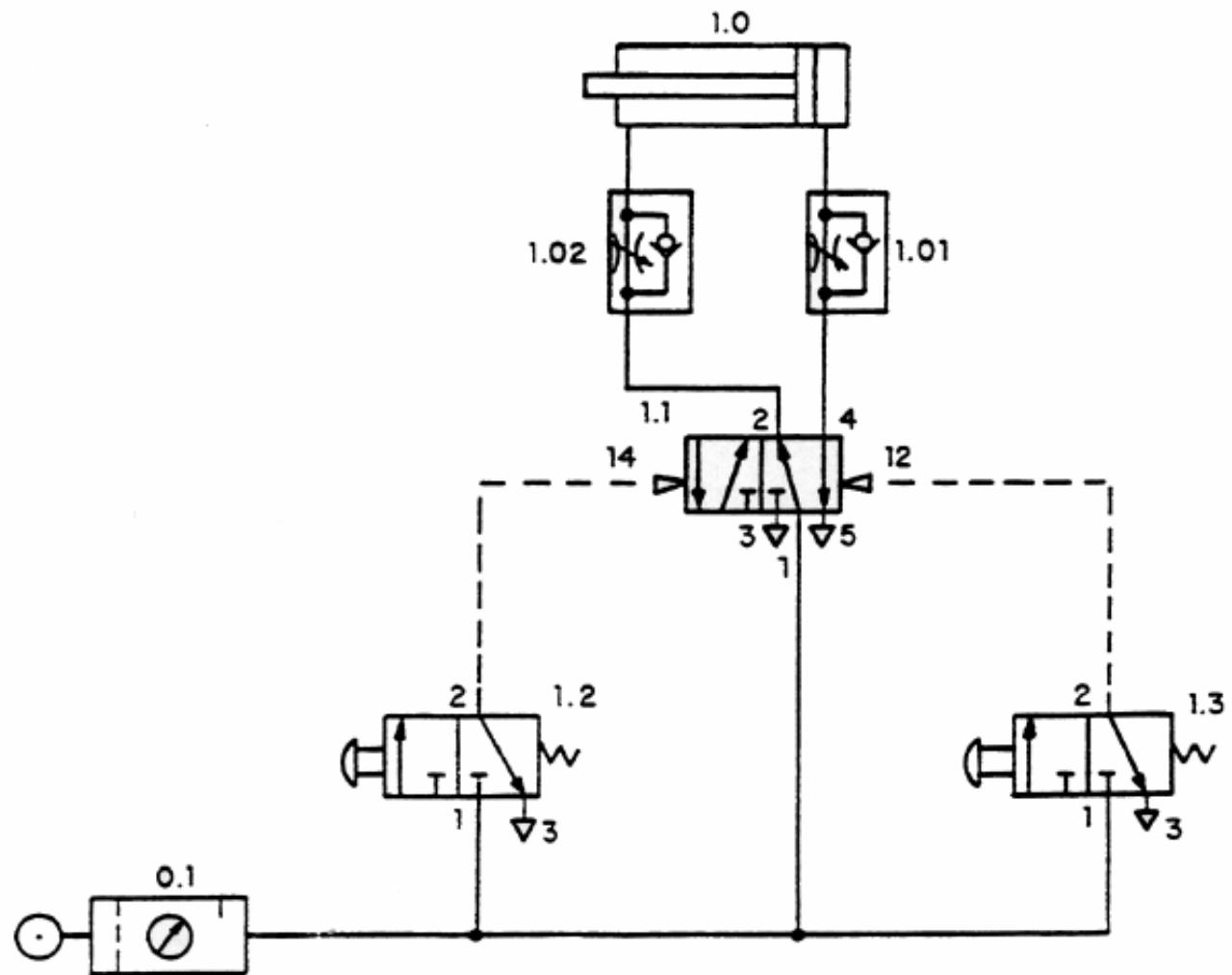
Comando em paralelo:



Comando básico indireto com simples piloto positivo:

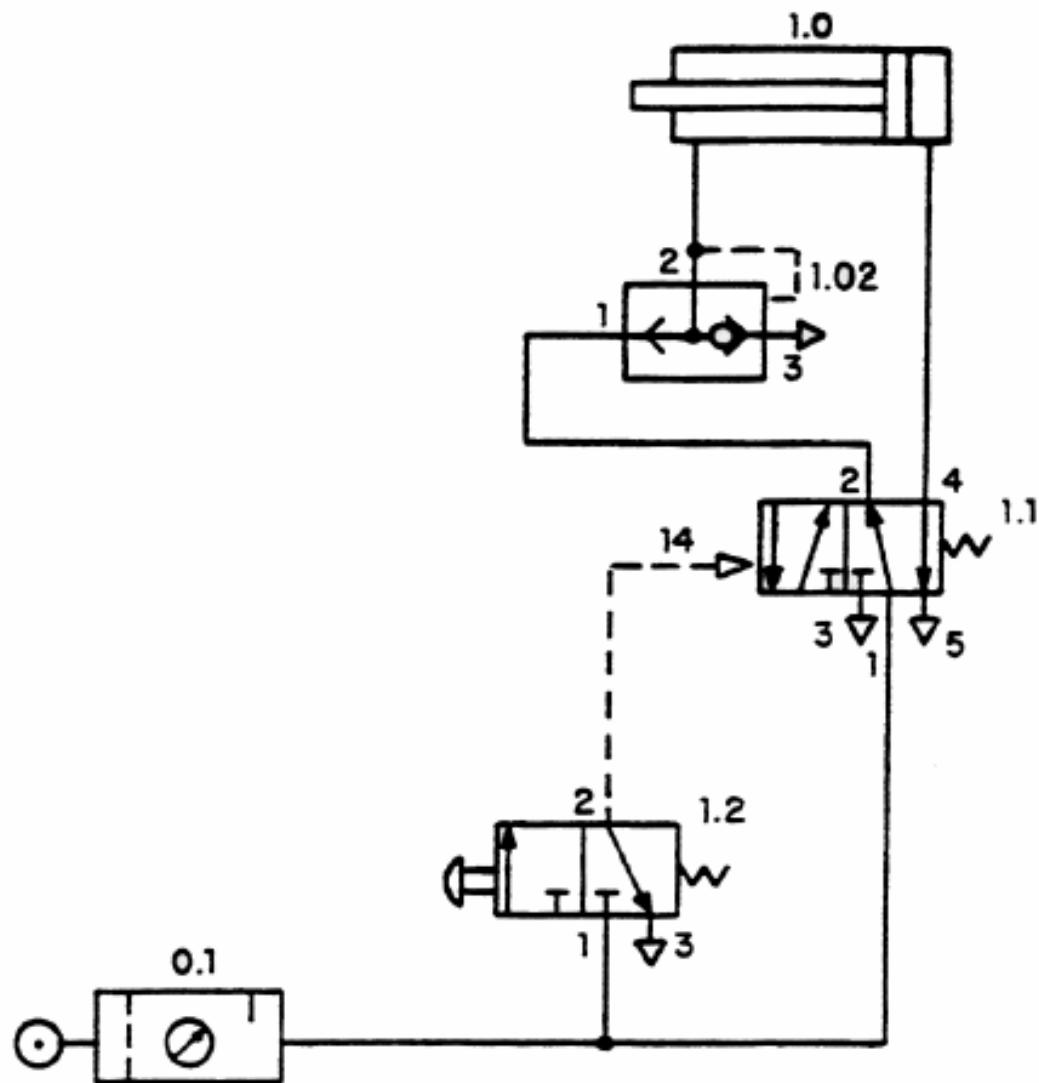


Comando básico indireto com duplo piloto positivo:



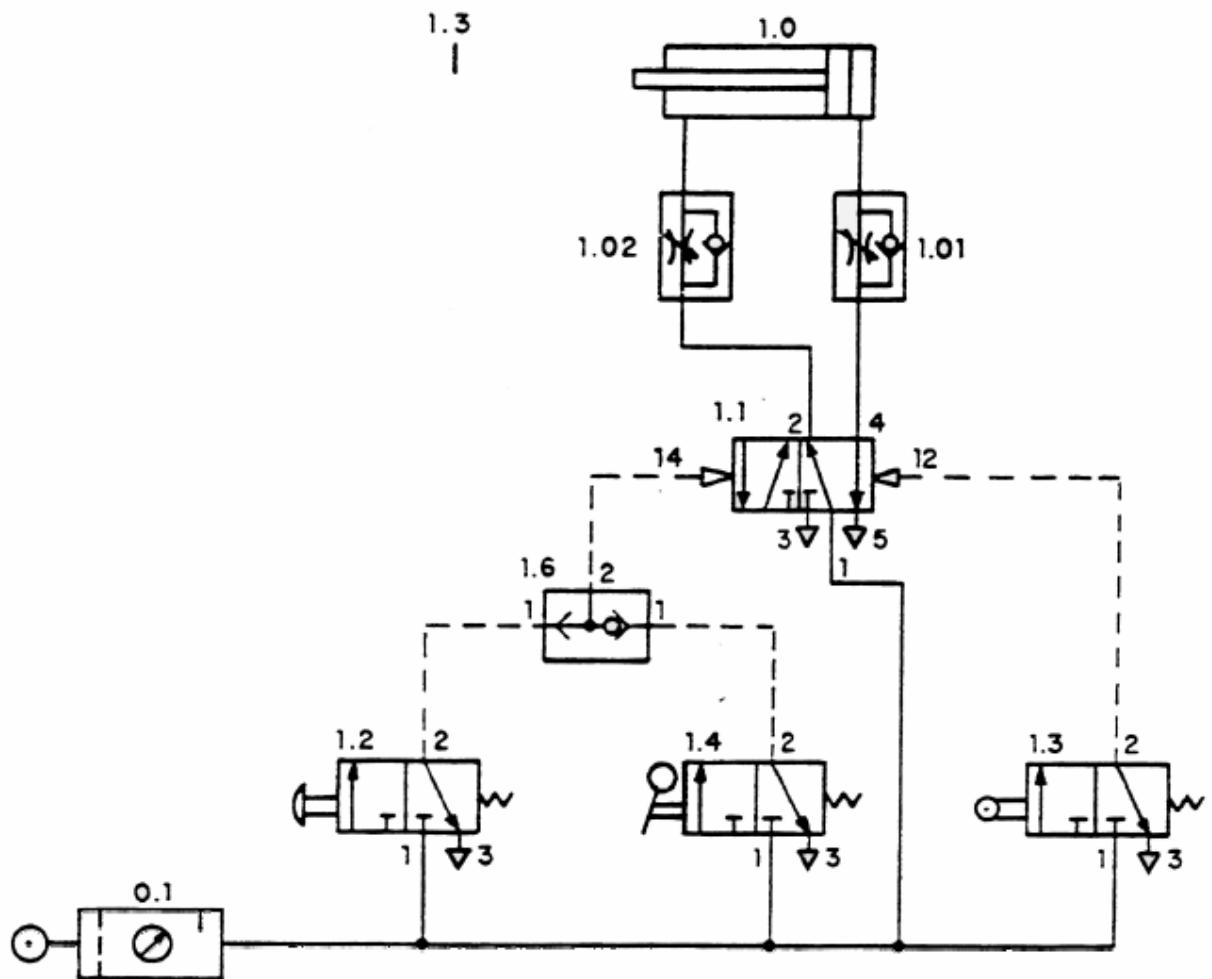
Q. Equip.	Denominações e observações	Nº Ident.
1	Cilindro de dupla ação	
2	Válvula reguladora de fluxo unidirecional	1.01 - 1.02
1	Válvula 5/2 vias duplo piloto positivo	1.1
2	Válvula 3/2 vias NF de botão, retorno por mola	
1	Unidade de conservação (FRL)	

Comando de cilindro com escape rápido no avanço:



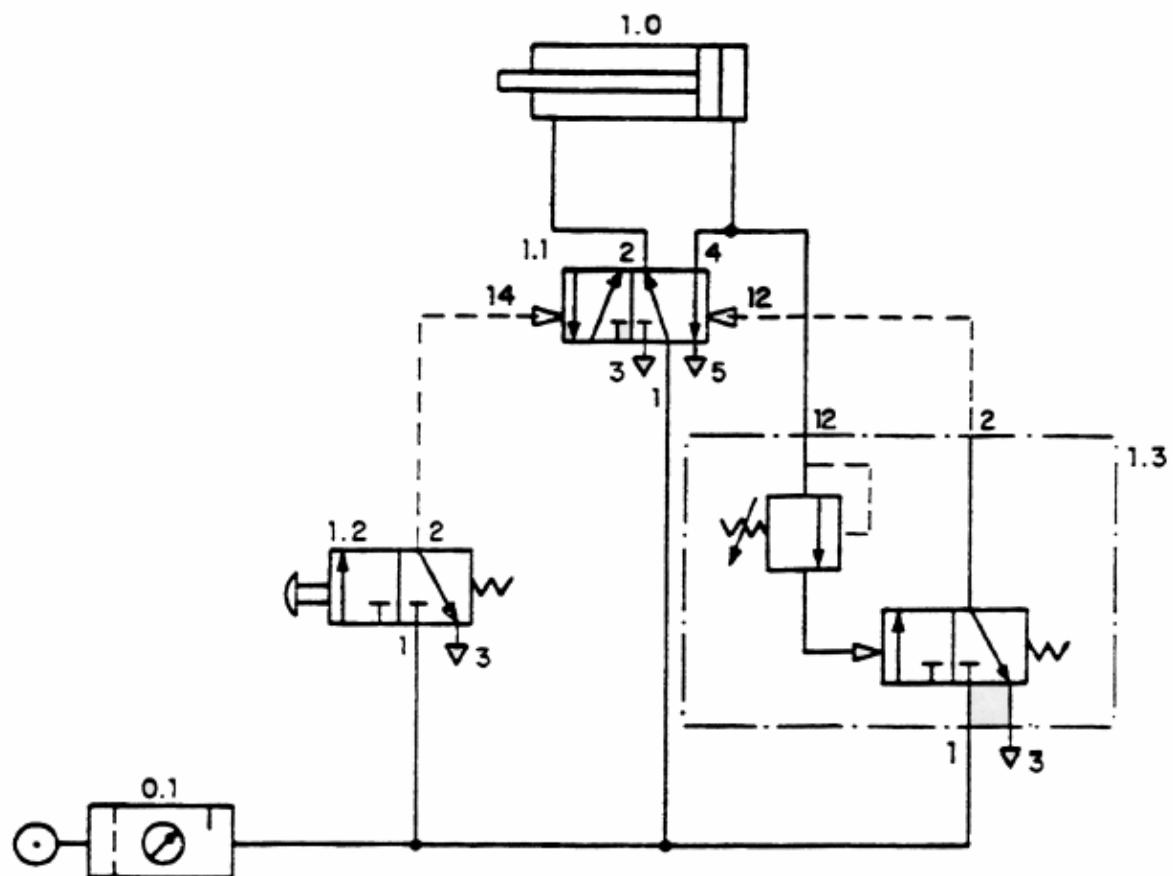
Q. Equip.	Denominações e observações
1	Cilindro de dupla ação
1	Válvula de escape rápido
1	Válvula 5/2 vias simples piloto, retorno por mola
1	Válvula 3/2 vias NF de botão, retorno por mola
1	Unidade de conservação (FRL)

