

TÉCNICO EM MECÂNICA



MÓDULO II HIDRÁULICA E PNEUMÁTICA



2025 - INEPROTEC

Diretor Pedagógico	EDILVO DE SOUSA SANTOS
Diagramação	MICHEL MARTINS NOGUEIRA
Capa	MICHEL MARTINS NOGUEIRA
Elaboração	INEPROTEC

Direitos Autorais: É proibida a reprodução parcial ou total desta publicação, por qualquer forma ou meio, sem a prévia autorização do INEPROTEC, com exceção do teor das questões de concursos públicos que, por serem atos oficiais, não são protegidas como Direitos Autorais, na forma do Artigo 8º, IV, da Lei 9.610/1998. Referida vedação se estende às características gráficas da obra e sua editoração. A punição para a violação dos Direitos Autorais é crime previsto no Artigo 184 do Código Penal e as sanções civis às violações dos Direitos Autorais estão previstas nos Artigos 101 a 110 da Lei 9.610/1998.

Atualizações: A presente obra pode apresentar atualizações futuras. Esforçamo-nos ao máximo para entregar ao leitor uma obra com a melhor qualidade possível e sem erros técnicos ou de conteúdo. No entanto, nem sempre isso ocorre, seja por motivo de alteração de software, interpretação ou falhas de diagramação e revisão. Sendo assim, disponibilizamos em nosso site a seção mencionada (Atualizações), na qual relataremos, com a devida correção, os erros encontrados na obra e sua versão disponível. Solicitamos, outros sim, que o leitor faça a gentileza de colaborar com a perfeição da obra, comunicando eventual erro encontrado por meio de mensagem para contato@ineprotec.com.br.

VERSÃO 2.0 (01.2025)

Todos os direitos reservados à
Ineprotec - Instituto de Ensino Profissionalizante e Técnico Eireli
Quadra 101, Conjunto: 02, Lote: 01 - Sobreloja
Recanto das Emas - CEP: 72.600-102 - Brasília/DF
E-mail: contato@ineprotec.com.br
www.ineprotec.com.br

Sumário

ABERTURA

SOBRE A INSTITUIÇÃO

- Educação Tecnológica, Inteligente e Eficiente
- Missão
- Visão
- Valores

SOBRE O CURSO

- Perfil profissional de conclusão e suas habilidades
- Quesitos fundamentais para atuação
- Campo de atuação
- Sugestões para Especialização Técnica
- Sugestões para Cursos de Graduação

SOBRE O MATERIAL

- Divisão do Conteúdo
- Boxes

BASE TEÓRICA

INTRODUÇÃO

- Grandezas Físicas Fundamentais
- Propriedades Físicas do Ar
- Pressão Atmosférica e Pressão Manométrica
- Lei de Pascal e Princípio da Prensa Hidráulica
- Transmissão Hidráulica de Força e Energia

SISTEMAS DE AR COMPRIMIDO

- Produção do Ar Comprimido
- Compressores
- Preparação e Tratamento do Ar Comprimido
- Distribuição e Manutenção da Rede Pneumática

SISTEMAS DE ACIONAMENTO HIDRÁULICO

- Componentes Principais de um Sistema Hidráulico
- Fluidos Hidráulicos: Tipos e Funções

SISTEMAS PNEUMÁTICOS INDUSTRIAIS

- Simbologia Pneumática Padronizada
- Atuadores Pneumáticos
- Válvulas
- Válvulas Direcionais
- Válvulas de Bloqueio, Fluxo e Pressão

SISTEMAS HIDRÁULICOS INDUSTRIAIS

- Simbologia Hidráulica Padronizada
- Mangueiras, Conexões e Acionamento
- Atuadores Hidráulicos
- Válvulas Hidráulicas: Tipos e Funções
- Motor Hidráulico e Acumulador

SISTEMAS ELETROPNEUMÁTICOS E ELETROHIDRÁULICOS

- Elementos de Introdução, Tratamento e Saída de Sinal
- Projeto e Simulação de Circuitos Eletropneumáticos
- Projeto, Simulação e Montagem de Comandos Hidráulicos Proporcionais

APLICAÇÕES, MONTAGEM E MANUTENÇÃO

- Montagem de Circuitos em Bancada Didática ou Industrial
- Simulação com Softwares Técnicos
- Diagnóstico de Falhas e Boas Práticas

SESSÕES ESPECIAIS

MAPA DE ESTUDO

SÍNTESE DIRETA

MOMENTO QUIZ

GABARITO DO QUIZ

REFERÊNCIAS

Módulo II

HIDRÁULICA E PNEUMÁTICA

Abertura

SOBRE A INSTITUIÇÃO

Educação Tecnológica, Inteligente e Eficiente

O Instituto de Ensino Profissionalizante e Técnico (INEPROTEC) é uma instituição de ensino que valoriza o poder da educação e seu potencial de transformação.

Nascemos da missão de levar educação de qualidade para realmente impactar a vida dos nossos alunos. Acreditamos muito que a educação é a chave para a mudança.

Nosso propósito parte do princípio de que a educação transforma vidas. Por isso, nossa base é a inovação que, aliada à educação, resulta na formação de alunos de grande expressividade e impacto para a sociedade. Aqui no INEPROTEC, o casamento entre tecnologia, didática e interatividade é realmente levado a sério e todos os dias otimizado para constante e contínua evolução.

Missão

A nossa missão é ser símbolo de qualidade, ser referência na área educacional presencial e a distância, oferecendo e proporcionando o acesso e permanência a cursos técnicos, desenvolvendo e potencializando o talento dos estudantes, tornando-os, assim, profissionais de sucesso e cidadãos responsáveis e capazes de atuar como agentes de mudança na sociedade.

Visão

O INEPROTEC visa ser um instituto de ensino profissionalizante e técnico com reconhecimento nacional, comprometido com a qualidade e excelência de seus cursos, traçando pontes para oportunidades de sucesso, tornando-se, assim, objeto de desejo para os estudantes.

Valores

Ciente das qualificações exigidas pelo mercado de trabalho, o INEPROTEC tem uma visão que prioriza a valorização de cursos essenciais e pouco ofertados para profissionais que buscam sempre a atualização e especialização em sua área de atuação.

SOBRE O CURSO

O curso TÉCNICO EM ELETROMECAÂNICA pertence ao Eixo Tecnológico de CONTROLE E PROCESSOS INDUSTRIAIS.

Vejam algumas informações importantes sobre o curso TÉCNICO EM ELETROMECAÂNICA relacionados ao **perfil profissional de conclusão e suas habilidades**, **quesitos fundamentais para atuação**, **campo de atuação** e, também algumas sugestões interessantes para continuação dos estudos optando por **Especializações Técnicas** e/ou **Cursos de Graduação**.

