

Curso: ENGENHARIA MECÂNICA	
Unidade Curricular: INSTRUMENTAÇÃO	
Professor(es): Douglas Ruy Soprani Silveira Araújo	
Período Letivo: 8º	Carga Horária: 60 horas
OBJETIVOS	
<p>Geral:</p> <p>Apresentar os diversos tipos de instrumento de medição aplicados na indústria e seus respectivos princípios de funcionamento.</p> <p>Específicos:</p> <p>Fornecer aos estudantes de Engenharia os conceitos básicos relacionados à Instrumentação Industrial; Conhecer o princípio de funcionamento dos instrumentos de medição e suas características de desempenho; Compreender os sistemas de automação da medição.</p>	
EMENTA	
Instrumentos de medida. Desempenho de instrumentos. Transdução, transmissão e tratamento de sinais. Medição de deslocamento, movimento, força, torque, pressão, vazão, fluxo de massa, temperatura, fluxo de calor e umidade. Automação da medição. Elementos finais de controle. Aplicações industriais.	
PRÉ-REQUISITO (SE HOUVER)	
Não Há.	
CONTEÚDOS	Carga Horária
<p>DEFINIÇÕES:</p> <p>1.1 – Instrumento.</p> <p>1.2 – Controle.</p> <p>1.3 – Medir.</p> <p>1.4 – Registrar.</p> <p>1.5 – Indicar.</p> <p>1.6 – Processo.</p> <p>1.7 – Variável.</p> <p>1.8 – Processo industrial.</p> <p>1.9 – Instrumento e classificação:</p> <p>1.9.1 – Segundo sua localização (instrumento de painel e instrumento de campo).</p> <p>1.9.2 – Segundo suas funções e características (instrumentos cegos, instrumentos indicadores, instrumentos registradores, elementos primários, transmissor, transdutor/conversor, integrador, totalizador, controladores, elementos finais de controle).</p> <p>1.10 – Sistemas de controle: malha aberta e malha fechada.</p>	3h

<p>1.11 – Identificação e símbolos:</p> <p>1.11.1 – Instrumentos e definições.</p> <p>1.11.2 – Identificação funcional (tag) e malha.</p> <p>1.11.3 – Numeração paralela e serial.</p> <p>1.11.4 – Sufixo.</p> <p>1.11.5 – Observações para identificação (ordem de identificação).</p> <p>1.11.6 – Alguns exemplos de nomenclaturas mais comuns.</p> <p>1.12 – Símbolos:</p> <p>1.12.1 – Símbolos gerais de instrumentos ou função programada.</p> <p>1.12.2 – Símbolos e funções de processamentos de sinais.</p> <p>1.12.3 – Símbolos de linhas para instrumentos ou função programada.</p> <p>1.12.4 – Símbolos para válvulas de controle.</p> <p>1.12.5 – Símbolos de instrumentos de vazão (placa de orifício, medidor Venturi, tubo pitot).</p> <p>1.13 – Arranjos típicos de instrumentos: vazão, pressão, temperatura, nível.</p>	
<p>2 – CLASSIFICAÇÃO DE INSTRUMENTOS DE MEDIÇÃO POR SINAL DE TRANSMISSÃO OU SUPRIMENTO:</p> <p>2.1 – Definição de transmissor ou conversor.</p> <p>2.2 – Classificação por sinal de transmissão e acionamento:</p> <p>2.2.1 – Tipo pneumático.</p> <p>2.2.2 – Tipo hidráulico.</p> <p>2.2.3 – Tipo analógico (tensão e corrente elétrica).</p> <p>2.2.4 – Tipo digital (sensores inteligentes, foundation fieldbus, protocolo fieldbus).</p> <p>2.2.5 – Tipo elétrico com protocolo de comunicação HART.</p> <p>2.2.6 – Telemetria (definição simples de conversor digital-analógico para PWM, modulação por largura de pulso, modulação em frequência, via rádio (wireless, modem)).</p> <p>2.3 – Conexão dos transmissores:</p> <p>2.3.1 – A dois fios.</p> <p>2.3.2 – A três fios.</p> <p>2.3.3 – A quatro fios.</p> <p>2.4 – Classificação de instrumentos de medição com relação às características operacionais:</p> <p>2.4.1 – Por deflexão.</p> <p>2.4.2 – Anulação (cancelamento).</p> <p>2.5 – Modo de operação os instrumentos:</p>	3h