Comando de ciclo único com retorno avançado:



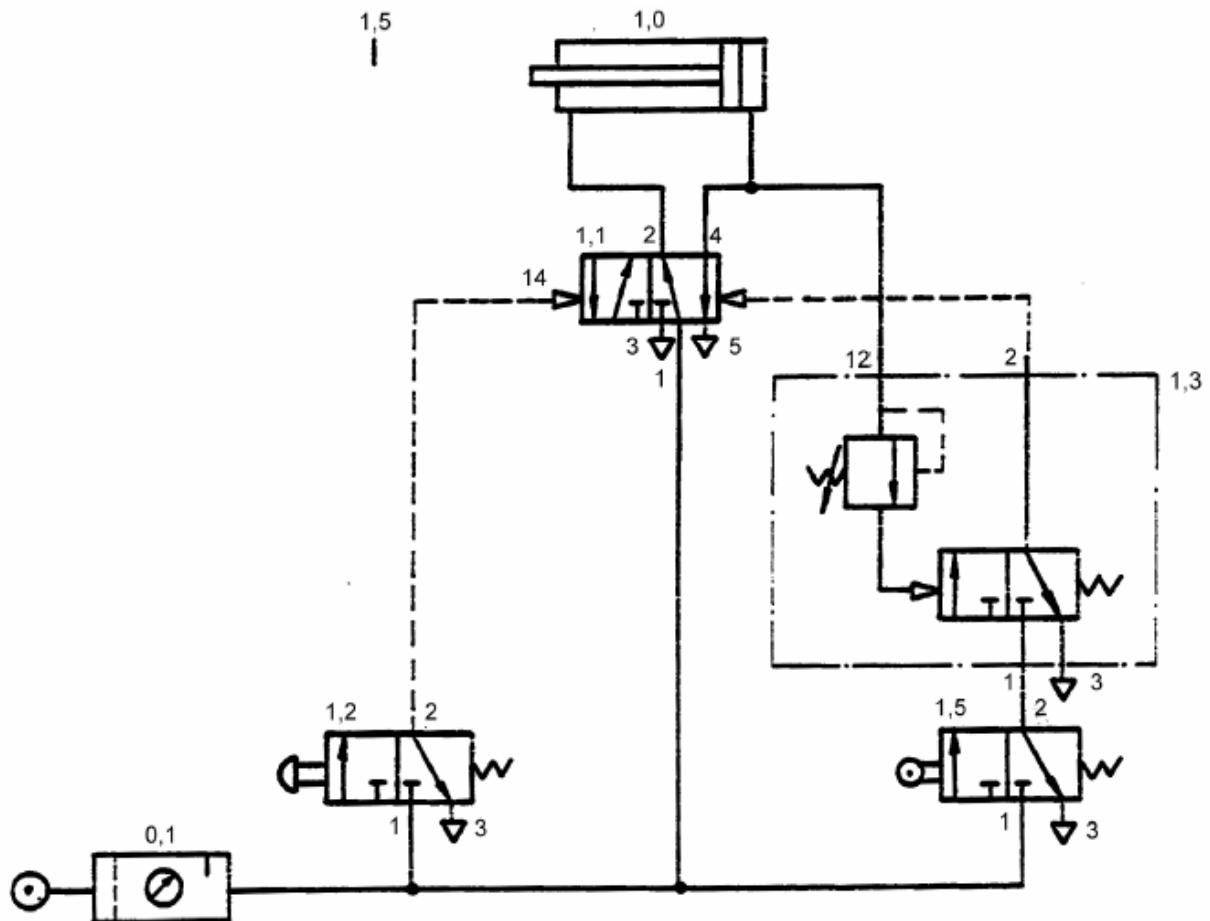
Q.Equip.	Denominações e observações	Nº Ident.
1	Cilindro de dupla ação	
2	Válvula reguladora de fluxo unidirecional	
1	Válvula 5/2 vias, duplo piloto	
1	Válvula alternadora (elemento OU)	
1	Válvula 3/2 vias de alavanca, retorno por mola (NF)	
1	Válvula 3/2 vias de rolete, retorno por mola (NF)	1.3
1	Válvula 3/2 vias de botão, retorno por mola (NF)	
1	Unidade de conservação (FRL)	

Comando de inversão em dependência de pressão:



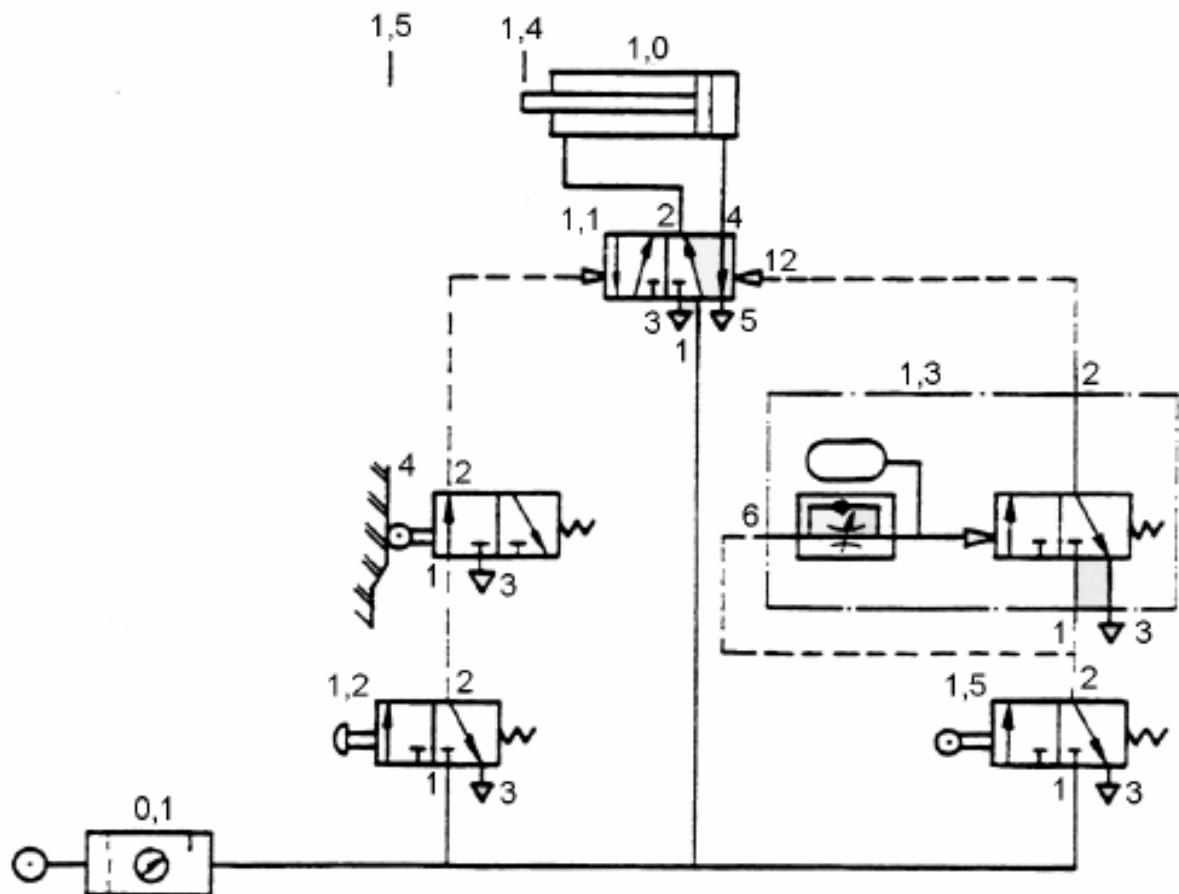
Q.Equip.	Denominações e observações	Nº Ident.
1	Cilindro de dupla ação	
1	Válvula 5/2 vias, duplo piloto	
1	Válvula de sequência	1.3
1	Válvula 3/2 vias NF de botão, retorno por mola	
1	Unidade de conservação (FRL)	

Comando de inversão e dependência de pressão com controle mecânico (ciclo único):



Q.Equip.	Denominações e observações
1	Cilindro de dupla ação
1	Válvula 5/2 vias, duplo piloto positivo
1	Válvula 3/2 vias NF de rolete, retorno por mola
1	Válvula de seqüência
1	Válvula 3/2 vias NF de botão, retorno por mola
1	Unidade de conservação (FRL)

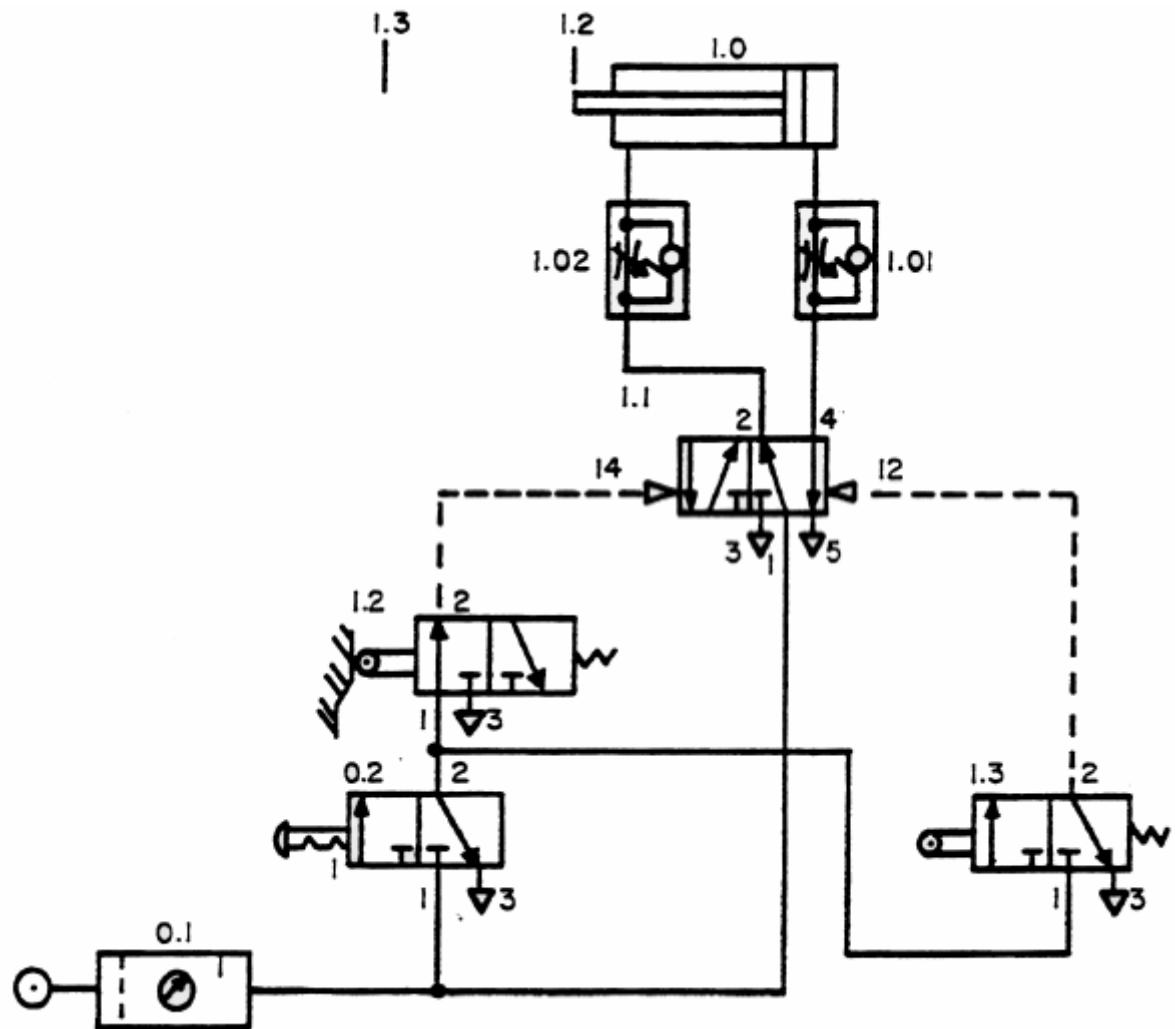
Comando de inversão e corte de sinal em dependência de tempo:



Q. Equip.	Denominações e observações	Nº Ident.
1	Cilindro de dupla ação	
1	Válvula 5/2 vias, duplo piloto positivo	
2	Válvula 3/2 vias NF de rolete por mola	
1	Temporizador pneumático NF (timer)	1.3
1	Válvula 3/2 vias NF de botão, retorno por mola	
1	Unidade de conservação (FRL)	