Perfil profissional de conclusão e suas habilidades

- Planejar, controlar e executar a instalação, a manutenção e a entrega técnica de máquinas e equipamentos eletromecânicos industriais, considerando as normas, os padrões e os requisitos técnicos de qualidade, saúde e segurança e de meio ambiente.
- Elaborar projetos de produtos relacionados a máquinas e equipamentos eletromecânicos especificando materiais para construção mecânica e elétrica por meio de técnicas de usinagem e soldagem.
- Realizar inspeção visual, dimensional e testes em sistemas, instrumentos, equipamentos eletromecânicos, pneumáticos e hidráulicos de máquinas.
- Reconhecer tecnologias inovadoras presentes no segmento visando a atender às transformações digitais na sociedade.

Quesitos fundamentais para atuação

- Conhecimentos e saberes relacionados aos processos de planejamento, produção e manutenção de equipamentos eletromecânicos de modo a assegurar a saúde e a segurança dos trabalhadores e dos usuários.
- Conhecimentos e saberes relacionados à sustentabilidade do processo produtivo, às técnicas e aos processos de produção, às normas técnicas, à liderança de equipes, à solução de problemas técnicos e trabalhistas e à gestão de conflitos.

Campo de atuação

- Indústrias com linhas de produção automatizadas, aeroespaciais, automobilística, metalmeccânica e plástico.

- Empresas de manutenção e reparos eletromecânicos, que atuam na instalação, manutenção, comercialização e utilização de equipamentos e sistemas eletromecânicos.

Sugestões para Especialização Técnica

- Especialização Técnica em Programação e Operação de Máquinas CNC.
- Especialização Técnica em Usinagem.
- Especialização Técnica em Desenho Assistido por Computador (CAD).
- Especialização Técnica em Manufatura Assistida por Computador (CAM).
- Especialização Técnica em Eficiência Energética em Edificações.
- Especialização Técnica em Eficiência Energética Industrial.
- Especialização Técnica em Energia Solar Fotovoltaica.
- Especialização Técnica em Energia Eólica.
- Especialização Técnica em Implantação e Comissionamento de Parques Eólicos.
- Especialização Técnica em Instalação Elétrica Predial de Baixa Tensão.
- Especialização Técnica em Biocombustíveis.
- Especialização Técnica em Biogás e Biometano.
- Especialização Técnica em Aproveitamento Energético de Biogás.

Sugestões para Cursos de Graduação

- Curso Superior de Tecnologia em Automação Industrial.
- Curso Superior de Tecnologia em Eletrônica Industrial.
- Curso Superior de Tecnologia em Eletrotécnica Industrial.
- Curso Superior de Tecnologia em Manutenção Industrial.
- Curso Superior de Tecnologia em Mecatrônica Industrial.
- Curso Superior de Tecnologia em Fabricação Mecânica.
- Curso Superior de Tecnologia em Processos Metalúrgicos.
- Bacharelado em Engenharia Eletrônica.
- Bacharelado em Engenharia Elétrica.
- Bacharelado em Engenharia de Automação e Controle.
- Bacharelado em Engenharia Mecatrônica.

- Bacharelado em Engenharia Mecânica.
- Bacharelado em Engenharia de Produção.
- Bacharelado em Engenharia Metalúrgica.

SOBRE O MATERIAL

Os nossos materiais de estudos são elaborados pensando no perfil de nossos cursistas, contendo uma estruturação simples e clara, possibilitando uma leitura dinâmica e com volume de informações e conteúdos considerados básicos, mas fundamentais e essenciais para o desenvolvimento de cada disciplina. Lembrando que nossas apostilas não são os únicos meios de estudo.

Elas, juntamente com as videoaulas e outras mídias complementares, compõem os vários recursos midiáticos que são disponibilizados por nossa Instituição, a fim de proporcionar subsídios suficientes a todos, no processo de ensino-aprendizagem durante o curso.

Divisão do Conteúdo

Este material está estruturado em três partes:

- 1) ABERTURA.
- 2) BASE TEÓRICA.
- 3) SESSÕES ESPECIAIS.

Parte 1 - ABERTURA

- Sobre a Instituição.
- Sobre o Curso.
- Sobre o Material.

Parte 2 – BASE TEÓRICA

- Conceitos.
- Observações.
- Exemplos.

Parte 3 – SESSÕES ESPECIAIS

- Mapa de Estudo.
- Síntese Direta.
- Momento Quiz.

Boxes

Além dessas três partes, no desenvolvimento da BASE TEÓRICA temos alguns BOXES interessantes, com intuito de tornar a leitura mais agradável, mesclando um estudo mais profundo e teórico com pausas pontuais atrativas, deixando a leitura do todo “mais leve” e interativa.

Os BOXES são:

- **VOCÊ SABIA?**



São informações complementares contextualizadas com a base teórica, contendo curiosidades que despertam a imaginação e incentivam a pesquisa.

- **PAUSA PARA REFLETIR...**



Um momento especial para descansar a mente do estudo teórico, conduzindo o cursista a levar seus pensamentos para uma frase, mensagem ou indagação subjetiva que leve a uma reflexão pessoal e motivacional para o seu cotidiano.

- **SE LIGA NA CHARADA!**



Se trata de um momento descontraído da leitura, com a apresentação de enigmas e indagações divertidas que favorecem não só a interação, mas também o pensamento e raciocínio lógico, podendo ser visto como um desafio para o leitor.

Base Teórica

INTRODUÇÃO

Grandezas Físicas Fundamentais

Os sistemas pneumáticos e hidráulicos envolvem a manipulação de fluidos sob diferentes condições de força, movimento e temperatura. Para entender seu funcionamento, é essencial dominar as principais grandezas físicas que descrevem esses fenômenos.

Elas permitem calcular pressões, velocidades, volumes e outros parâmetros fundamentais para o controle e dimensionamento dos circuitos:

- **Pressão (P):** é a razão entre a força aplicada e a área sobre a qual ela atua.

$$P = \frac{F}{A}$$

- **Vazão (Q):** representa o volume de fluido que atravessa uma seção em um intervalo de tempo.

$$Q = \frac{V}{t}$$

- **Volume (V):** é o espaço ocupado por um fluido, influenciando o dimensionamento de tanques e tubulações.
- **Velocidade (v):** indica a rapidez com que o fluido se desloca por um conduto ou atuador.
- **Força (F):** expressa a interação capaz de movimentar ou deformar corpos.

$$F = m \cdot a$$

- **Temperatura (T):** altera propriedades como viscosidade e densidade dos fluidos, afetando diretamente o desempenho dos sistemas.