<p>2.5.1 – Instrumento analógico (medidor d’Arsonval),</p> <p>2.5.2 – Instrumento digital.</p> <p>2.6 – Transdutor:</p> <p>2.6.1 – Diversas definições de transdutor e comparação com sensor.</p> <p>2.6.2 – Tipos de transdutor (passivo ou ativo).</p> <p>2.6.3 – Tipos fundamentais (modificador, gerador e modulador).</p>	
<p>3 – TIPOS DE SINAIS NA INSTRUMENTAÇÃO:</p> <p>3.1 – Analógicos.</p> <p>3.1 – Binários.</p> <p>3.1 – Digitais.</p> <p>3.2 – Vantagens do sinal digital em relação ao analógico, desvantagem do sinal digital.</p> <p>3.3 – Características de sinais de entrada e saída:</p> <p>3.3.1 – Entrada desejada.</p> <p>3.3.2 – Entrada interferente.</p> <p>3.3.3 – Entrada modificadora.</p> <p>3.4 – Métodos usados para eliminar ou atenuar efeitos de entradas espúrias (método da insensibilidade inerente, método da realimentação de alto ganho, método da filtragem de sinais, método da saída corrigida, método das entradas contrárias).</p> <p>3.5 – Natureza dos sinais de entrada e saída: dependência do tempo (estático, dinâmico (periódicos, aperiódicos, estacionários e não estacionários)).</p> <p>3.6 – Introdução sobre análise de Fourier para estudo de frequências e introdução sobre transformada rápida de Fourier.</p>	4h
<p>4 – DESEMPENHOS DE INSTRUMENTOS:</p> <p>4.1 – Definição de medição.</p> <p>4.2 – Definição de grandeza.</p> <p>4.3 – Definição de unidade.</p> <p>4.4 – Padrões (primários, secundários, referência, trabalho).</p> <p>4.5 – Cadeia de rastreabilidade.</p> <p>4.6 – Sistema internacional (Convenção de Metro).</p> <p>4.2 – Método de medição:</p> <p>4.2.1 – Princípio de medição.</p> <p>4.2.2 – Medição direta.</p> <p>4.2.3 – Medição indireta.</p> <p>4.3 – Erros:</p>	2h

4.3.1 – Absolutos.

4.3.2 – Relativo.

4.3.3 – Aleatório.

4.3.4 – Sistemático.

4.3.5 – Diferença entre erro aleatório e sistemático.

4.3.6 – Erro grave.

4.3.7 – Erro dinâmico.

4.3.8 – Erro de zero.

4.3.9 – Erro de span.

4.3.10 – Erro de linearidade.

4.3.11 – Erro de malha.

4.4 – Caracterização do desempenho de instrumento:

4.4.1 – Caracterização estática

4.4.2 – Dinâmica e suas diferenças.

4.5 – Caracterização estática:

4.5.1 – Precisão.

4.5.2 – Exatidão.

4.5.3 – Polarização.

4.5.4 – Calibração.

4.5.5 – Span.

4.5.6 – Range.

4.5.7 – Repetibilidade.

4.5.8 – Zona morta.

4.5.9 – Resolução.

4.5.10 – Linearidade.

4.5.11 – Histerese.

4.5.12 – Carga do instrumento.

4.5.13 – Segurança intrínseca.

4.6 – Caracterização dinâmica: Resposta dinâmica dos instrumentos (tempo morto e tempo de resposta).