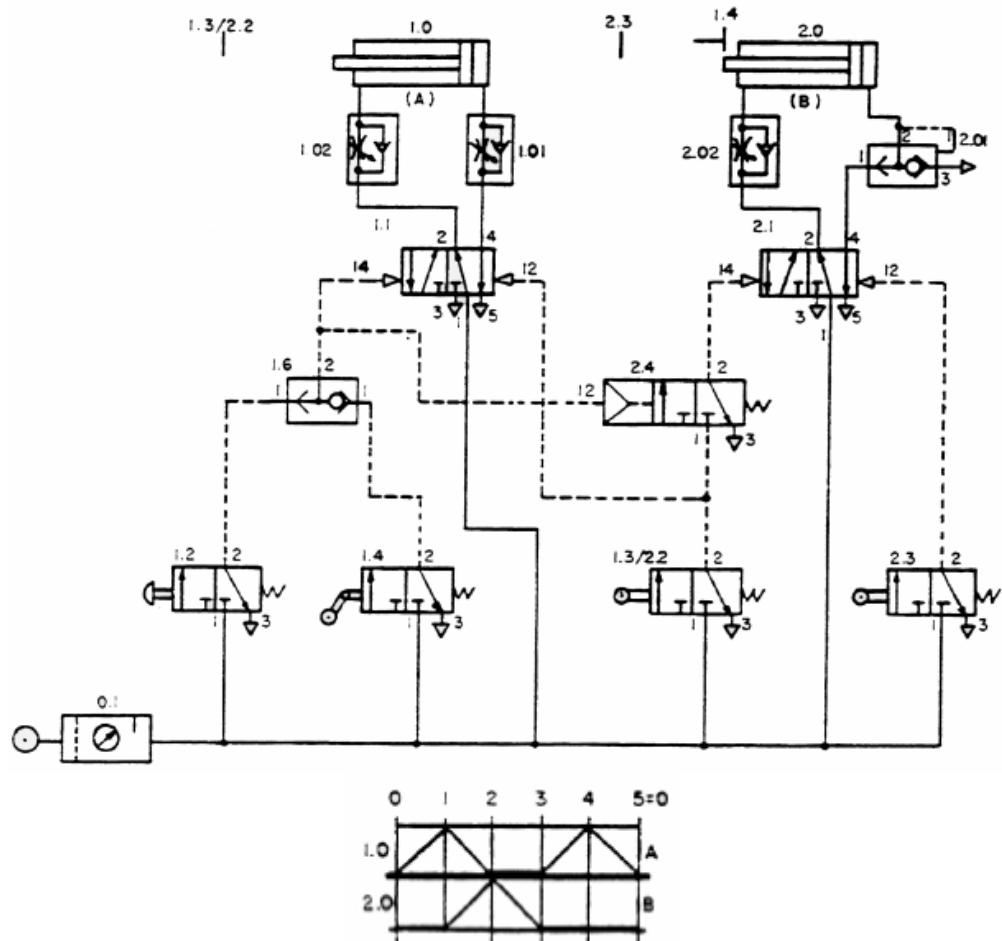
O retorno do êmbolo acontece mesmo que o botão de partida esteja acionado.

Comando de ciclo contínuo com parada no avanço ou no retorno:



Q. Equip.	Denominações e observações	Nº Ident.
1	Cilindro de dupla ação	
2	Válvula reguladora de fluxo unidirecional	
1	Válvula 5/2 vias, duplo piloto positivo	
2	Válvula 3/2 vias NF, de rolete com retorno por mola	
1	Válvula 3/2 vias NF, de botão com trava	0,2
1	Unidade de conservação (FRL)	

Comando seqüencial com válvula Flip-Flop:

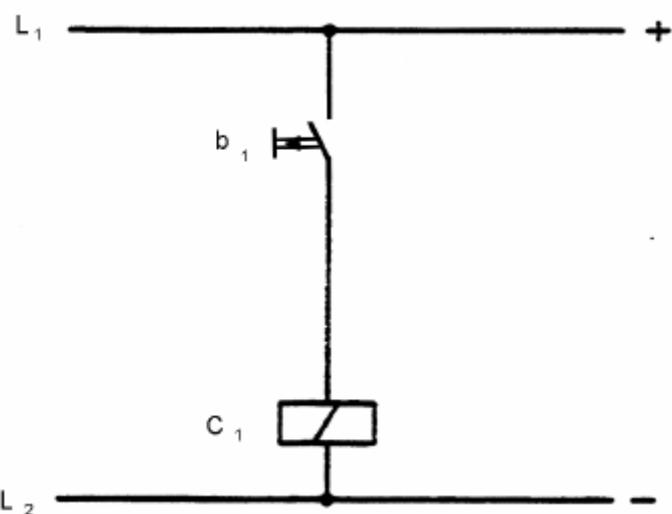
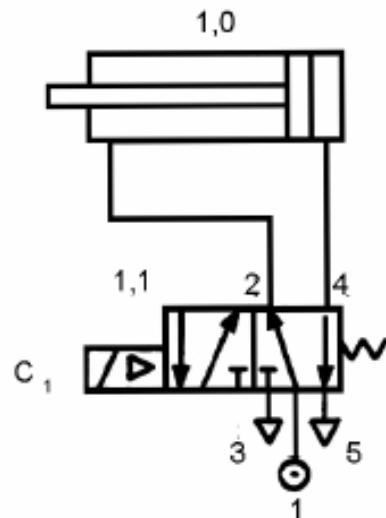


Q. Equip.	Denominações e observações	Nº Ident.
2	Cilindro de dupla ação	
2	Válvula 5/2 vias, duplo piloto positivo	
1	Válvula de escape rápido	
3	Válvula reguladora de fluxo unidirecional	
1	Válvula 3/2 vias NF, (Flip - Flop)	
1	Válvula alternadora (elemento OU)	
1	Válvula 3/2 vias NF de gatilho, retorno por mola	1.4
2	Válvula 3/2 vias NF de rolete, retorno por mola	
1	Válvula 3/2 vias de botão, retorno por mola	
1	Unidade de conservação (FRL)	

18 CIRCUITOS ELETROPNEUMÁTICOS

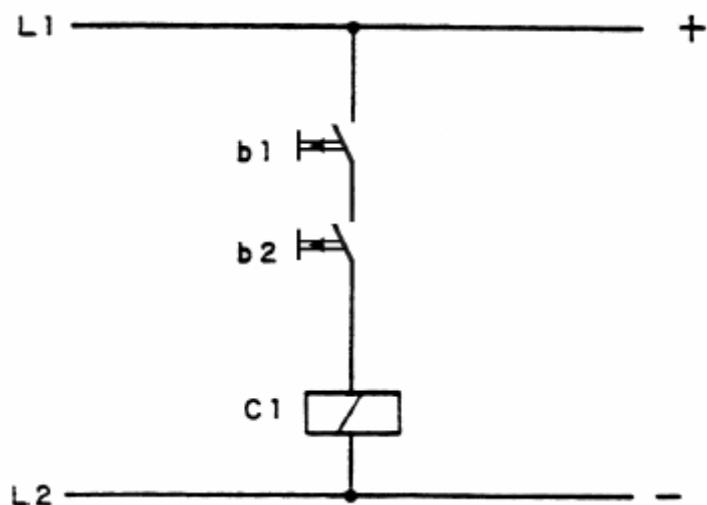
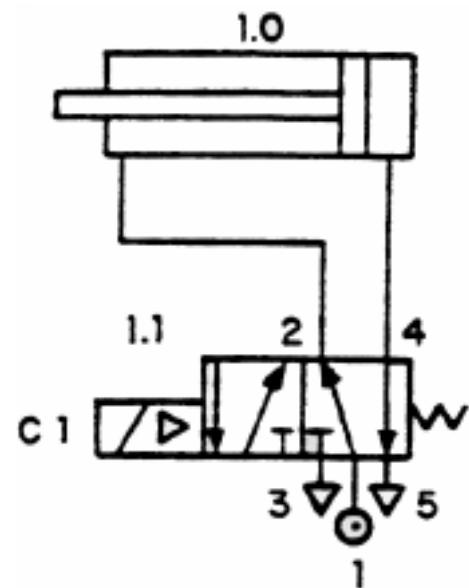
Neste capítulo serão mostrados exemplos de circuitos eletropneumáticos.

Básico com cilindro de dupla ação:



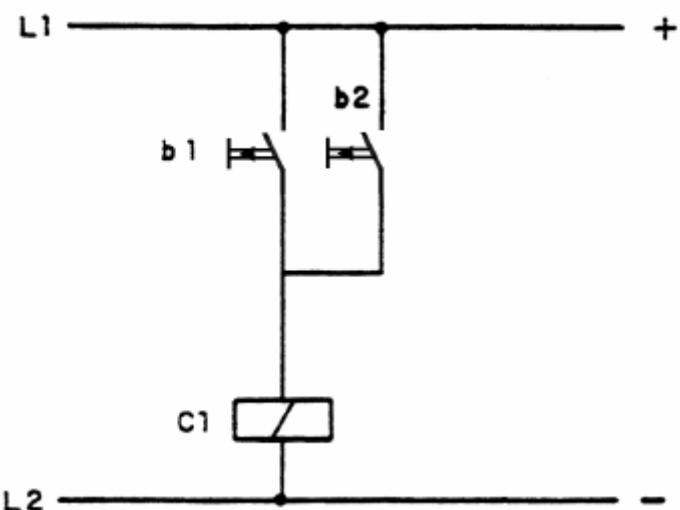
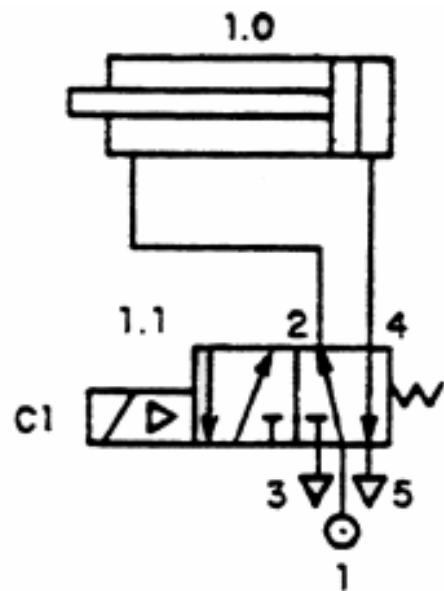
Q. Equip.	Denominações e observações	Nº Ident.
1	Cilindro de dupla ação	
1	Válvula 5/2 vias, acionada por solenóide, pilotada por ar, retorno por mola	1.1
1	Botão de comando (pulsador)	

Comando em série:



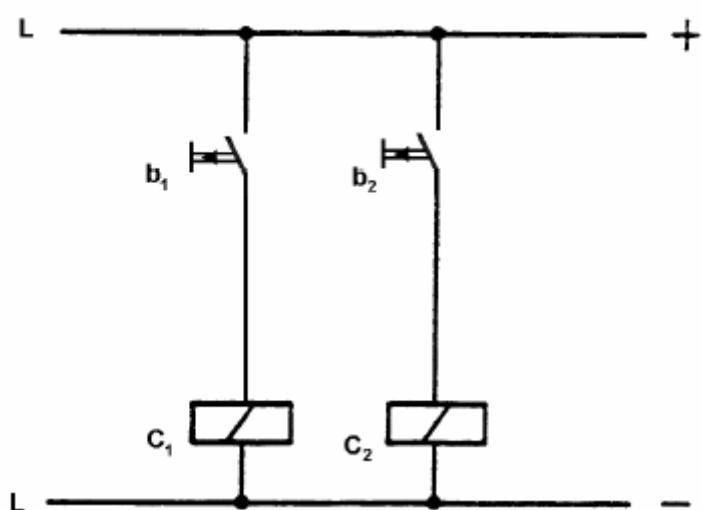
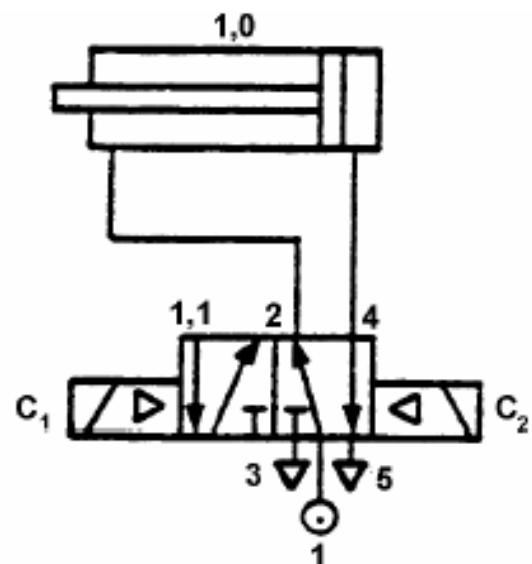
Q. Equip.	Denominações e observações
1	Cilindro de dupla ação
1	Válvula 5/2 vias, acionada por solenóide, pilotada por ar, retorno por mola
2	Botão de comando

Comando em paralelo:



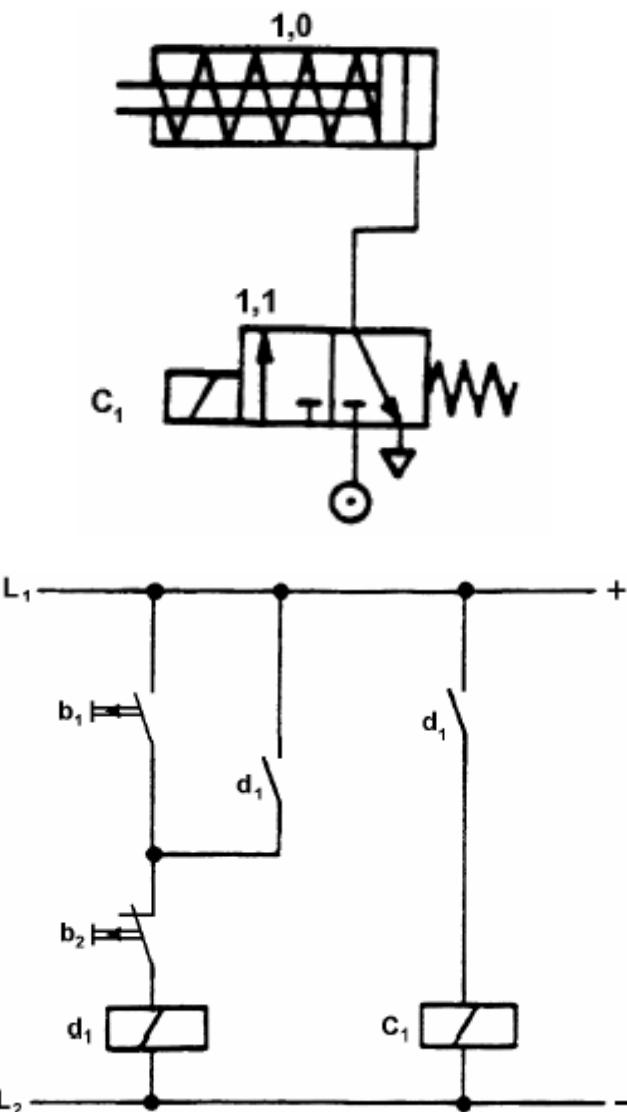
Q. Equip.	Denominações e observações
1	Cilindro de dupla ação
1	Válvula 5/2 vias, acionada por solenóide, pilotada por ar, retorno por mola.
2	Botão de comando