Propriedades Físicas do Ar

O ar comprimido é amplamente utilizado em sistemas de automação pela sua disponibilidade, segurança e facilidade de controle. Entretanto, seu comportamento é regido por propriedades físicas que influenciam diretamente a forma como ele pode ser armazenado e utilizado nos circuitos pneumáticos.

As principais características do ar são:

- **Compressibilidade:** permite que o ar seja armazenado sob pressão e liberado sob controle para gerar movimento.
- **Elasticidade:** faz com que o ar retorne ao seu volume original após a descompressão.
- **Difusibilidade:** o ar se espalha uniformemente nos espaços disponíveis, facilitando sua distribuição.
- **Expansibilidade:** o ar se expande rapidamente ao sair de um ambiente pressurizado, gerando força.
- **Peso do ar:** embora invisível, o ar possui massa e exerce pressão sobre todas as superfícies com as quais entra em contato.

Pressão Atmosférica e Pressão Manométrica

Em sistemas pressurizados, é comum o uso de manômetros para monitorar a pressão de trabalho. Entretanto, esses instrumentos geralmente não indicam a pressão total, mas sim

a diferença em relação à pressão ambiente. Por isso, é fundamental compreender os diferentes tipos de pressão envolvidos e como interpretá-los corretamente.

A **pressão atmosférica** é a força exercida pela massa de ar sobre a superfície terrestre. Ao nível do mar, essa pressão equivale a aproximadamente **101.325 Pa** ou **1 atm**.

A **pressão absoluta** considera tanto a pressão do sistema quanto a atmosférica. Já a **pressão manométrica**, comumente lida nos instrumentos industriais, mostra apenas o quanto a pressão do sistema excede a atmosférica:

$$P_{\text{manométrica}} = P_{\text{absoluta}} - P_{\text{atmosférica}}$$

Entender essa diferença é essencial para evitar interpretações incorretas em projetos, calibrações e diagnósticos.

Lei de Pascal e Princípio da Prensa Hidráulica

Sistemas hidráulicos se baseiam em princípios físicos que explicam como a pressão é distribuída em fluidos. Entre esses princípios, destaca-se a **Lei de Pascal**, que permite multiplicar forças de forma simples e eficiente, sendo amplamente utilizada em prensas, freios e sistemas de elevação.

Segundo a Lei de Pascal, qualquer variação de pressão aplicada a um fluido incompressível em um recipiente fechado se transmite igualmente a todos os pontos do fluido e às paredes do recipiente.

Essa propriedade é aplicada na **prensa hidráulica**, onde uma pequena força aplicada em um pistão de menor área resulta em uma força amplificada em um pistão de maior área:

$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$$

Esse princípio torna possível o levantamento de grandes cargas com esforço mínimo, um dos fundamentos da eficiência dos sistemas hidráulicos.

Transmissão Hidráulica de Força e Energia

A principal vantagem da hidráulica industrial é sua capacidade de transmitir força e energia com elevada precisão. Isso é feito por meio de fluidos pressurizados que se deslocam dentro de sistemas fechados, levando energia do ponto de aplicação até o ponto de uso.

Quando se aplica força sobre um fluido, essa energia é transmitida até os atuadores — como cilindros ou motores hidráulicos — onde é convertida em movimento ou torque. Esse processo garante:

- Maior potência em espaços reduzidos.
- Facilidade no controle de velocidade e força.
- Aplicação em sistemas de alta carga e robustez.

Essa característica torna a transmissão hidráulica ideal para setores como construção civil, indústria metalúrgica e logística pesada.

EXEMPLO:

Um pistão aplica uma força de 400 N sobre uma área de 0,02 m². Qual é a pressão exercida?

$$P = \frac{F}{A} = \frac{400}{0,02} = 20.000 \text{ Pa} = 20 \text{ kPa}$$

SISTEMAS DE AR COMPRIMIDO

Produção do Ar Comprimido

Compressores

Na indústria, o ar comprimido é utilizado como meio de acionamento, transmissão de força e automação. No entanto, o ar atmosférico precisa passar por um processo de compressão para se tornar funcional. Esse processo é realizado por compressores, que aumentam a pressão do ar para que ele possa ser armazenado e utilizado com segurança e eficiência em diversas aplicações.

Os compressores podem ser classificados de acordo com seu princípio de funcionamento:

- **Compressores de deslocamento positivo:** aprisionam uma quantidade de ar e reduzem seu volume para elevar a pressão. São exemplos os compressores de pistão, parafuso e palhetas.
- **Compressores dinâmicos:** utilizam turbinas ou rotores para acelerar o ar e transformar essa energia em pressão. São mais utilizados em aplicações contínuas de grande escala.

A escolha do tipo de compressor depende da demanda de vazão, do nível de pressão necessário e das características do processo industrial. Após a compressão, o ar contém impurezas e elevada temperatura, exigindo tratamento antes de ser direcionado ao sistema.

Preparação e Tratamento do Ar Comprimido

O ar atmosférico contém contaminantes como poeira, vapor de água e óleo. Durante o processo de compressão, esses contaminantes são concentrados, podendo causar corrosão, desgaste e falhas nos componentes pneumáticos. Por esse motivo, o ar precisa ser tratado antes de ser utilizado, por meio de sistemas que filtram, regulam e, quando necessário, lubrificam o fluxo.

Os principais dispositivos de preparação incluem:

- **Filtros:** retêm partículas sólidas e gotículas líquidas.
- **Reguladores de pressão:** mantêm a pressão do sistema dentro da faixa ideal de trabalho dos atuadores.
- **Lubrificadores:** adicionam pequenas quantidades de óleo ao ar para melhorar o deslizamento interno dos componentes (quando necessário).
- **Secadores de ar:** removem a umidade, impedindo a formação de condensados que podem comprometer o sistema.

Esses componentes são comumente reunidos em conjuntos modulares denominados **FRL** (Filtro, Regulador e Lubrificador), geralmente instalados próximos aos pontos de consumo do ar.

Distribuição e Manutenção da Rede Pneumática

Uma vez que o ar comprimido foi gerado, tratado e regulado, ele deve ser encaminhado até os pontos de consumo de forma eficiente. Para isso, o sistema de distribuição precisa ser projetado com atenção ao traçado das tubulações, aos materiais utilizados e às técnicas que evitam perdas de pressão ou formação de condensados. Além disso, manter essa rede em boas condições é essencial para preservar o desempenho e evitar desperdícios.

Os principais aspectos que envolvem a distribuição e a manutenção do ar comprimido são:

- **Tubulações:** são os condutos por onde o ar circula. Devem ser resistentes à pressão de trabalho e à corrosão, sendo comuns os materiais como aço galvanizado, alumínio e polímeros técnicos. A escolha adequada evita rupturas, quedas de pressão e contaminações.