<p>5 – CIRCUITOS EM SISTEMAS DE MEDIÇÃO:</p> <p>5.1 – Ponte de Wheatstone:</p> <p>5.1.1 – Linearidade.</p> <p>5.1.2 – Sensibilidade.</p> <p>5.2 – Circuitos relacionados à ponte de Wheatstones:</p> <p>5.2.1 – Com potenciômetro de ajuste.</p> <p>5.2.2 – Com sensores a três fios conectados à ponte de Wheatstone.</p> <p>5.2.3 – Com amplificadores operacionais.</p> <p>5.3 – Filtros:</p> <p>5.3.1 – Filtragem analógica.</p> <p>5.3.1 – Filtragem discreta.</p> <p>5.4 – Configurações básicas de amplificadores:</p> <p>5.4.1 – Amplificador inversor e não inversor.</p> <p>5.4.2 – Amplificador diferencial.</p> <p>5.4.3 – Amplificador de instrumentação.</p> <p>5.4.4 – Amplificador síncrono.</p> <p>5.5 – Laços de corrente.</p> <p>5.6 – Aterramento e blindagem:</p> <p>5.6.1 – Acoplamento resistivo.</p> <p>5.6.2 – Capacitivo e indutivo.</p> <p>5.6.3 – Redução de acoplamento elétrico.</p>	3h
<p>6 – SENSORES:</p> <p>6.1 – Sensores resistivos (resistividade e resistência elétrica, potenciômetros, extensômetros ou strain gages, termorresistências, dispositivos semicondutores).</p> <p>6.2 – Sensores capacitivos (capacitância elétrica).</p> <p>6.3 – Sensores indutivos (indutância elétrica).</p> <p>6.4 – Sensores bimetálicos (efeito Seebeck, efeito peltier, efeito Thomson).</p> <p>6.5 – Sensores piezoelétricos e piroelétricos, sensores de efeito Hall.</p>	3h
<p>7 – MEDIÇÃO DE POSIÇÃO, FORÇA CONJUGADO E ACELERAÇÃO:</p> <p>7.1 – Posição (potenciômetro, transformador diferencial linear variável, encoder, tacogeradores).</p> <p>7.2 – Proximidades (sensores de efeito Hall, sensores capacitivos, sensores indutivos).</p> <p>7.3 – Força e conjugado (célula de carga).</p> <p>7.4 – Aceleração.</p>	3h

7.5 – Giroscópio.	
<p>8 – MEDIÇÃO DE PRESSÃO, VAZÃO E NÍVEL:</p> <p>8.2 – Pressão</p> <p>8.2.1 – Pressão relativa.</p> <p>8.2.2 – Pressão atmosférica.</p> <p>8.2.3 – Pressão absoluta.</p> <p>8.2.4 – Pressão estática.</p> <p>8.2.5 – Pressão dinâmica.</p> <p>8.2.6 – Pressão total.</p> <p>8.2.7 – Manômetro.</p> <p>8.2.8 – Tubos de Bourdon.</p> <p>8.2.9 – Transmissor de pressão.</p> <p>8.2.10 – Transdutor de pressão.</p> <p>8.2.11 – Sensores de pressão.</p> <p>8.2.12 – Efeito da dinâmica das conexões de sensores de pressão.</p> <p>8.2.13 – Medição de pressão estática.</p> <p>8.3 – Vazão</p> <p>8.3.1 – Definição de velocidade de escoamento.</p> <p>8.3.2 – Tubo de Pitot.</p> <p>8.3.3 – Anemômetro de fio quente.</p> <p>8.3.4 – Elementos deprimogênicos.</p> <p>8.3.5 – Sensores ultrassônicos.</p> <p>8.3.6 – Medidores eletromagnéticos.</p> <p>8.3.7 – Turbinas e rodas d'água.</p> <p>8.3.8 – Vazão mássica).</p> <p>8.4 – Nível</p> <p>8.4.1 – Visores de nível.</p> <p>8.4.2 – Dispositivos do tipo flutuador.</p> <p>8.4.3 – Deslocador.</p> <p>8.4.4 – Pressão diferencial.</p> <p>8.4.5 – Ultrassônico.</p> <p>8.4.6 – Radar.</p>	10h