Comando com válvula de impulso:



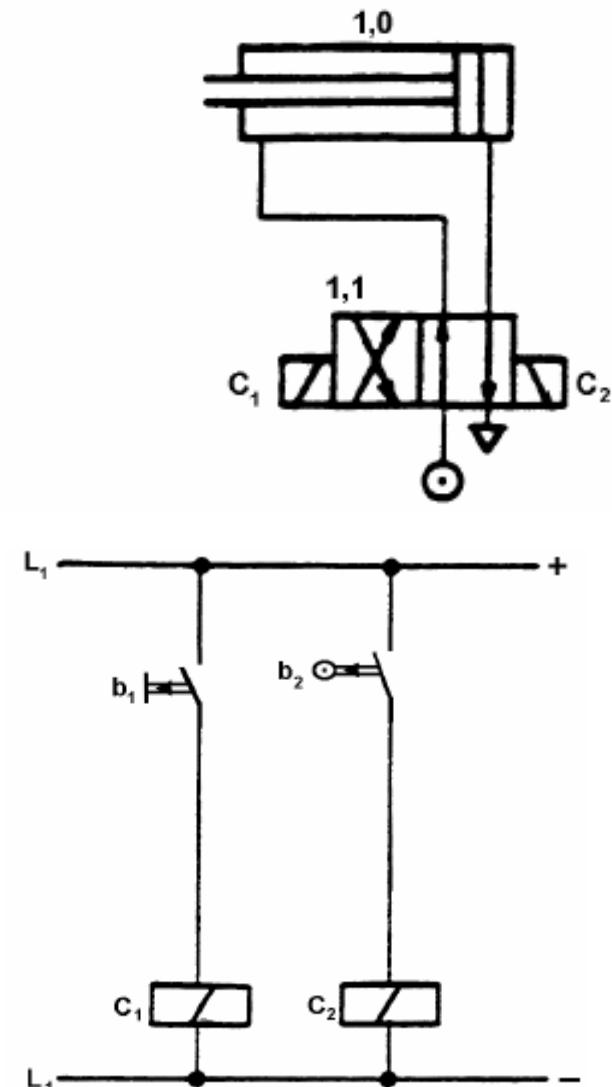
Q. Equip.	Denominações e observações
1	Cilindro de dupla ação
1	Válvula 5/2 vias, duplo solenóide, duplo piloto indireto
2	Botão de comando

Comando de auto-retenção:



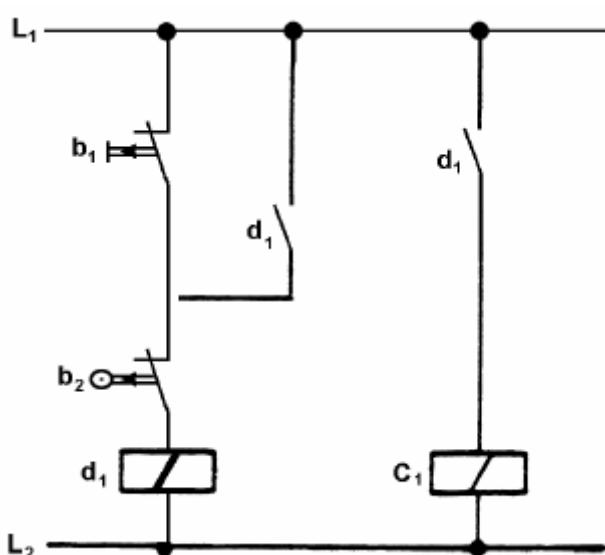
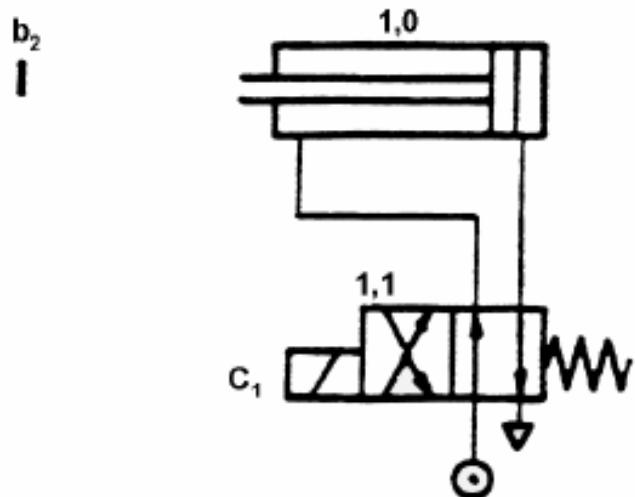
Q. Equip.	Denominações e observações
1	Cilindro de simples ação
1	Válvula 3/2 vias NF, simples solenóide
1	Contator auxiliar 2 contatos NA
2	Botão de comando

Comando com retorno automático (duplo solenóide):



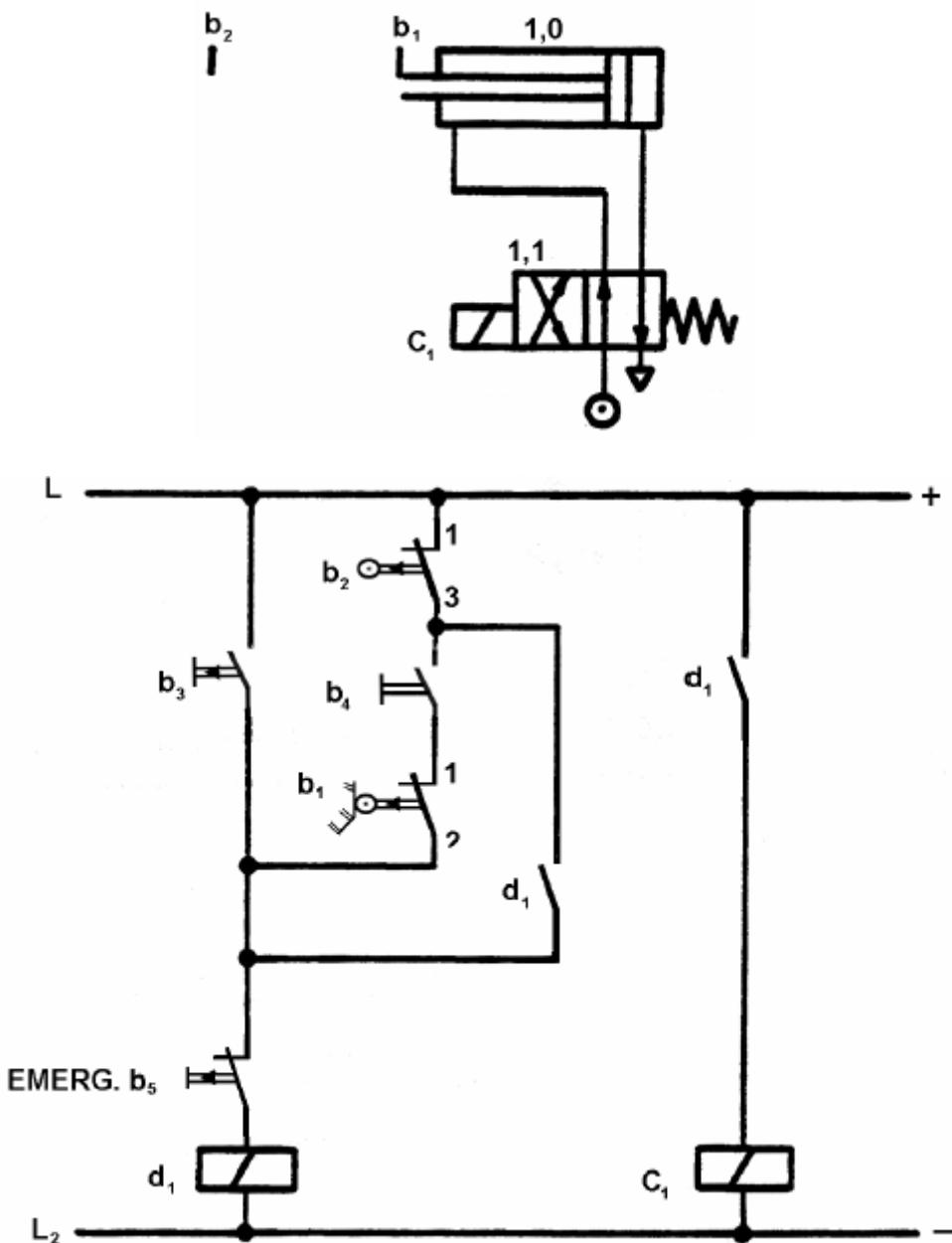
Q. Equip.	Denominações e observações
1	Cilindro de dupla ação
1	Válvula 4/2 vias, duplo solenóide
1	Chave fim-de-curso de rolete
1	Botão de comando

Comando básico com retorno automático (simples solenóide):



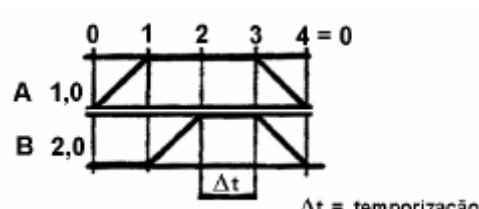
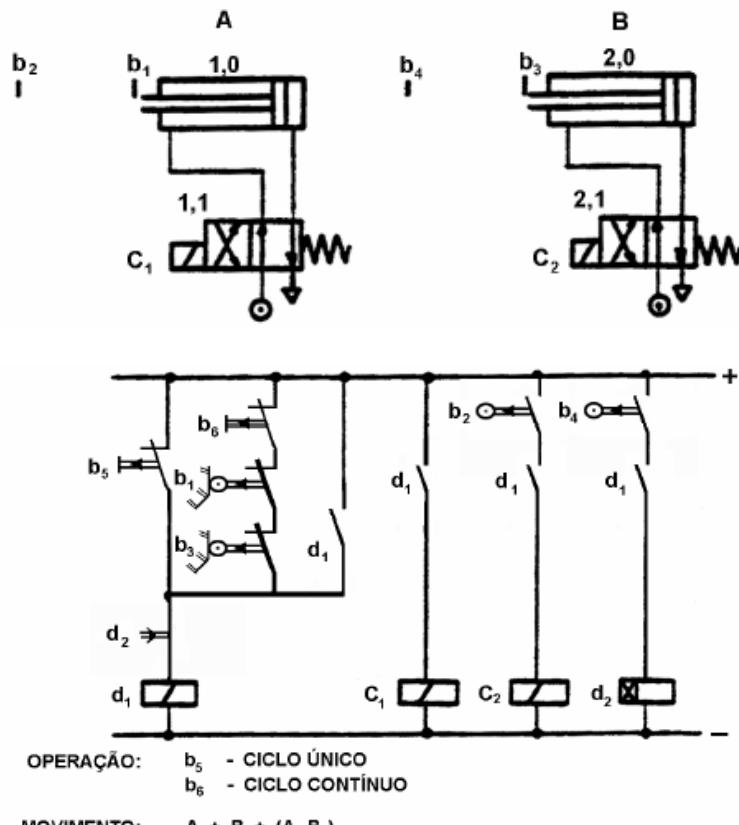
Q. Equip.	Denominações e observações
1	Cilindro de dupla ação
1	Válvula 4/2 vias, simples solenóide
1	Contator auxiliar
1	Chave fim-de-curso de rolete
1	Botão de comando

Comando de auto-retenção (ciclo contínuo):