- **Inclinação e drenagem:** o traçado da rede deve ser ligeiramente inclinado, permitindo que a água condensada escorra naturalmente até os pontos de drenagem. Isso evita acúmulo de umidade, que pode danificar os componentes pneumáticos.
- **Configuração da rede:** sistemas em anel ou malha fechada permitem distribuição equilibrada de pressão em todos os pontos, com redundância operacional em caso de bloqueios. Redes lineares são mais simples, mas menos eficientes em longas distâncias ou demandas variáveis.

Manter a rede livre de falhas exige **ações preventivas constantes**. Vazamentos em conexões, rachaduras em tubulações e desgaste em vedações podem comprometer até um terço da produção de ar comprimido em instalações negligenciadas. Por isso, realizar inspeções visuais, testes de estanqueidade e manutenção programada reduz perdas, evita paradas e aumenta a eficiência energética do sistema.



PAUSA PARA REFLETIR...

"A água é a força motriz de toda a natureza."

Leonardo da Vinci.

SISTEMAS DE ACIONAMENTO HIDRÁULICO

Componentes Principais de um Sistema Hidráulico

Sistemas hidráulicos são utilizados em aplicações que exigem força elevada, controle preciso e confiabilidade em ambientes industriais pesados. Para que a transmissão de energia ocorra com eficiência, esses sistemas contam com um conjunto de componentes que operam em conjunto, garantindo a movimentação controlada de fluidos pressurizados.

A seguir, apresentamos os elementos básicos que compõem um circuito hidráulico típico:

- **Reservatórios:** armazenam o fluido hidráulico utilizado no sistema. Também atuam como elemento de resfriamento e separação de impurezas, garantindo que apenas fluido limpo e em condições ideais circule no circuito.
- **Bombas hidráulicas:** são responsáveis por gerar o fluxo de fluido, transformando energia mecânica em energia hidráulica. Tipos comuns incluem bombas de engrenagem, palhetas e pistões.
- **Manômetros:** indicam a pressão do fluido no sistema, permitindo monitoramento e ajustes para garantir que os limites operacionais sejam respeitados.
- **Válvulas reguladoras de pressão:** limitam a pressão máxima no sistema, protegendo os componentes contra sobrepressões que podem causar falhas.
- **Filtros:** removem partículas sólidas do fluido hidráulico, preservando a integridade dos componentes internos. Podem ser instalados na sucção, na linha de retorno ou na linha de pressão.
- **Tubulações e conexões:** conduzem o fluido entre os componentes. Devem suportar a pressão de operação e apresentar resistência à corrosão e ao desgaste.

O correto dimensionamento e posicionamento desses elementos garantem um funcionamento seguro, eficiente e duradouro dos sistemas hidráulicos industriais.

Fluidos Hidráulicos: Tipos e Funções

O fluido é o meio pelo qual a energia é transmitida nos sistemas hidráulicos. A escolha correta do fluido influencia diretamente o desempenho do sistema, a vida útil dos componentes e a estabilidade da operação. Para que cumpra bem seu papel, o fluido hidráulico deve atender a requisitos de viscosidade, estabilidade térmica, resistência à oxidação e compatibilidade com os materiais do sistema.

Os principais tipos de fluido hidráulico são:

- **Óleos minerais:** os mais utilizados, derivados do petróleo, com aditivos que melhoram propriedades como resistência ao desgaste e proteção contra oxidação.

- **Fluidos sintéticos:** têm maior estabilidade térmica e são utilizados em aplicações especiais, como altas temperaturas ou ambientes agressivos.
- **Fluidos biodegradáveis:** usados em áreas com risco ambiental, como barragens e operações florestais.

As funções do fluido hidráulico incluem:

- Transmitir energia sob pressão.
- Lubrificar componentes móveis.
- Dissipar calor gerado no sistema.
- Proteger contra corrosão e contaminação interna.

A verificação periódica da condição do fluido (viscosidade, cor, presença de contaminantes) é parte essencial da manutenção hidráulica.



VOCÊ SABIA?

O primeiro sistema hidráulico

O primeiro uso documentado de um sistema hidráulico para movimentação mecânica remonta ao século III a.C., com o engenheiro grego **Ctesíbio**, que desenvolveu dispositivos movidos por água pressurizada — precursores dos sistemas modernos de energia hidráulica.

SISTEMAS PNEUMÁTICOS INDUSTRIAIS

Simbologia Pneumática Padronizada

Em projetos de automação e manutenção de circuitos pneumáticos, o uso de simbologia técnica é essencial para garantir a correta interpretação dos esquemas. Esses símbolos

são normalizados por normas internacionais, como a ISO 1219, permitindo uma comunicação clara entre projetistas, técnicos e operadores.

Os símbolos representam componentes como:

- Atuadores (cilindros de simples ou dupla ação)
- Válvulas de controle direcional
- Fontes de energia (compressores)
- Elementos de tratamento do ar (filtros, reguladores, lubrificadores)
- Conexões e tubulações

Cada símbolo segue uma lógica gráfica: quadrados indicam posições de válvulas, setas representam direções de fluxo, e linhas interrompidas denotam sinais de comando. A familiaridade com essa linguagem é indispensável para montagem e diagnóstico de sistemas pneumáticos.

Atuadores Pneumáticos

Os atuadores são os componentes responsáveis por converter a energia do ar comprimido em movimento mecânico. Estão presentes em operações de avanço, recuo, prensagem, fixação e outras funções típicas da automação industrial.

Os principais tipos são:

- **Cilindro de ação simples:** utiliza ar comprimido apenas para avançar o êmbolo; o retorno ocorre por mola.
- **Cilindro de ação dupla:** o ar é aplicado alternadamente nos dois lados do êmbolo, permitindo avanço e retorno controlados.
- **Cilindros rotativos:** produzem movimento angular ou rotacional, comuns em garras pneumáticas.
- **Cilindros sem haste:** economizam espaço, pois o movimento do êmbolo é transmitido por acoplamento magnético ou mecânico externo.

O dimensionamento de um atuador depende da força desejada, da pressão de operação e da velocidade exigida para a aplicação.

Válvulas

Válvulas Direcionais

As válvulas direcionais têm a função de **controlar o caminho do fluxo de ar dentro do sistema**, determinando o sentido de avanço ou recuo dos atuadores. São classificadas segundo:

- **Número de vias** (caminhos que o ar pode percorrer)
- **Número de posições** (configurações operacionais da válvula)
- **Tipo de acionamento** (manual, mecânico, pneumático ou elétrico)

Um exemplo clássico é a **válvula 5/2**, com cinco vias e duas posições, comumente utilizada para controlar cilindros de dupla ação. O controle pode ser feito por botão, alavanca, sinal pneumático ou solenóide elétrica.