<p>8.4.7 – Capacitivo.</p> <p>8.4.8 – Eletromecânico.</p> <p>8.4.9 – Chaves de nível.</p> <p>8.5 – Dispositivos tipo secagem.</p>	
<p>9 – MEDIÇÃO DE TEMPERATURA:</p> <p>9.1 – Indicadores de temperatura</p> <p>9.1.1 – Cromáticos.</p> <p>9.1.1 – Pirométricos.</p> <p>9.2 – Medidores tradicionais</p> <p>9.2.1 – Bimetálicos.</p> <p>9.1.1 – Haste de vidro.</p> <p>9.1.1 – Sistema de bulbo-capilar.</p> <p>9.3 – Termorresistências</p> <p>9.3.1 – Ponte de Wheatstone com RTD.</p> <p>9.4 – Termistores de junção.</p> <p>9.5 – Termopares</p> <p>9.5.1 – Efeito Seebeck.</p> <p>9.5.1 – Efeito Peltier.</p> <p>9.5.1 – Efeito Thomson.</p> <p>9.5.1 – Leis dos termopares.</p> <p>9.5.1 – Cuidados de instalação.</p> <p>9.6 – Instrumentos de radiação e ópticos</p> <p>9.6.1 – Fundamentos de radiação.</p> <p>9.6.2 – Detectores de radiação.</p> <p>9.6.3 – Pirômetros ópticos.</p>	4h
<p>10 – VÁLVULAS DE CONTROLE:</p> <p>10.1 – Válvula na malha de controle.</p> <p>10.2 – Componentes de uma válvula de controle.</p> <p>10.2 – Tipos de válvulas de controle (globo, esfera, borboleta).</p> <p>10.2 – Aplicação de válvulas de controle (queda de pressão através da válvula, características de uma válvula de controle, rangeabilidade de uma válvula de controle, cavitação, escoamento linear, escoamento de duas fases (bifásicos)).</p> <p>10.2 – Seleção.</p>	10h

<p>10.2 – Dimensionamento e especificação de válvulas de controle.</p> <p>10.2 – Acessórios de válvulas de controle (posicionadores, chave-limites, volantes, válvulas solenoides, transmissores de posição).</p> <p>10.2 – Válvulas reguladoras de pressão (válvulas de operação direta, válvulas Piloto 10.2 – Operadoras, seleção, dimensionamento e especificação de válvulas reguladoras de pressão).</p> <p>10.2 – Ruídos em válvulas de controle.</p> <p>10.2 – Interligação de válvulas em rede.</p> <p>10.2 – Válvulas de controle versus variadores de velocidade (controle de vazão com válvula de descarga, controle de vazão por meio de variadores de velocidade, estudos efetuados com relação à utilização de inversores de frequência, conclusão da análise comparativa).</p>	
<p>11 – MOTORES:</p> <p>11.1 – CC.</p> <p>11.2 – CA.</p> <p>11.3 – Servomotores.</p> <p>11.4 – Passo.</p> <p>11.5 – Inversores de frequência.</p> <p>11.6 – Bombas hidráulicas centrífugas.</p>	2h
<p>12 – RECEPTORES:</p> <p>12.1 – Transdutores e conversores (transdutor de corrente para pneumático, conversores pneumáticos para corrente, conversores de tensão para corrente, conversores de tensão para pressão, conversores de corrente para corrente),</p> <p>12.2 – Relés de computação e relés eletrônicos de alarme (relé pneumático de multiplicação e divisão, relés eletrônicos de multiplicação e divisão, relés pneumáticos de soma e subtração, relés eletrônicos de soma e subtração, extratores de raiz quadrada eletrônicos, relé de computação seletor do menor sinal, maior sinal e limitador de sinal, relés pneumáticos e eletrônicos de alarme).</p> <p>12.3 – Indicadores analógicos e digitais,</p> <p>12.4 – Controladores.</p> <p>12.5 – Registradores (analógicos e digitais).</p> <p>12.6 – Integradores e totalizadores.</p> <p>12.7 – Funções de alarmes e sinalização.</p>	5h
<p>13 – CONTROLADORES LÓGICOS PROGRAMÁVEIS:</p> <p>13.1 – Entradas e saídas analógicas e discretas.</p> <p>13.2 – Esquemas elétricos de ligações.</p> <p>13.3 – Linguagens de programação.</p>	4h