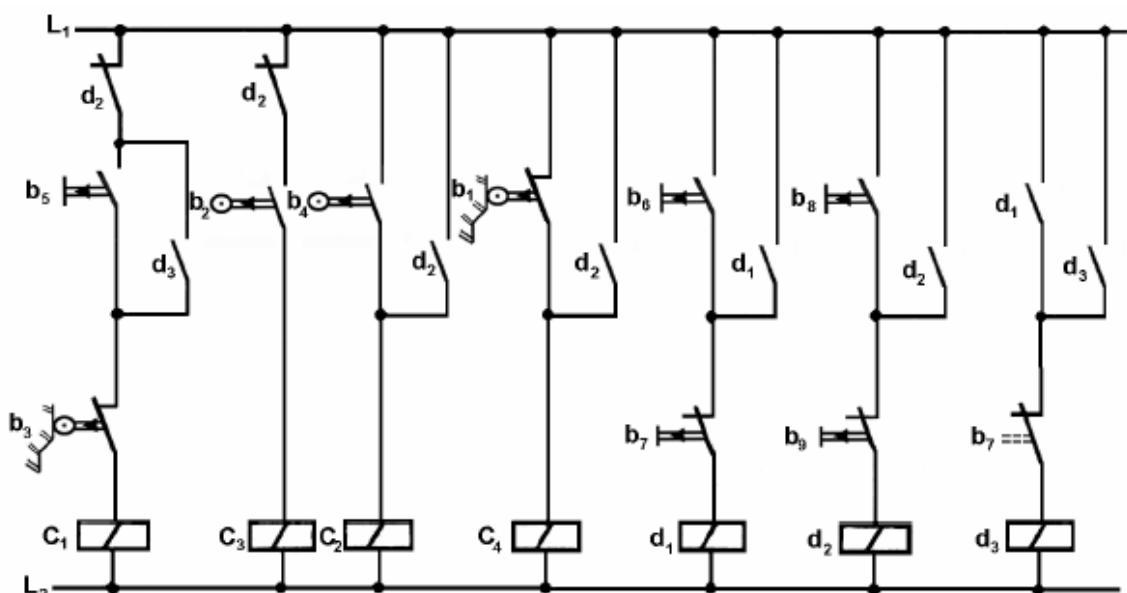
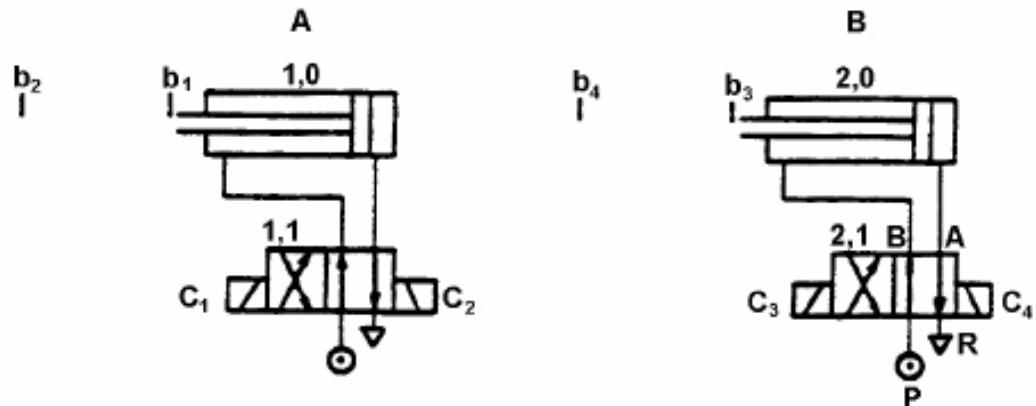
Q. Equip.	Denominações e observações
1	Cilindro de dupla ação
1	Válvula 4/2 vias, simples solenóide
2	Chave fim-de-curso de rolete
1	Botão de comando com trava ou comutador
2	Botão de comando

Comando com relé de tempo:



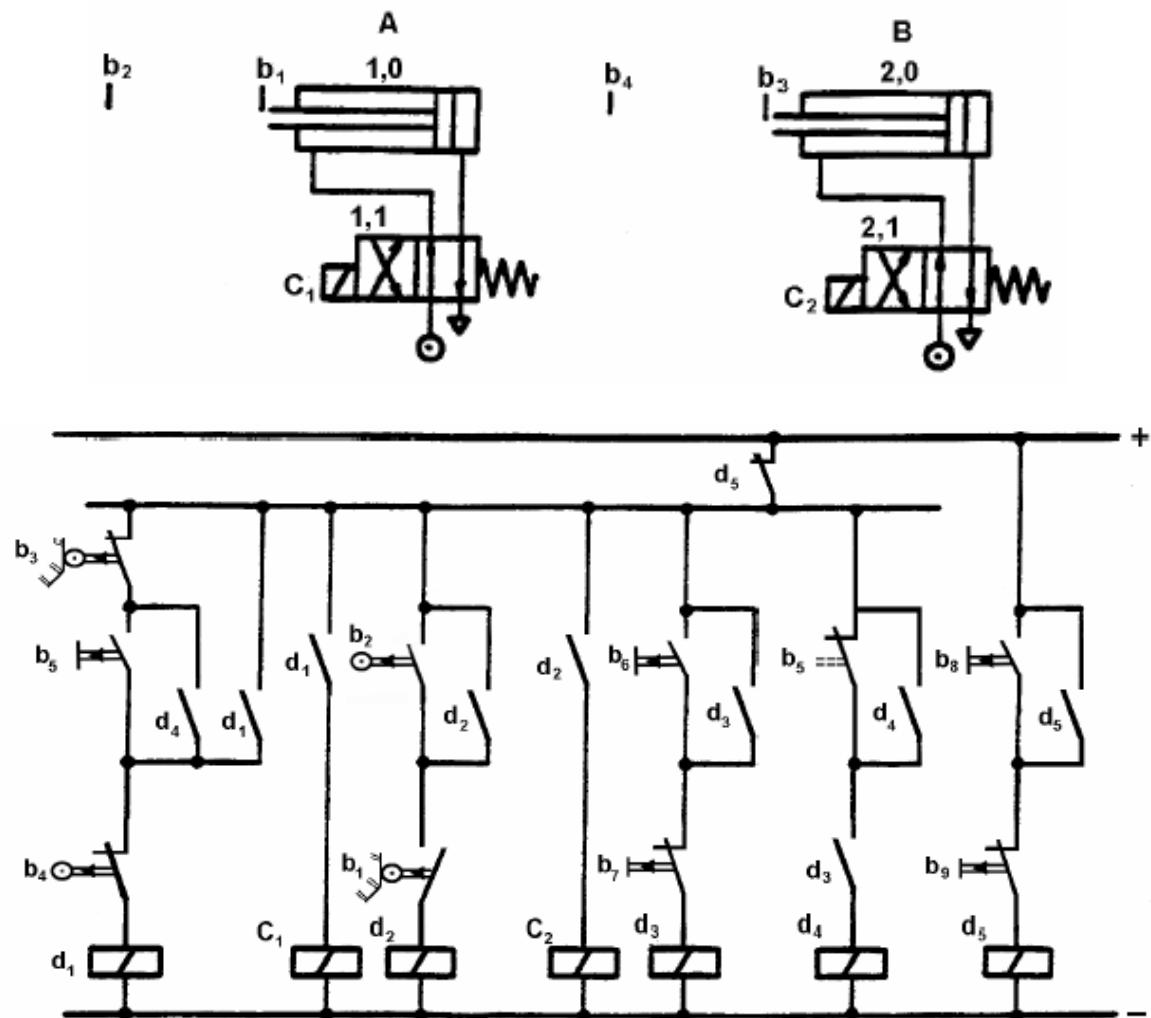
Q.Equip.	Denominações e observações
2	Cilindro de dupla ação
2	Válvula 4/2 vias, simples solenóide
1	Temporizador (relé de tempo)
1	Contator auxiliar
4	Chave fim-de-curso de rolete
1	Botão de comando com trava
1	Botão de comando

Círculo seqüencial com válvula de impulso:



Q.Equip.	Denominações e observações
2	Cilindro de dupla ação
2	Válvula 4/2 vias, duplo solenóide
3	Contator auxiliar
4	Chave fim-de-curso de rolete
5	Botão de comando

Círculo seqüencial com comando de auto-retenção:



Q.Equip.	Denominações e observações
2	Cilindro de dupla ação
2	Válvula 4/2 vias, simples solenóide
5	Contator auxiliar
4	Chave fim-de-curso de rolete
5	Botão de comando

Movimento (A+ B+ A- B-)

19 EXERCÍCIOS

Neste capítulo são sugeridos alguns exercícios de C.H.P. separados conforme os capítulos desta apostila.

Capítulo 01

1. O que é hidráulica?
2. Quais as vantagens de um acionamento hidráulico?
3. Qual a função do fluido em hidráulica?
4. Defina potência.
5. Defina força.
6. Qual é a força exercida por um cilindro de simples efeito, com área do êmbolo de 20 cm^2 , quando a pressão atinge $p = 80 \text{ bar}$? Despreze a força de atrito.

Capítulo 02

1. Qual o princípio de funcionamento de uma bomba hidráulica?
2. Quais são os tipos de bombas hidráulicas?
3. Como funciona a bomba linear.
4. Quais são as possibilidades de desalinhamento de uma bomba?
5. Como podemos identificar que uma bomba está sem óleo suficiente?
6. O que é cavitação e como evitá-la?
7. O que adicionamos a um circuito hidráulico para identificar e combater a sobrepressão?

Capítulo 03

1. Qual a função de um atuador hidráulico?
2. Cite os fluidos empregados nos atuadores.
3. Cite os tipos de movimento realizados pelos atuadores.
4. Quais são as partes de um cilindro (atuador linear)?
5. Quais os tipos de atuadores rotativos?
6. Onde podem ser aplicados os motores hidráulicos?
7. Quais os principais fatores comparativos entre um motor hidráulico e um motor elétrico?

Capítulo 04

1. Para que servem as válvulas?
2. O que é uma válvula solenóide?
3. Quais os tipos de comando de válvula?
4. Cite em quais situações devem ser utilizadas as válvulas reguladoras de pressão.
5. Como podemos controlar a direção e o sentido do fluxo de um fluido.
6. Cite uma situação onde é necessária a utilização de uma válvula reguladora de vazão.

Capítulo 05

1. Qual a função do fluido hidráulico?
2. O que determina a viscosidade de um fluido?

3. Qual a influência que a temperatura causa ao fluido?
4. Que características são esperadas de um óleo mineral.
5. Qual o período de troca de óleo?

Capítulo 06

1. Qual a função da tubulação?
2. Quais são os tipos de tubulação? Explique-os.
3. Quais as precauções devem ser tomadas nas instalações dos tubos?
4. Como não se deve proceder na instalação dos tubos flexíveis?

Capítulo 07

1. Qual é a função de um filtro?
2. Quais fatores devem ser considerados para escolha de um filtro?
3. De que materiais são constituídos os filtros?
4. Qual a função de um pressostato?
5. Qual a função do trocador de calor?
6. Como funciona o resfriador de ar?
7. Como funciona o resfriador de água?
8. Qual a função do aquecedor?
9. Para quê serve um termostato?

Capítulo 08

1. Quais são os tipos de vedantes?
2. Cite três possíveis causas de vazamentos.
3. Qual a importância da seleção de materiais em vedantes?
4. Onde são aplicados os vedantes de borracha natural?
5. Quais são as propriedades mecânicas do poliuretano?

Capítulo 09

1. Como funciona o sistema óleo-hidráulico estático?
2. Como funciona o sistema óleo-hidráulico dinâmico?
3. De que maneiras podem ser classificados os sistemas óleo hidráulicos?
4. Explique sistema de geração de controle.
5. Explique sistema de aplicação de energia.
6. Cite algumas vantagens dos sistemas hidráulicos.
7. Cite algumas desvantagens dos sistemas hidráulicos.
8. Qual diferença entre sistema hidráulico e pneumático?

Capítulo 10

1. O que indica o número de quadrados no símbolo das válvulas?
2. Como é indicado o sentido do fluxo?
3. Como é definida a posição de repouso de uma válvula?
4. E a posição de partida?
5. Qual o símbolo:

- a. válvula direcional de 3 vias (3/2) aberta;
 - b. válvula direcional de 4 vias (4/2), 1 via de pressão, 1 via de exaustão;
 - c. válvula direcional de 5 vias (5/3), 3 posições de fluxo;
6. Quais são os acionamentos musculares?
 7. Quais são os acionamentos mecânicos?
 8. Quais são os tipos de retorno?
9. Qual é o símbolo (hidráulico)
 - a. reservatório pressurizado;
 - b. linhas cruzadas não conectadas;
 - c. bomba e compressor com um sentido de fluxo;
 - d. motor com um sentido de fluxo;
 - e. cilindro de ação simples com retração por mola;
 - f. com um amortecimento fixo na retração;
 - g. acumulador;
 - h. resfriador;
 - i. filtro;
 - j. purgador com dreno manual;
 - k. válvula de alívio, de segurança, limitadora de pressão ou de seqüência diretamente operada;
 - l. válvula redutora de pressão diretamente operada;
 - m. válvula alternadora (elemento OU);
 - n. válvula de simultaneidade (elemento E);
 - o. válvula de retenção sem mola;
 - p. válvula reguladora de vazão com controle unidirecional;
 - q. manômetro;
 - r. medidor de vazão;
 - s. contato NA;
 - t. solenóide;
 - u. relé.

Capítulo 11

1. O que é ligação de distribuição?
2. Explique o sistema hidráulico simples.
3. Quais são os tipos mais comuns de sistemas hidráulicos?
4. Esquematize um sistema hidráulico com válvulas direcionais em série.
5. Esquematize um sistema hidráulico com válvula direcionais em paralelo.

Capítulo 12

1. Quais os erros mais comuns que podem ocorrer no dimensionamento de um sistema hidráulico?
2. Baseado em quais fatores um componente é especificado?
3. Qual procedimento deve ser tomado antes de instalar um equipamento novo?
4. Como podemos identificar o sentido de rotação de uma bomba?
5. Qual é o procedimento de desaeração?
6. Como é feito o controle do óleo utilizado em um equipamento?

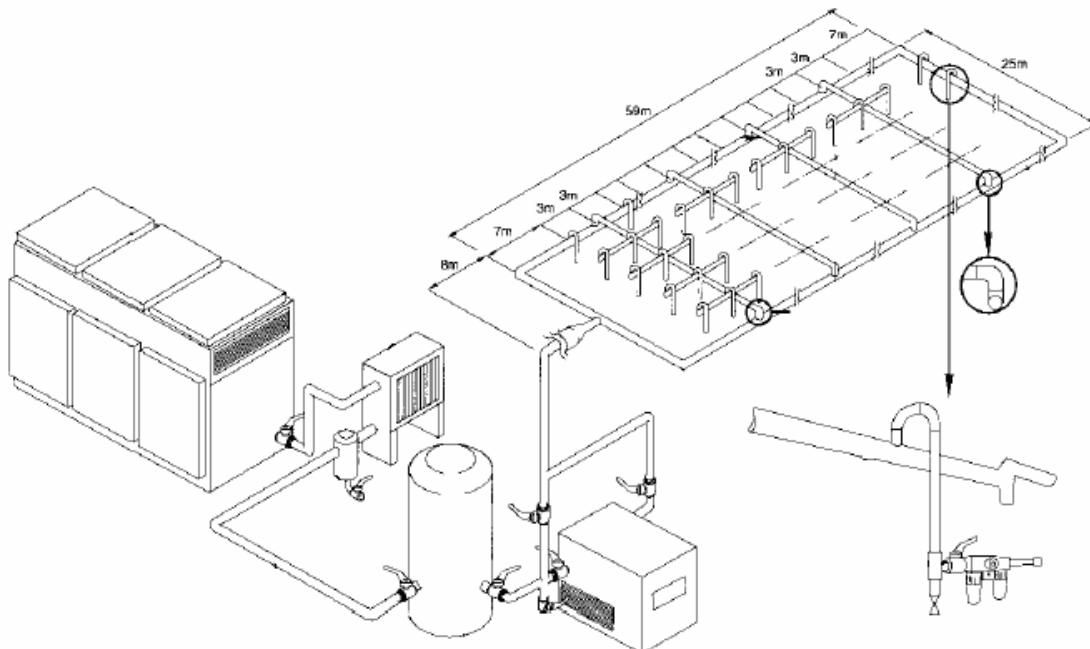
7. Como pode ocorrer contaminação de óleo em um sistema hidráulico?