Válvulas de Bloqueio, Fluxo e Pressão

Além das válvulas direcionais, o sistema pneumático inclui válvulas auxiliares que **condicionam o fluxo de ar** de acordo com a lógica e a segurança da operação:

- **Válvulas de bloqueio**: impedem o retorno de ar, funcionando como válvulas de retenção.
- **Válvulas reguladoras de fluxo**: limitam a passagem de ar, ajustando a velocidade dos atuadores.
- **Válvulas de escape rápido**: permitem que o ar seja expelido diretamente ao ambiente, acelerando o retorno dos cilindros.

- **Válvulas reguladoras de pressão:** mantêm a pressão constante em determinadas partes do circuito.

Esses dispositivos permitem maior controle sobre o tempo de ciclo e sobre a segurança do sistema, além de possibilitar ajustes finos em operações críticas.



SE LIGA NA CHARADA!

PERGUNTA:

Por que o compressor terminou o namoro com a válvula?

RESPOSTA:

Porque ela vivia escapando dos compromissos... e do ar também!

SISTEMAS HIDRÁULICOS INDUSTRIAIS

Simbologia Hidráulica Padronizada

Assim como nos sistemas pneumáticos, os projetos hidráulicos utilizam uma simbologia técnica padronizada para representar graficamente os componentes e conexões. Esses símbolos seguem normas internacionais como a **ISO 1219-1**, permitindo comunicação clara entre projetistas, técnicos e operadores.

Os símbolos são organizados de forma lógica para representar:

- Bombas, reservatórios e filtros.
- Válvulas de controle de direção, pressão e fluxo.
- Atuadores lineares e rotativos.
- Linhas de conexão e elementos auxiliares.

Por exemplo, quadrados indicam posições de válvulas; setas mostram direção do fluxo; triângulos representam passagem de fluido e linhas pontilhadas identificam sinais de controle. Compreender essa simbologia é essencial para leitura de esquemas, montagem de painéis hidráulicos e execução de manutenção técnica.

Mangueiras, Conexões e Acionamento

Os elementos de interligação em sistemas hidráulicos devem suportar altas pressões, variações de temperatura e vibrações mecânicas. Por isso, a escolha e a montagem correta das **mangueiras e conexões** são determinantes para a segurança e a durabilidade da instalação.

- **Mangueiras hidráulicas:** fabricadas com reforços metálicos e camadas de borracha sintética, são classificadas de acordo com a pressão máxima de trabalho e o tipo de fluido utilizado.
- **Conexões e terminais:** devem ser compatíveis com a rosca padrão (BSP, NPT, JIC, entre outras) e proporcionar vedação segura.
- **Acionamentos:** envolvem o comando do sistema por meio de válvulas ou dispositivos elétricos/eletrônicos (eletrohidráulicos), que iniciam ou interrompem o fluxo conforme as necessidades da operação.

Montagens incorretas ou materiais inadequados são causas comuns de vazamentos, rupturas e falhas em sistemas hidráulicos.

Atuadores Hidráulicos

Os atuadores hidráulicos transformam a energia do fluido pressurizado em **movimento linear ou rotativo**, gerando força para realizar trabalho mecânico. São usados em equipamentos pesados como prensas, empilhadeiras e escavadeiras.

- **Cilindros hidráulicos:** produzem movimento retilíneo com força elevada. Os modelos mais comuns são os de ação simples (com retorno por mola ou gravidade) e os de dupla ação (com avanço e retorno controlados).

- **Motores hidráulicos:** convertem energia hidráulica em movimento rotacional. Utilizados em transportadores, talhas, plataformas e guinchos.

O dimensionamento dos atuadores considera a **pressão do sistema**, a **área do êmbolo** e a **velocidade de deslocamento desejada**.

Válvulas Hidráulicas: Tipos e Funções

As válvulas hidráulicas são os elementos que comandam, direcionam e condicionam o fluxo de fluido no sistema.

São classificadas de acordo com sua função:

- **Válvulas direcionais:** controlam o caminho do fluido e a posição dos atuadores. Exemplo: válvulas 4/3.
- **Válvulas de sequência:** mantêm uma ordem de acionamento entre dois ou mais atuadores.
- **Válvulas de retenção (antirretorno):** permitem o fluxo em um único sentido.
- **Válvulas de fluxo:** controlam a vazão do fluido, ajustando a velocidade dos atuadores.
- **Válvulas reguladoras de pressão:** estabilizam e limitam a pressão dentro do circuito, protegendo componentes e evitando sobrecarga.
- **Válvulas pré-operadas:** utilizam o próprio fluido sob pressão para auxiliar na abertura ou fechamento do fluxo.

A configuração correta dessas válvulas garante o funcionamento seguro e eficiente dos sistemas hidráulicos.

Motor Hidráulico e Acumulador

Além dos atuadores, dois componentes importantes em sistemas hidráulicos são os **motores hidráulicos** e os **acumuladores**.

- **Motor hidráulico:** gera movimento rotativo contínuo a partir da pressão do fluido. Pode ser do tipo engrenagem, palheta ou pistão, e é utilizado em aplicações que exigem torque constante e reversibilidade.
- **Acumulador hidráulico:** armazena energia sob forma de fluido pressurizado. Atua como reserva de pressão, absorve picos de carga, reduz pulsações e mantém a operação em situações emergenciais.

A correta instalação desses elementos complementares melhora o desempenho dinâmico e a segurança de todo o sistema hidráulico.

OBSERVAÇÕES:

Sempre que houver troca de fluido hidráulico, deve-se realizar limpeza completa do sistema, substituição de filtros e inspeção de vedações. Fluido contaminado é a principal causa de falhas prematuras em sistemas hidráulicos.



SE LIGA NA CHARADA!

PERGUNTA:

O que acontece quando um cilindro hidráulico fica bravo?

RESPOSTA:

Ele perde a pressão!

SISTEMAS ELETROPNEUMÁTICOS E ELETROHIDRÁULICOS

Elementos de Introdução, Tratamento e Saída de Sinal

A automação industrial moderna depende da capacidade de integrar sinais elétricos com sistemas pneumáticos e hidráulicos. Essa integração permite controlar o acionamento de válvulas e atuadores com base em comandos lógicos, sensores e temporizadores.

Para que essa comunicação entre domínios físicos e elétricos ocorra de forma eficaz, utilizam-se elementos específicos que realizam a interface entre os sinais e os dispositivos de potência:

- **Elementos de entrada (sensores):** captam variáveis do ambiente ou da máquina e enviam sinais elétricos ao sistema de controle. Exemplos incluem chaves fim de curso, sensores indutivos, capacitivos e fotoelétricos.
- **Elementos de tratamento de sinal (relés, CLPs):** processam os sinais recebidos, estabelecendo lógicas de atuação com base em condições programadas ou físicas.
- **Elementos de saída (válvulas solenóides):** transformam sinais elétricos em comandos mecânicos, acionando válvulas direcionais que controlam o fluxo de ar ou óleo no circuito.