<p>14 – SISTEMA DIGITAL DE CONTROLE DISTRIBUÍDO E REDES DE COMUNICAÇÃO:</p> <p>14.1 – Introdução sobre sistemas supervisórios.</p> <p>14.1 – Hardware.</p> <p>14.1 – Software.</p> <p>14.1 – Software de supervisório SCADA (aplicação, telas, gráficos, tags, condições de alarmes, gravação de registros em bancos de dados, mensagem, ativação de som).</p> <p>14.1 – Componentes físicos de um sistema supervisórios (sensores e atuadores, redes de comunicação, estações remotas, estações de monitoração central).</p> <p>14.1 – Modos de operação (normal e sob contingência).</p> <p>14.1 – Planejamento do sistema supervisório, entendimento do processo a ser automatizado, tomada de dados (variáveis), planejamento do banco de dados.</p> <p>14.1 – Planejamento dos alarmes, planejamento da hierarquia de navegação entre telas, desenho de telas, gráfico de tendências dentro das telas, planejamento de um sistema de segurança, padrão industrial de desenvolvimento.</p>		4h
Total		60
METODOLOGIA		
Aulas Expositivas Interativas; Estudo em grupo com apoio de bibliografias; Aplicação de lista de exercícios; Atendimento individualizado		
RECURSOS		
Quadro branco, retroprojeter e projetor de multimídia.		
AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM		
Critérios	Instrumentos	
Observação do desempenho individual verificando se o aluno identificou, sugeriu e assimilou as atividades solicitadas de acordo com as técnicas de aprendizagem previstas.	Provas, listas de exercícios e trabalhos envolvendo estudos de caso.	
BIBLIOGRAFIA BÁSICA		
BEGA, Egídio Alberto (Org.). Instrumentação industrial . 3. ed. Rio de Janeiro: Interciência: Instituto Brasileiro de Petróleo, Gás e Biocombustíveis - IBP, 2011.		
BOLTON, W. Instrumentação & controle . Curitiba: Hemus, c2002.		
BALBINOT, Alexandre; BRUSAMARELLO, Valner João. Instrumentação e fundamentos de medidas : [princípios e definições], volume 1. Rio de Janeiro: LTC- Livros Técnicos e Científicos, 2006.		
BALBINOT, Alexandre; BRUSAMARELLO, Valner João. Instrumentação e fundamentos de medidas : medição de pressão, volume 2. Rio de Janeiro: LTC- Livros Técnicos e Científicos, 2007.		
BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR		

DOEBELIN, Ernest O. **Measurement systems**: application and design. Boston, MA: McGraw-Hill, 2004.

AGUIRRE, Luis Antonio. **Fundamentos de instrumentação**. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2013.

MORRIS, Alan S. **Measurement and instrumentation principles**. Oxford, Inglaterra, GB: Elsevier, 2001.

BHUYAN, Manabendra. **Instrumentação inteligente**: princípios e aplicações. Rio de Janeiro: LTC - Livros Técnicos e Científicos, 2013.

ALVES, José Luiz Loureiro. **Instrumentação, controle e automação de processos**. 2. ed. Rio de Janeiro: LTC - Livros Técnicos e Científicos, c2010.