Capítulo 13

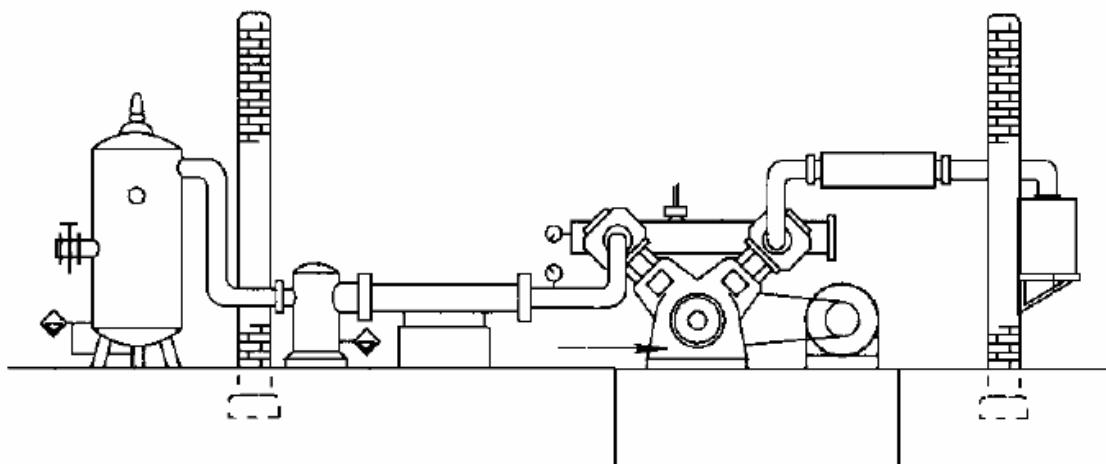
1. Quais os elementos de utilização da Energia Hidráulica?
2. Quais os elementos de geração da Energia Hidráulica?
3. Quais os elementos de controle de energia Hidráulica?
4. Quais os elementos de transmissão da Energia Hidráulica?
5. Qual o meio de transmissão de Energia Hidráulica?
6. Defina CHP (Circuitos Hidráulicos Pneumáticos).

Capítulo 14

1. Do que se constitui uma fonte de ar comprimido?
2. Localize na figura:



- a. compressor
 - b. tubulação de descarga
 - c. reservatório de ar
 - d. secador
 - e. redução
 - f. rede secundária
3. Do que se constitui uma unidade de distribuição de ar?
 4. Onde se faz necessária a instalação de unidades de condicionamento?
 5. Localize na figura:



- a. válvula de segurança
 - b. manômetros
 - c. válvula de bloqueio
 - d. válvula de alívio
 - e. drenos automáticos
6. Quais são os critérios utilizados para escolha de um compressor?
 7. Como pode ser feita uma regulagem de carga parcial?
 8. Cite três parâmetros que devem ser considerados na construção de uma rede de ar comprimido.
 9. Quais passos devem ser seguidos para manutenção na rede de ar comprimido?
 10. O que é ponto de orvalho?
 11. Que elementos podem prejudicar o funcionamento das válvulas pneumáticas.
 12. O que utilizamos para retirar umidade excessiva (água) do sistema?
 13. Quais são os processos de secagem?
 14. Qual a utilidade do reservatório de ar comprimido?
 15. O que compõe uma unidade de conservação?
 16. Como funciona um filtro de ar comprimido?
 17. Qual o princípio de funcionamento de um regulador de pressão?
 18. Qual o símbolo de um lubrificador de ar comprimido?

Capítulo 15

1. O que é esquema de comando?
2. Quais são as maneiras de representação de seqüência de trabalho?
3. Como se procede uma relação em seqüência cronológica?
4. Como se representa o avanço numa seqüência?
5. E o retorno?
6. Trace um diagrama trajeto-passo.
7. Trace um diagrama trajeto-tempo.
8. O que representa um diagrama de comando?
9. Quais fatores devem ser considerados ao elaborar um diagrama de comando?
10. O que é um diagrama de funcionamento e qual sua função?
11. Quais são os tipos de esquema de comando?
12. Descreva um esquema de comando de posição.
13. Descreva um esquema de comando de sistema.

14. O que é método intuitivo?
15. O que é método cascata?

20 EXERCÍCIOS - RESPOSTAS

Capítulo 01

1. O que é hidráulica?

É uma ciência baseada nas características físicas dos líquidos em repouso e em movimento. Entende-se por hidráulica os movimentos, a transmissão e o controle da força mediante líquidos.

2. Quais as vantagens de um acionamento hidráulico?

Velocidade variável, reversibilidade, parada instantânea, proteção contra sobre carga, dimensões reduzidas.

3. Qual a função do fluido em hidráulica?

Transmitir energia, lubrificar peças móveis, vedar folgas entre essas peças móveis, resfriar ou dissipar calor, limpar o sistema.

4. Defina potência.

É a medida de uma força, que se move através de uma determinada distância, a uma determinada velocidade.

5. Defina força.

Qualquer causa que tende a produzir ou modificar movimentos.

6. Qual é a força exercida por um cilindro de simples efeito, com área do êmbolo de 20 cm^2 , quando a pressão atinge $p = 80 \text{ bar}$? Despreze a força de atrito.

Capítulo 02

1. Qual o princípio de funcionamento de uma bomba hidráulica?

Princípio de deslocamento.

2. Quais são os tipos de bombas hidráulicas?

Bomba de aletas

- com deslocamento constante

- *bomba de engrenagens*
- *palhetas e fuso roscado*

- com deslocamento variável

- *bomba de palhetas*

Bomba de pistões

- com deslocamento constante

- *bombas de pistões axiais*
- *bombas de pistões radiais*
- *bombas de pistões em linha*

- com deslocamento variável

- *bombas de pistões axiais*
- *bombas de pistões radiais*

3. Como funciona a bomba linear.

Pistão radial – o conjunto gira em um pivô estacionário por dentro de um anel ou rotor.

Pistão axial – o conjunto de cilindros e o eixo estão na mesma linha, e os pistões se movimentam em paralelo ao eixo de acionamento.

4. Quais são as possibilidades de desalinhamento de uma bomba?

O axial e o angular.

5. Como podemos identificar que uma bomba está sem óleo suficiente?

O nível de ruído durante o seu funcionamento será bem mais elevado do que quando em trabalho normal.

6. O que é cavitação e como evitá-la?

Formação de bolhas de ar que implodem e “cavam” material internamente à bomba, emite ruídos como “pipocas estalando na panela”.

- Verificar se o filtro de sucção está totalmente imerso no fluido e se o respiro do reservatório não se encontra obstruído;
- Verifique se a viscosidade do fluido é aquela recomendada pelo fabricante;
- Escorve a bomba quando no princípio do funcionamento;
- Verifique se as uniões do duto de sucção (cotovelos, juntas, etc.) estão bem vedadas;
- Verifique se o fluido utilizado é o recomendado pelo fabricante;
- Verifique se as dimensões da linha de sucção estão corretas.

7. O que adicionamos a um circuito hidráulico para identificar e combater a sobrepressão?

Introduzimos válvulas de segurança tais como válvula de alívio de ação direta, supressora de choque, etc.

Capítulo 03

1. Qual a função de um atuador hidráulico?

Aplicar ou fazer atuar energia mecânica sobre uma máquina, levando-a a realizar um determinado trabalho.

2. Cite os fluidos empregados nos atuadores.

Ar comprimido e óleo sob pressão.

3. Cite os tipos de movimento realizados pelos atuadores.

Linear e rotativo.

4. Quais são as partes de um cilindro (atuador linear)?

Pistão, haste do pistão, anel amortecedor, anéis do pistão, cabeça traseira, amortecedor, cabeça dianteira, bucha de bronze, retentor da haste, tubo, tirantes, limpador da haste, respiros.

5. Quais os tipos de atuadores rotativos?

Angulares e contínuos.

6. Onde podem ser aplicados os motores hidráulicos?

Guindastes, esteiras rolantes, perfuradoras, serras, carros do tipo vagão, dragas, máquinas agrícolas, laminadores, bobinadeiras, misturadores, etc.

7. Quais os principais fatores comparativos entre um motor hidráulico e um motor elétrico?
 - *A relação peso/potência do motor hidráulico é bem menor do que um motor elétrico.*
 - *O rendimento do motor elétrico fica entre 90 e 95% enquanto o de um motor hidráulico é vai de 70 a 90%.*
 - *O motor hidráulico pode trabalhar em ambientes desfavoráveis que sejam perigosos ou impossíveis para a aplicação do motor elétrico comum.*
 - *Os motores hidráulicos têm uma resposta mais constante, já os elétricos chegam a um torque nominal de até 160%.*
 - *Os motores hidráulicos revertem com pouca energia enquanto os elétricos têm pico de corrente na reversão.*
 - *Os motores elétricos exigem determinados acessórios mais complexos para seu funcionamento em situações incomuns, enquanto o hidráulico é mais acessível nestas situações.*

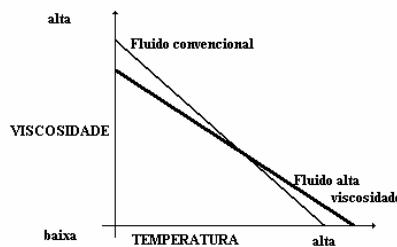
Capítulo 04

1. Para que servem as válvulas?
As válvulas são mecanismos que permitem controlar a direção de fluxo de fluido, sua pressão e vazão. Para cada uma das funções existe um tipo específico de válvula.
2. O que é uma válvula solenóide?
São válvulas acionadas eletricamente.
3. Quais os tipos de comando de válvula?
Manual, mecânico, pneumático e eletromagnético.
4. Cite em quais situações devem ser utilizadas as válvulas reguladoras de pressão.
 - *Limitar a pressão máxima do sistema.*
 - *Determinando um nível de pressão de trabalho.*
 - *Determinando dois níveis diferentes de pressão.*
 - *Determinando, ao mesmo tempo, dois níveis de pressão distintos.*
 - *Descarregando a bomba.*
5. Como podemos controlar a direção e o sentido do fluxo de um fluido.
Com válvulas de controle direcional.
6. Cite uma situação onde é necessária a utilização de uma válvula reguladora de vazão.
Avanço da broca de uma furadeira.

Capítulo 05

1. Qual a função do fluido hidráulico?
Meio de transmissão de força proporcionando o máximo de lubrificação.
2. O que determina a viscosidade de um fluido?
Determina o índice de resistência ao fluxo.

3. Qual a influência que a temperatura causa ao fluido?



4. Que características são esperadas de um óleo mineral.

Antiemulsificação.

Neutralização.

Ponto de Anilina (P.A.)

Aditivos

- *antioxidante*
- *antiespumante*
- *antidesgastante*
- *detergentes*

5. Qual o período de troca de óleo?

- 1500 a 2000 horas, para ciclos de trabalho leve, sem contaminação.

- 1000 a 1500 horas, para ciclos de trabalho leve, com contaminação, ou ciclos de trabalho pesado sem contaminação.

- 500 a 1000 horas, para ciclos de trabalho pesado, com contaminação.

Capítulo 06

1. Qual a função da tubulação?

Atua como um condutor à prova de vazamentos do fluido.

2. Quais são os tipos de tubulação? Explique-os.

- *Tubos rígidos (aço)*

- *Standard, ou classe 40;*
- *Extra forte ou classe 80, para 1000 psi;*
- *Classe 160 para 3000 psi;*
- *Duplo extra forte.*

- *Tubos semi-rígidos*

- *Aço inoxidável, inconsútil 18-18, totalmente recoberto, adequado para dobraduras e alargamentos;*
- *Aço inconsútil (intiriço) SAE 1010 totalmente recoberto;*
- *Alumínio inconsútil B50S-0*
- *Cobre inconsútil totalmente recoberto.*

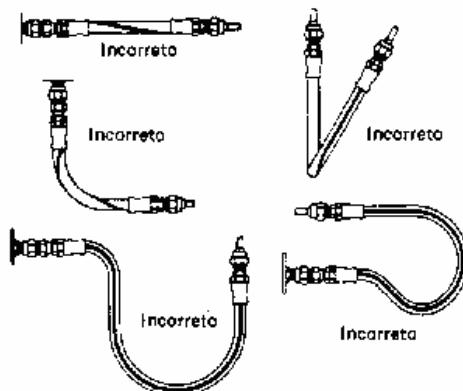
- *Tubos flexíveis*

- *Carcaça: algodão, fibra sintética, asbestos ou fio metálico, podendo ser trançado, tecido, entrelaçado ou enrolado espiralmente;*
- *Cobertura: protege a carcaça, deve ser flexível e fácil de manejá-la.*

3. Quais as precauções devem ser tomadas nas instalações dos tubos?

- *Evitar ligações em linha reta sempre que possível;*
- *Projetar os sistemas de tubulação simetricamente;*
- *Eliminar tensões nas linhas de tubos;*
- *Inspecionar se os diâmetros e as espessuras estão corretos;*
- *Remover rebarbas de qualquer espécie;*
- *Deixar folga para manutenção no comprimento da tubulação;*
- *Alinhamento correto;*
- *Não rosquear porca na conexão mais externa.*

4. Como não se deve proceder na instalação dos tubos flexíveis?



Capítulo 07

1. Qual é a função de um filtro?

Reducir o nível de impurezas sólidas de um sistema, dentro de um valor aceitável, protegendo os outros elementos de um desgaste muito elevado.