Essa estrutura permite o desenvolvimento de sistemas inteligentes, capazes de operar de forma automática, sequencial e segura.

Projeto e Simulação de Circuitos Eletropneumáticos

O projeto de sistemas eletropneumáticos envolve a construção de **circuitos que associam dispositivos elétricos a elementos pneumáticos**. Esses circuitos são utilizados para controlar o acionamento de cilindros, válvulas e outros atuadores com base em eventos elétricos, como o acionamento de botões ou sensores.

Durante o projeto, é essencial considerar:

- **Simbologia eletropneumática:** união entre os símbolos pneumáticos (ISO 1219) e os símbolos elétricos (IEC 60617).
- **Ligações em série e em paralelo:** determinam a lógica de comando (AND, OR) entre os elementos.
- **Relés auxiliares:** utilizados para duplicar contatos, criar auto retenções e intertravamentos.

- **Temporizadores e contadores:** permitem controlar o tempo e a quantidade de ciclos realizados.
- **Chaves fim de curso e sensores:** detectam a posição dos atuadores e permitem a evolução da sequência de funcionamento.
- **Diagrama trajeto-passo:** representa, de forma lógica e sequencial, o funcionamento completo do sistema em etapas.

Simulações digitais com softwares como **FluidSIM**, **Automation Studio** ou **Ciros** são recomendadas para validação dos circuitos antes da montagem física.

Projeto, Simulação e Montagem de Comandos Hidráulicos Proporcionais

Sistemas hidráulicos modernos podem incorporar **tecnologia proporcional**, permitindo controle mais preciso da velocidade, pressão e posição dos atuadores. Esses comandos são baseados em sinais elétricos modulados (geralmente de 0 a 10 V ou 4 a 20 mA), que variam gradualmente a atuação das válvulas.

Os elementos principais são:

- **Válvulas proporcionais:** substituem válvulas tradicionais, permitindo ajustes contínuos em vez de simples liga/desliga.
- **Controladores eletrônicos (PLCs ou módulos dedicados):** gerenciam os sinais elétricos enviados às válvulas proporcionais.
- **Sensores de posição e pressão:** retornam informações em tempo real, formando sistemas de malha fechada (feedback).
- **Circuitos de variação de velocidade e pressão:** permitem que os atuadores se movimentem com precisão ajustada à carga e à aplicação.

Esse tipo de comando é amplamente utilizado em prensas com controle de força, máquinas CNC hidráulicas e sistemas de elevação com desaceleração controlada.



VOCÊ SABIA?

Surgimento da eletropneumática e a eletrohidráulica

A eletropneumática e a eletrohidráulica surgiram fortemente na década de 1970, com o avanço dos CLPs industriais. Desde então, tornaram-se pilares da automação moderna, permitindo sistemas mais compactos, programáveis e inteligentes, com integração total entre elétrica e mecânica.

APLICAÇÕES, MONTAGEM E MANUTENÇÃO

Montagem de Circuitos em Bancada Didática ou Industrial

A montagem prática de circuitos pneumáticos, hidráulicos, eletropneumáticos ou eletrohidráulicos permite a aplicação concreta dos conceitos teóricos. Seja em ambiente de ensino técnico ou na indústria, a montagem exige leitura correta de esquemas, identificação de componentes, conexão segura e verificação de funcionamento.

Os passos básicos para montagem de um circuito incluem:

- **Análise do esquema técnico:** interpretação dos símbolos e lógica de funcionamento do sistema.
- **Separação dos componentes:** válvulas, atuadores, fontes de alimentação e dispositivos de comando.
- **Montagem física:** conexão das linhas de alimentação, sinal e retorno com atenção à vedação e ao trajeto do fluido.
- **Verificação e testes:** identificação de vazamentos, ajustes de pressão e observação da sequência operacional.

Nos laboratórios didáticos, utiliza-se bancadas modulares com painéis de conexões rápidas, ideais para testes repetitivos. Já na indústria, a montagem exige maior robustez, controle de pressão, sistemas de segurança e validação da funcionalidade sob carga real.

Simulação com Softwares Técnicos

Antes da montagem física, a simulação computacional é uma etapa fundamental para validação de circuitos e identificação de erros lógicos ou estruturais. Diversos softwares técnicos permitem simular o funcionamento de sistemas eletropneumáticos e eletrohidráulicos em tempo real.

Entre os mais utilizados estão:

- **FluidSIM:** simulação de circuitos pneumáticos e eletropneumáticos com interface intuitiva.
- **Automation Studio:** abrange hidráulica, pneumática, elétrica, controle e IHM.
- **Ciros e Festo Didactic:** usados para automação integrada com sensores e controle lógico.
- **Tia Portal + S7-1200/1500:** integração com CLPs reais para teste de sinais em bancada.

Simular permite prever falhas, avaliar o comportamento sob diferentes condições e otimizar o projeto antes da implementação física.

Diagnóstico de Falhas e Boas Práticas

Sistemas hidráulicos e pneumáticos estão sujeitos a falhas que podem comprometer sua segurança e eficiência. A aplicação de boas práticas de operação e manutenção corretiva/preventiva reduz riscos, prolonga a vida útil dos componentes e evita paradas inesperadas.

As falhas mais comuns incluem:

- **Vazamentos:** causam perda de pressão, contaminação e risco ambiental. Devem ser localizados com detectores ultrassônicos ou inspeções visuais.
- **Contaminação do fluido:** origina desgaste prematuro em válvulas e atuadores. A limpeza dos filtros e troca periódica do fluido são essenciais.
- **Erro de sequência:** pode ocorrer por mau contato elétrico, sensores mal posicionados ou lógica incorreta no CLP.
- **Falhas mecânicas:** êmbolos emperrados, juntas danificadas ou conexões frouxas. Inspeções programadas ajudam a evitar esse tipo de problema.

Boas práticas recomendadas:

- Utilizar manuais dos fabricantes como referência de montagem e manutenção.
- Manter registros de operação e intervenções.
- Realizar treinamentos periódicos com os operadores.
- Padronizar a simbologia nos esquemas de planta.
- Utilizar EPI e ferramentas apropriadas durante as intervenções.