2. Quais fatores devem ser considerados para escolha de um filtro?

- *Tipo de partículas;*
- *número de partículas de impurezas;*
- *velocidade do fluxo do meio de pressão nos vários elementos individuais;*
- *pressão do sistema, quedas de pressão;*
- *tolerâncias, características construtivas.*

3. De que materiais são constituídos os filtros?

Tela metálica e papel.

4. Qual a função de um pressostato?

Os pressostatos são utilizados para, dependendo da pressão hidráulica, ligar ou desligar um circuito elétrico.

5. Qual a função do trocador de calor?

Resfriar e aquecer o sistema.

6. Como funciona o resfriador de ar?

Os dutos de fluido são envoltos em aletas de grande superfície, aumentando a capacidade de resfriamento.

7. Como funciona o resfriador de água?

Feixe de tubos de cobre ou liga de cobre fechado em um tubo de aço, havendo divisões internas por intermédio de placas que visam a aumentar a área e o tempo de troca de calor.

8. Qual a função do aquecedor?

Mantêm o fluido em uma viscosidade adequada.

9. Para quê serve um termostato?

Para controle da temperatura do fluido.

Capítulo 08

1. Quais são os tipos de vedantes?

O'rings, V'rings, anéis raspadores, anéis união para parafuso, gaxetas, gaxeta tipo Chevron, retentores.

2. Cite três possíveis causas de vazamentos.

- *Lábio do retentor cortado ou com arrancamento de material;*
- *Lábio com desgaste excessivo, concentrado em alguma parte do perímetro;*
- *Eixo com mancais de oxidação na área de trabalho do retentor.*

3. Qual a importância da seleção de materiais em vedantes?

Na especificação do material, verificar se este é compatível com o fluido a ser vedado e que a temperatura de trabalho não ultrapasse os valores admissíveis.

4. Onde são aplicados os vedantes de borracha natural?

Peças sujeitas a choques, a compressão e a desgaste, como estão sujeitos os amortecedores, os calços e os coxins.

5. Quais são as propriedades mecânicas do poliuretano?

Possui excepcional resistência mecânica ao cisalhamento, à abrasão, à extrusão e aos impactos.

Capítulo 09

1. Como funciona o sistema óleo-hidráulico estático?

A energia utilizada é a potencial, com o fluido sob alta pressão e baixa velocidade. Atualmente, tem-se conseguido atingir até 1000 bar.

2. Como funciona o sistema óleo-hidráulico dinâmico?

A energia utilizada é a cinética, para a transmissão de potência.

3. De que maneiras podem ser classificados os sistemas óleo hidráulicos?

- *De acordo com a pressão;*
- *De acordo com a sua aplicação;*
- *De acordo com o tipo de bomba;*
- *De acordo com o controle da direção.*

4. Explique sistema de geração de controle.

Constituído por válvulas controladoras de vazão, pressão e direcionais.

5. Explique sistema de aplicação de energia.



6. Cite algumas vantagens dos sistemas hidráulicos.

- *Fácil instalação dos diversos elementos;*
- *Rápida e suave inversão de movimento;*
- *Variações micrométricas na velocidade;*
- *Sistemas auto lubrificados;*
- *Boa relação peso-potência;*
- *Possibilidade de comando por apalpadores;*
- *Fácil proteção em comparação a mecânicos e elétricos;*
- *O óleo hidráulico é ótimo condutor de calor.*

7. Cite algumas desvantagens dos sistemas hidráulicos.

- *Custo maior;*
- *Baixo rendimento;*
- *Risco de incêndio.*

8. Qual diferença entre sistema hidráulico e pneumático?

Os sistemas hidráulicos possuem um controle de força (pressão) e velocidade (vazão) mais apurado que os sistemas pneumáticos.

Capítulo 10

1. O que indica o número de quadrados no símbolo das válvulas?

As posições da válvula.

2. Como é indicado o sentido do fluxo?

Por setas postas em linhas de passagem.

3. Como é definida a posição de repouso de uma válvula?

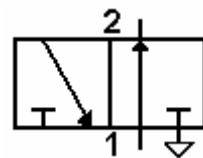
Por conexões de entrada e saída indicadas por traços externos. Define-se como aquela condição em que, através de molas, por exemplo, os elementos móveis da válvula são posicionados enquanto a mesma não está sendo acionada.

4. E a posição de partida?

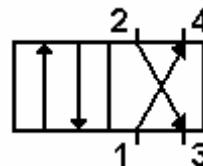
A posição de partida será denominada aquela em que os elementos móveis da válvula assumem após montagem na instalação e ligação de pressão de rede, bem como a possível ligação elétrica, e com a qual começa o programa previsto.

5. Qual o símbolo:

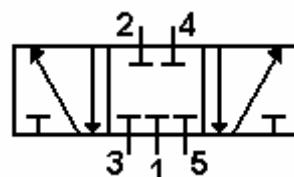
a. válvula direcional de 3 vias (3/2) aberta;



b. válvula direcional de 4 vias (4/2), 1 via de pressão, 1 via de exaustão;



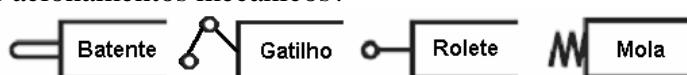
c. válvula direcional de 5 vias (5/3), 3 posições de fluxo;



6. Quais são os acionamentos musculares?



7. Quais são os acionamentos mecânicos?



8. Quais são os tipos de retorno?



9. Qual é o símbolo (hidráulico)

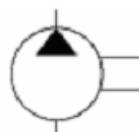
a. reservatório pressurizado;



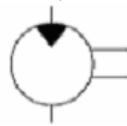
b. linhas cruzadas não conectadas;



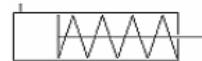
c. bomba e compressor com um sentido de fluxo;



- d. motor com um sentido de fluxo;



- e. cilindro de ação simples com retração por mola;



- f. com um amortecimento fixo na retração;



- g. acumulador;



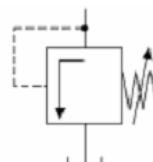
- h. resfriador;



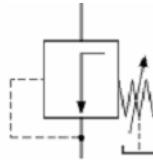
- i. filtro;



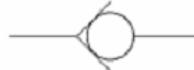
- j. válvula de alívio, de segurança, limitadora de pressão ou de seqüência diretamente operada;



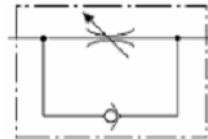
- k. válvula redutora de pressão diretamente operada;



- l. válvula de retenção sem mola;



- m. válvula reguladora de vazão com controle unidirecional;



n. manômetro;



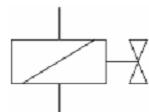
o. medidor de vazão;



p. contato NA;



q. solenóide;



r. relé.



Capítulo 11

1. O que é ligação de distribuição?

Tubulação.

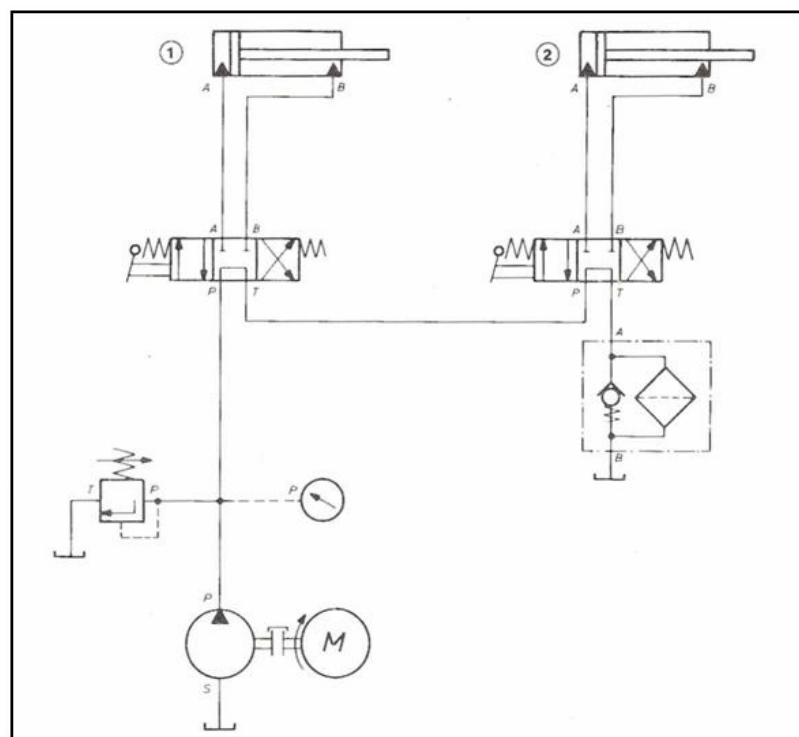
2. Explique o sistema hidráulico simples.

Uma bomba com vazão constante succiona fluido de um reservatório e o desloca, por um tubo conectado, para o restante do sistema. Na posição central da válvula direcional, de acionamento manual, forma-se uma circulação, praticamente sem pressão do fluido, da bomba para o reservatório. A posição é mantida através da centragem das molas. Com o deslocamento da válvula até a posição da esquerda (setas paralelas) o fluido atinge a câmara do êmbolo do cilindro. A haste avança.

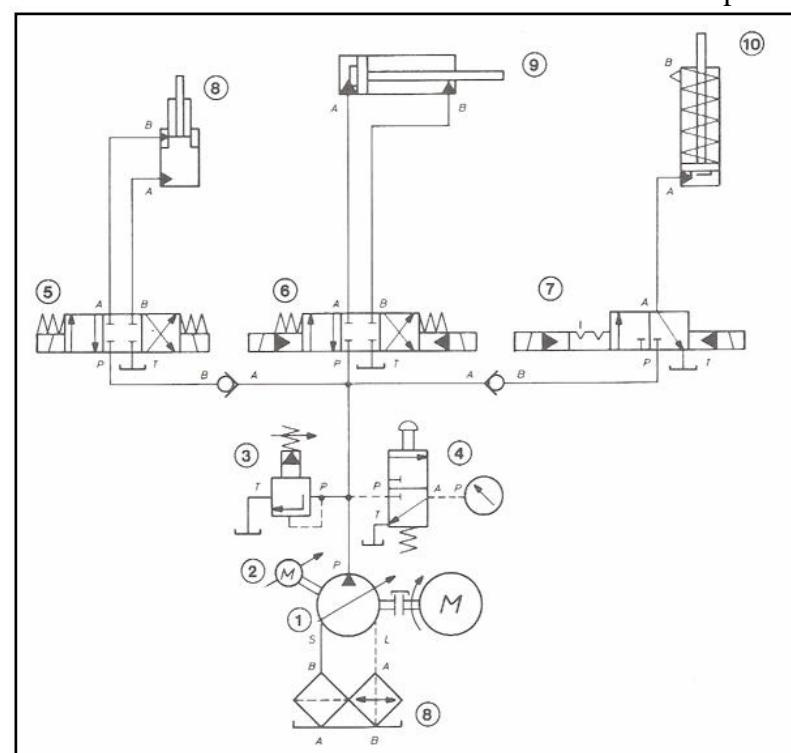
3. Quais são os tipos mais comuns de sistemas hidráulicos?

- a. *Com válvulas direcionais em série;*
- b. *Com válvulas direcionais em paralelo;*
- c. *De 3 estágios de pressão, com a alimentação de pressão comandado à distância;*
- d. *Com cilindro ligado em circuito regenerativo;*
- e. *Com duplo bloqueio de um cilindro;*
- f. *Com cilindro ligado em um circuito regenerativo;*
- g. *Com duplo bloqueio de um cilindro;*

- h. Com válvula de contra pressão e válvula de retenção com desbloqueio hidráulico;
- i. Com regulagem de pressão no cilindro, com ligação em seqüência e depende da pressão, para o avanço e retorno de um segundo cilindro;
- j. Sistema Bowden;
- k. Deslocamento síncrono, princípio da dosagem.
4. Esquematize um sistema hidráulico com válvulas direcionais em série.



5. Esquematize um sistema hidráulico com válvula direcionais em paralelo.



Capítulo 12

1. Quais os erros mais comuns que podem ocorrer no dimensionamento de um sistema hidráulico?

Sub-dimensionamento dos componentes do sistema ou especificações inadequadas do projeto, defeito de fabricação dos componentes, montagem errada de componentes de fabricação.

2. Baseado em quais fatores um componente é especificado?

Nas forças e velocidades a que os componentes são submetidos, levando-se em conta todos os detalhes de ambiente e condições de serviço.

3. Qual procedimento deve ser tomado antes de instalar um equipamento novo?

Deve-se ler os manuais e limpar as partes externas do equipamento, observando possíveis danos causados pelo transporte. Verificar o alinhamento de todos os elementos móveis do equipamento. E antes de ligar o equipamento, verificar a tensão e a corrente adequados a ele.

4. Como podemos identificar o sentido de rotação de uma bomba?

Geralmente está indicado em um lugar visível da carcaça.

5. Qual é o procedimento de desaeração?

Para proceder a desaeração, é necessário fazer circular o óleo a menor pressão possível e soltar levemente o parafuso próprio para esse fim ou, se não houver este parafuso, deve-se soltar levemente as conexões nos diversos pontos, apertando-as quando começar vazar fluido hidráulico.

6. Como é feito o controle do óleo utilizado em um equipamento?

Para controle constante, basta retirar a cada semana uma amostra colocando-se uma gota sobre um papel filtro. Se, no entanto, o centro for azul escuro significa que uma troca de óleo faz-se urgentemente necessária.

7. Como pode ocorrer contaminação de óleo em um sistema hidráulico?

Na montagem ou manutenção do equipamento, ou ainda gerada durante o processo de funcionamento do sistema pelo desgaste de seus componentes.

Capítulo 13

1. Quais os elementos de utilização da Energia Hidráulica?

São os motores hidráulicos também conhecidos como atuadores.

2. Quais os elementos de geração da Energia Hidráulica?

São geradores hidráulicos como as bombas de deslocamento volumétrico.

3. Quais os elementos de controle de energia Hidráulica?

São as válvulas.

4. Quais os elementos de transmissão da Energia Hidráulica?

São as tubulações.

5. Qual o meio de transmissão de Energia Hidráulica?
São os fluidos de transmissão.

6. Defina CHP (Circuitos Hidráulicos Pneumáticos).

Sistemas fluido-mecânicos que geram, controlam, transmitem e utilizam a energia de pressão de um fluido para acionar mecanismos aplicados em equipamentos industriais.

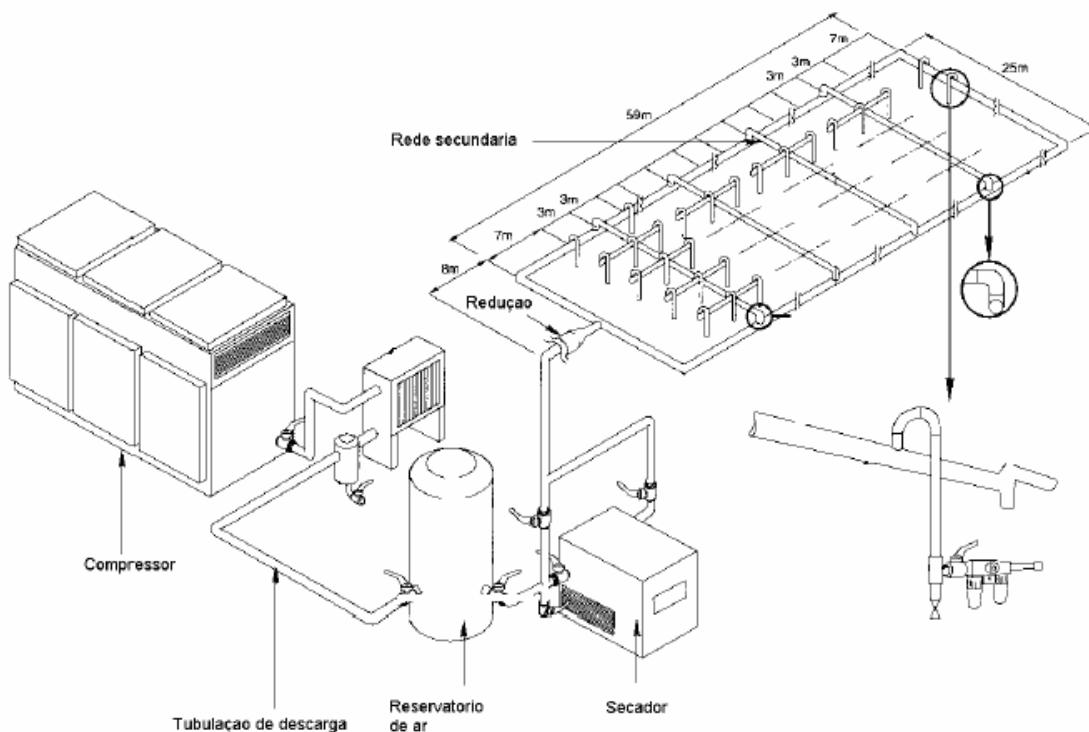
Capítulo 14

1. Do que se constitui uma fonte de ar comprimido?

- Compressor com filtro de admissão;
- resfriador posterior;
- separador condensado;
- reservatório com válvula de segurança;
- secador;
- manômetros;
- válvulas de alívio;
- filtros.

2. Localize na figura:

- a. compressor
- b. tubulação de descarga
- c. reservatório de ar
- d. secador
- e. redução
- f. rede secundária



3. Do que se constitui uma unidade de distribuição de ar?

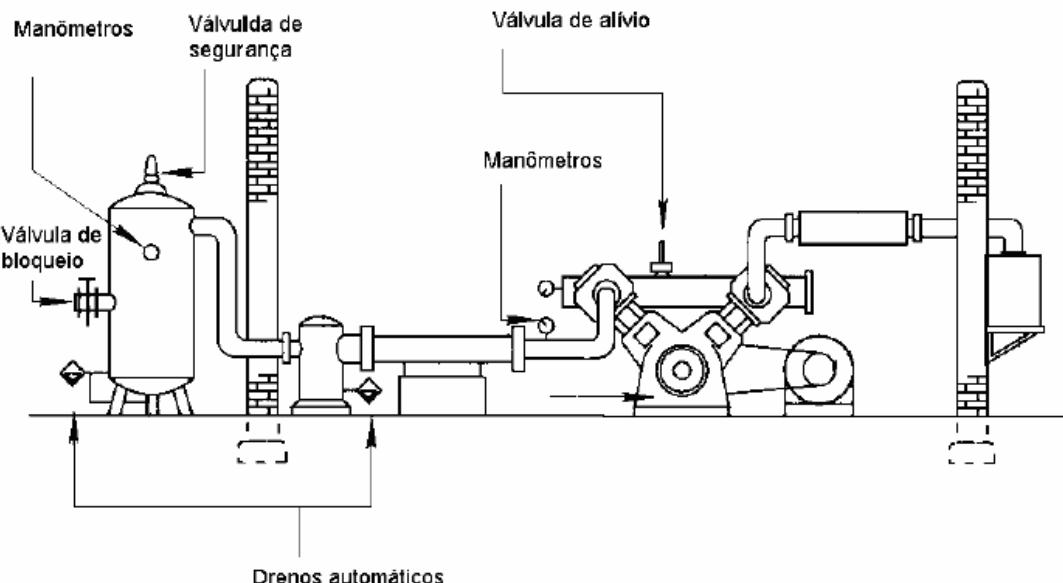
Compõe-se de uma tubulação preferencialmente aérea composta de uma rede principal e onde derivam redes secundárias que alimentam os pontos de ligação dos circuitos pneumáticos

4. Onde se faz necessária a instalação de unidades de condicionamento?

Nas extremidades das tubulações de alimentação da rede secundária

5. Localize na figura:

- válvula de segurança
- manômetros
- válvula de bloqueio
- válvula de alívio
- drenos automáticos



6. Quais são os critérios utilizados para escolha de um compressor?

- *Volume fornecido;*
- *pressão;*
- *acionamento;*
- *regulagem.*

7. Como pode ser feita uma regulagem de carga parcial?

Na rotação ou por estrangulamento.

8. Cite três parâmetros que devem ser considerados na construção de uma rede de ar comprimido.

- *Expansões futuras da rede deverão ser previstas em projeto;*
- *as tomadas de ar deverão estar situadas sempre por cima da rede;*
- *prever, em projeto, a construção de reservatórios auxiliares.*

9. Quais passos devem ser seguidos para manutenção na rede de ar comprimido?

- *Verificar as conexões para localizar vazamentos;*

- drenar a água diariamente ou de hora em hora;
- analisar se está tudo em ordem com o filtro, o regulador e o lubrificador.

10. O que é ponto de orvalho?

Ponto de orvalho é a quantidade máxima de água (na forma de vapor) admitida em 1 m³ de ar a uma determinada temperatura – é chamado também ponto de saturação.

11. Que elementos podem prejudicar o funcionamento das válvulas pneumáticas?

Partículas estranhas como poeira, ferrugem e resíduos de óleo do compressor.

12. O que utilizamos para retirar umidade excessiva (água) do sistema?

Usa-se um resfriador ou um secador.

13. Quais são os processos de secagem?

- Secagem por absorção;
- secagem por adsorção;
- secagem a frio.

14. Qual a utilidade do reservatório de ar comprimido?

O reservatório serve para estabilizar a distribuição de ar comprimido, eliminando as oscilações da pressão na rede distribuidora provocadas pelo compressor ou pelos momentos de alto consumo de ar.

15. O que compõe uma unidade de conservação?

- Filtro de ar comprimido;
- regulador de ar comprimido;
- lubrificador de ar comprimido.

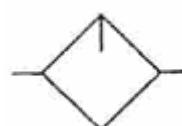
16. Como funciona um filtro de ar comprimido?

O ar comprimido ao entrar no copo é forçado a um movimento de rotação por meio de rasgos direcionais. Com isso, por meio da força centrífuga, separam-se do ar as partículas sólidas grandes e as gotículas de água, que se depositam no fundo.

17. Qual o princípio de funcionamento de um regulador de pressão?

Mantém constante a pressão de trabalho (secundária) independentemente da pressão da rede (primária) e de consumo de ar.

18. Qual o símbolo de um lubrificador de ar comprimido?



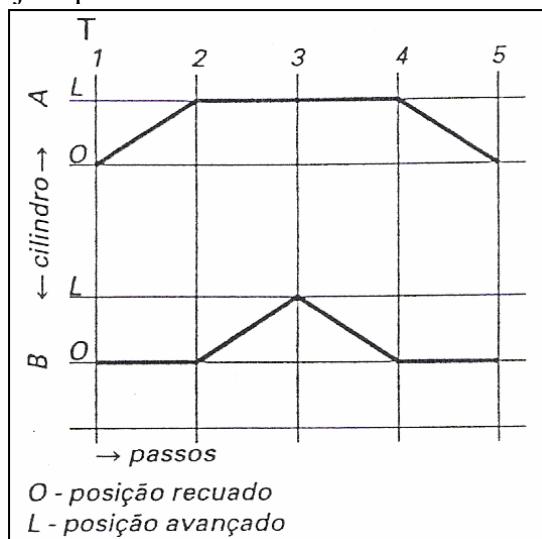
Capítulo 15

1. O que é esquema de comando?

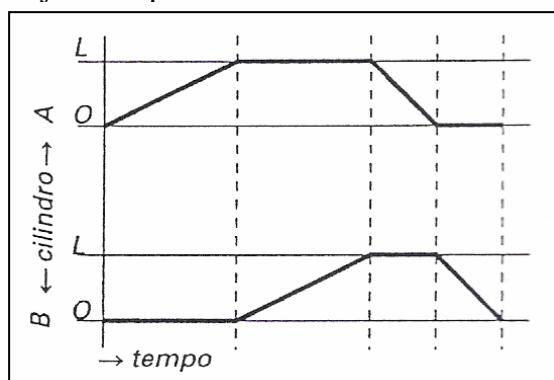
Os esquemas permitem realizar um estudo para localizar o defeito e com isso se ganha tempo na manutenção.

2. Quais são as maneiras de representação de seqüência de trabalho?

- Relação em seqüência cronológica;
 - tabela;
 - setas ou símbolos;
 - diagramas.
3. Como se procede uma relação em seqüência cronológica?
Descreve os fatos na ordem exata dos acontecimentos.
4. Como se representa o avanço numa seqüência?
Com → ou +.
5. E o retorno?
Com ← ou -.
6. Trace um diagrama trajeto-passo.



7. Trace um diagrama trajeto-tempo.



8. O que representa um diagrama de comando?
O estado de comutação dos elementos de comando ou de sinal (válvulas).
9. Quais fatores devem ser considerados ao elaborar um diagrama de comando?
 - Desenhar, sempre que possível, o diagrama de comando, em combinação com o diagrama de movimento.
 - que os passos ou tempos sejam representados linear e horizontalmente;

- que a altura do diagrama e a distância que o êmbolo percorre, que são arbitrárias, sejam determinadas de forma a proporcionar fácil supervisão.

10. O que é um diagrama de funcionamento e qual sua função?

É o diagrama de movimento e de comando em conjunto, permite controlar o funcionamento do circuito e determinar erros, principalmente de sobreposição de sinais.

11. Quais são os tipos de esquema de comando?

- De posição;*
- de sistema.*

12. Descreva um esquema de comando de posição.

Todos os elementos estão posicionados onde realmente se encontram na instalação.

13. Descreva um esquema de comando de sistema.

Está baseado em uma ordenação dos símbolos segundo sua função de comando que facilita a leitura.

14. O que é método intuitivo?

É o método mais simples de todos, mas deve ser utilizado somente em seqüências diretas que não apresentam sobreposição de sinais na pilotagem das válvulas direcionais que comandam os elementos de trabalho. Nesse método, tanto a válvulas de comando principal como os elementos de sinal (válvulas-piloto) recebem a alimentação de ar comprimido diretamente da rede de distribuição, após a unidade de conservação.

15. O que é método cascata?

No método cascata, todos os elementos de sinal recebem alimentação de ar comprimido de linhas secundárias, as quais são chamadas de grupos de alimentação de ar. Esses grupos são controlados por válvulas distribuidoras de 4/2 vias, montadas de forma que seja alimentado apenas um grupo de cada vez, enquanto os demais permanecem despressurizados, ou seja, descarregados para a atmosfera. O número de grupos ou linhas de alimentação utilizados em um circuito é determinado dividindo-se criteriosamente a seqüência maior em seqüências menores, nas quais cada elemento de trabalho deve aparecer apenas uma vez.

CONCLUSÃO

A complexidade do assunto compôs uma apostila com uma dimensão além da esperada, mas o assunto exigia certos detalhamentos que são necessários para a compreensão completa do leitor.

Houve alguma dificuldade inicial em ordenar o assunto de uma maneira que respeitasse uma ordem lógica e contínua para a absorção do conteúdo. Como a princípio houve uma ementa inicial a ser seguida, a correção desta foi necessária para o seqüenciamento correto.

Finalmente podemos concluir que todo assunto de interesse conseguiu ser abordado de maneira praticamente completa e de fácil consulta. Espero que realmente seja útil a todos como a mim foi interessante organizá-la.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Altland, G. – “Hidráulica Prática”. Vickers Incorporated.
- Rancine Hidráulica Ltda. – “Manual de Hidráulica Básica” - 5^a edição, Porto Alegre - RS (1985).
- SENAI – SP – “Manutenção Mecânica 10 – Circuitos Hidráulicos e Pneumáticos” – São Paulo – SP (1993).
- Rexroth – “Treinamento Hidráulico”.
- Castrol – “Sistemas Hidráulicos e Como Resolver os Seus Problemas”.