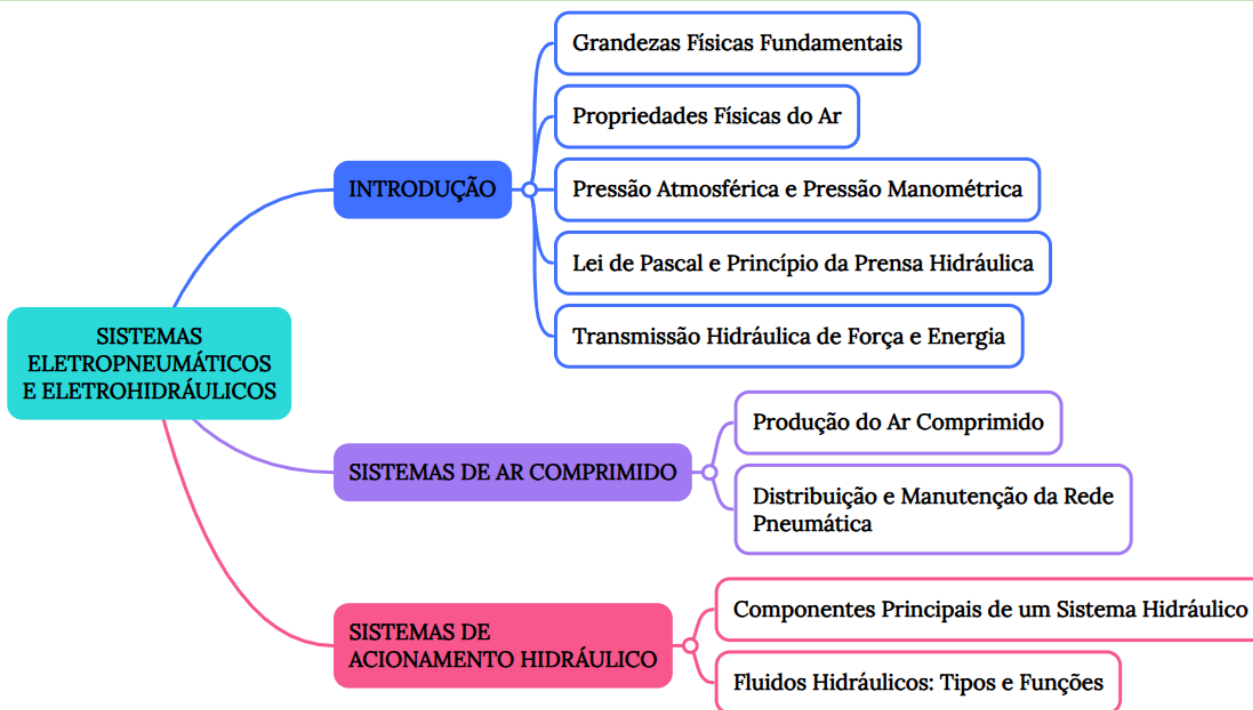
VOCÊ SABIA?

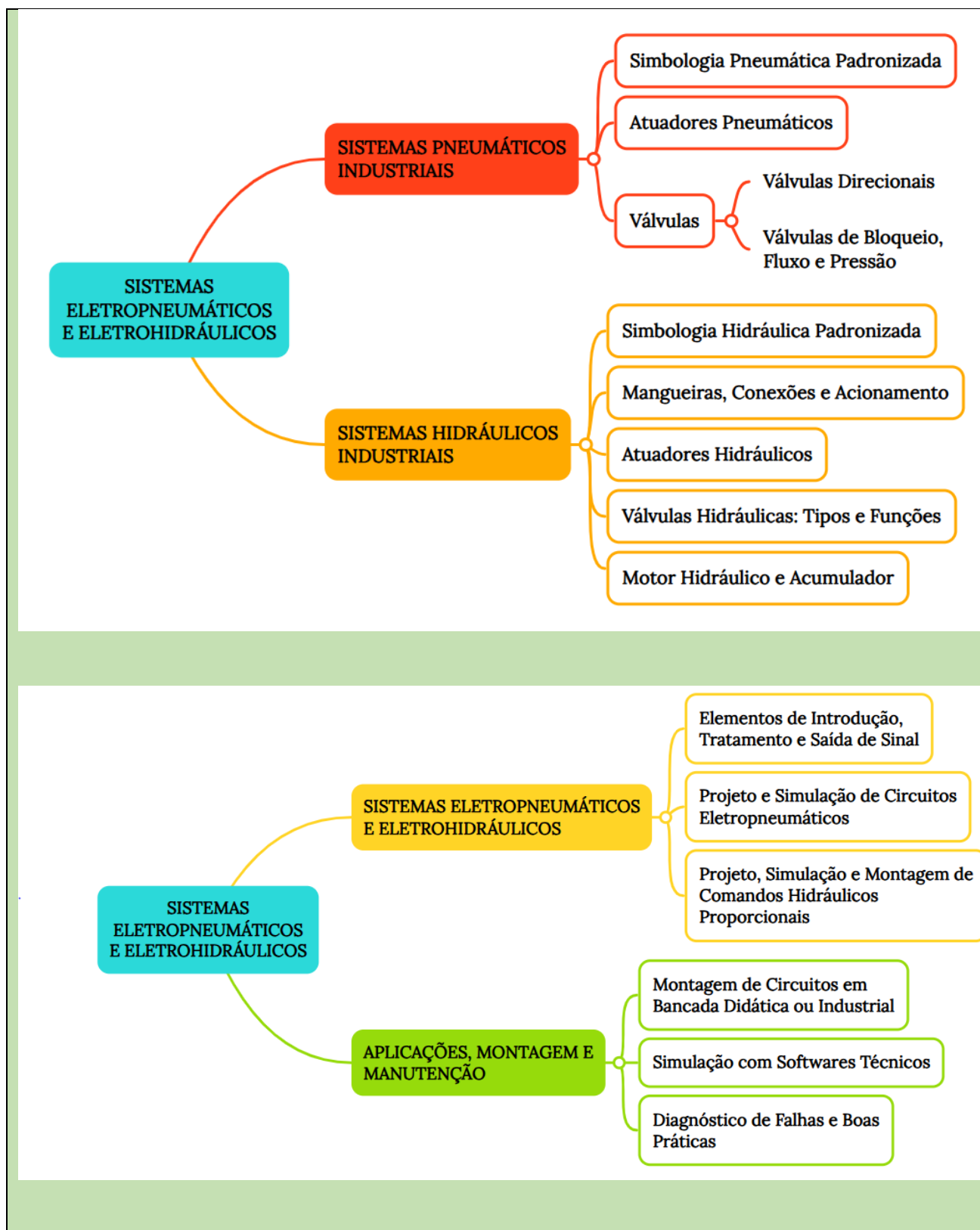
Testes de pressão em linhas de produção modernas

Em linhas de produção modernas, os testes de comissionamento — que incluem simulação, testes de pressão e análise funcional — são obrigatórios antes do início das operações. Eles evitam falhas no arranque e garantem a confiabilidade do sistema sob regime contínuo.

SESSÕES ESPECIAIS

MAPA DE ESTUDO





SÍNTESE DIRETA

FUNDAMENTOS FÍSICOS APLICADOS

- Pressão, vazão, volume, força, velocidade e temperatura são grandezas fundamentais nos sistemas de fluidos.
- O ar possui propriedades específicas: compressibilidade, elasticidade, difusibilidade, expansibilidade e peso.
- Diferença entre:
 - Pressão atmosférica: pressão do ar sobre a superfície.
 - Pressão manométrica: leitura em manômetros (pressão relativa).
 - Pressão absoluta = manométrica + atmosférica.
- Lei de Pascal: a pressão aplicada a um fluido se transmite igualmente em todas as direções.
- Transmissão hidráulica permite multiplicar força e controlar com precisão atuadores.

2. SISTEMAS DE AR COMPRIMIDO

- **Compressores** elevam a pressão do ar atmosférico. Tipos: deslocamento positivo (pistão, parafuso) e dinâmico.
- O ar deve ser tratado antes do uso:
 - Filtros → removem partículas.
 - Reguladores → controlam pressão.
 - Lubrificadores → opcional, adicionam óleo.
 - Secadores → eliminam umidade.
- A **rede de distribuição** deve ser bem dimensionada:
 - Tubulações resistentes e bem instaladas.
 - Traçados com inclinação para drenagem.
 - Sistemas em anel evitam queda de pressão.
- Manutenção preventiva evita perdas por vazamentos e aumenta a eficiência energética.

3. SISTEMAS DE ACIONAMENTO HIDRÁULICO

- Sistema hidráulico é composto por:
- Reservatório.
- Bomba.
- Válvulas de controle (direção, pressão, fluxo).
- Filtros.
- Atuadores (cilindros e motores).
- O fluido hidráulico transmite energia e também atua como lubrificante e refrigerante.
- Tipos de fluidos: minerais, sintéticos e biodegradáveis. Escolha depende da aplicação.

4. SISTEMAS PNEUMÁTICOS INDUSTRIAIS

- Utilizam ar comprimido como meio de transmissão de energia.
- Simbologia pneumática segue normas ISO e deve ser compreendida para leitura de diagramas.
- Atuadores pneumáticos:
- Ação simples (retorno por mola).
- Ação dupla (controle em dois sentidos).
- Rotativos e sem haste para aplicações específicas.
- Válvulas controlam fluxo e sentido:
- Direcionais.
- Reguladoras de fluxo.
- Antirretorno (bloqueio).
- De escape rápido.

5. SISTEMAS HIDRÁULICOS INDUSTRIAIS

- Utilizam fluidos sob pressão (geralmente óleo) para aplicações que exigem alta força.
- Componentes principais:

- Mangueiras e conexões reforçadas.
- Atuadores (cilindros e motores hidráulicos).
- Válvulas (direcionais, de retenção, de sequência, proporcionais, reguladoras de pressão).
- Motores hidráulicos produzem rotação contínua com torque elevado.
- Acumuladores armazenam energia hidráulica e estabilizam a pressão do sistema.

6. SISTEMAS ELETROPNEUMÁTICOS E ELETROHIDRÁULICOS

- Integram sinais elétricos com comandos de fluidos.
- Elementos fundamentais:
- Sensores (entrada).
- Relés e CLPs (tratamento).
- Solenóides e válvulas proporcionais (saída).
- Circuitos eletropneumáticos usam:
- Relés auxiliares com auto retenção.
- Temporizadores e contadores.
- Diagrama trajeto-passo para representar sequência de funcionamento.
- Comandos hidráulicos proporcionais permitem controle contínuo de velocidade e pressão com uso de sinal elétrico analógico.

7. APLICAÇÕES, MONTAGEM E MANUTENÇÃO

- Montagem prática exige leitura de esquemas, identificação correta de componentes e testes com segurança.
- Simuladores (FluidSIM, Automation Studio) permitem testar lógica e funcionamento antes da montagem real.
- Diagnóstico de falhas identifica vazamentos, contaminações, falhas elétricas e defeitos mecânicos.
- Boas práticas: inspeções regulares, uso de EPI, treinamento técnico e documentação de intervenções.

MOMENTO QUIZ

1. (Técnico em Mecatrônica) Em um circuito hidráulico, qual componente é responsável por limitar a pressão máxima no sistema, evitando danos por sobrecarga?

- a) Válvula de sequência.
- b) Válvula reguladora de fluxo.
- c) Válvula direcional 4/3.
- d) Válvula limitadora de pressão.

2. (Eletromecânica Industrial) Um cilindro pneumático tem área útil de 20 cm² e opera com pressão de 6 bar. Qual a força gerada durante o avanço?

- a) 120 N.
- b) 600 N.
- c) 1.200 N.
- d) 12.000 N.

3. (Automação Industrial) Qual elemento é usado para detectar a posição de um atuador pneumático e gerar sinal elétrico para a continuidade do ciclo?

- a) Relé auxiliar.
- b) Válvula solenóide.
- c) Sensor fim de curso.
- d) CLP.

4. (Manutenção Industrial) Qual das opções abaixo descreve corretamente a função de um acumulador hidráulico?

- a) Gera movimento rotativo contínuo.
- b) Reduz pressão em ramais secundários.

- c) Armazena energia sob forma de fluido pressurizado.
- d) Substitui a bomba em caso de falha.

5. (Controle e Comando) Em um circuito eletropneumático, qual componente realiza a função de auto retenção, mantendo o circuito energizado mesmo após o botão de partida ser solto?

- a) Contator tripolar.
- b) Sensor óptico.
- c) Contato auxiliar de relé.
- d) Temporizador off-delay.

GABARITO QUIZ

QUESTÃO	ALTERNATIVA
1	C
2	C
3	C
4	C
5	D

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14744: Representação gráfica de soldagem em desenho técnico**. Rio de Janeiro: ABNT, 2001.

AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS. **ASME BPVC Section IX: Welding, Brazing, and Fusing Qualifications**. New York: ASME, 2021.

FERNANDES, Milton Vargas. **Soldagem: processos e tecnologia**. 5. ed. São Paulo: Editora Érica, 2017.

MARQUES, Adriano; MONTEIRO, José Vicente. **Tecnologia da Soldagem**. 4. ed. São Paulo: LTC Editora, 2016.

PARKER, J. D. **Advanced Welding Processes: Technologies and Process Control**. 1. ed. Cambridge: Woodhead Publishing, 2003.

RESENDE, Haroldo Pereira de. **Processos de Soldagem**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2006.



OBRIGADO!
CONTINUE ESTUDANDO.