
Eletrotécnica para Engenharia de Produção – (TE160)

Aula 04 – Medidas elétricas

PROF. DR. SEBASTIÃO RIBEIRO JÚNIOR

Medidas elétricas

Medir é estabelecer uma relação numérica entre uma grandeza e outra, de mesma espécie, tomada como unidade.

Medidas Elétricas só podem ser realizadas com a utilização de instrumentos medidores, que permitem a quantificação de grandezas cujos valores não poderiam ser determinados por meio dos sentidos humanos.

Conceitos Básicos

Padrão é a grandeza que serve de base ou referência para a avaliação da quantidade ou da qualidade da medida.

Deve ser estabelecido de tal forma que apresente as seguintes características:

- **Permanência**, significando que o padrão não pode se alterar com o passar do tempo nem com a modificação das condições atmosféricas;
- **Reprodutibilidade**, que é a capacidade de obter uma cópia fiel do padrão.

Conceitos Básicos

O **erro** é empregado para indicar a diferença entre o valor verdadeiro e o resultado de uma medição.

Erros **são inerentes** a todo o tipo de medidas e podem ser minimizados, porém dificilmente eliminados completamente

$$\text{Resultado da medição} = (\text{valor verdadeiro}) + (\text{erro})$$

Conceitos Básicos

Em medidas elétricas, costuma-se considerar **três categorias de erros**:

- Erros **Grosseiros**
- Erros **Sistemáticos**
- Erros **Aleatórios**



Conceitos Básicos

Erros Grosseiros

Causados pela **negligência** e/ou **falta de atenção** do operador.

Exemplos: **ligação** incorreta do instrumento, **transcrição** equivocada do valor de observação, erro de **paralaxe**.

Esses erros podem ser minimizados pela **repetição atenta** das medidas, seja pelo mesmo observador ou por outros.

Conceitos Básicos

Erros Sistemáticos

Devem-se às deficiências do instrumento ou do método empregado e às condições em que a medida é realizada.

Podem ser classificados em **Instrumentais** e **Ambientais**.

Conceitos Básicos

Erros Sistemáticos

Instrumentais: erros inerentes aos equipamentos de medição.

Exemplos: escalas mal graduadas, oxidação de contatos, desgaste de peças, descalibrados, erros causados pelas resistências inerentes ao instrumento de medida (voltímetros, amperímetros, etc.).

Podem ser minimizados usando-se instrumentos de **boa qualidade** de fazendo-se sua **manutenção** e **calibração** adequadas.

Conceitos Básicos

Erros Sistemáticos

Ambientais: referem-se às condições do ambiente externo ao instrumento, incluindo pressão, temperatura, umidade, campos eletromagnéticos.

Podem ser minimizados trabalhando-se em **ambientes climatizados** e providenciar a **blindagem dos equipamentos** em relação a campos magnéticos.

Os erros sistemáticos normalmente têm **valor e sinal constantes**, portanto isso pode ser considerado para corrigir o resultado medido.

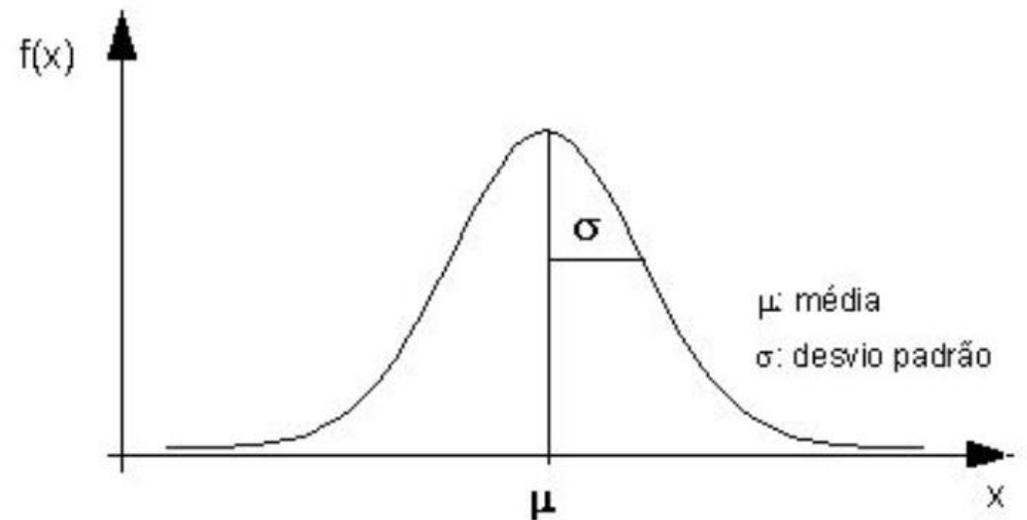
Conceitos Básicos

Erros Aleatórios ou Acidentais

Devem-se a fatores imponderáveis (**incertezas**), tal como a ocorrência de transitórios no circuito elétrico e ruídos provenientes de sinais espúrios.

Como **não podem ser previstos**, sua limitação é muito difícil.

Quando o **número de medidas** é elevada, eles tendem a ser minimizados. Dessa forma, as medidas possuem uma distribuição de frequência que muito se aproxima de uma **distribuição normal**.



Conceitos Básicos

No tratamento de erros os termos **EXATIDÃO** e **PRECISÃO**, embora sejam muitas vezes usados como sinônimos, têm significado diferentes.

Exatidão: é a propriedade que exprime o afastamento que existe entre o valor lido no instrumento e o valor verdadeiro da grandeza que se está medindo.

Precisão: característica de um instrumento de medição, determinada através de um processo estatístico de medições, que exprime o afastamento mútuo entre diversas medidas em relação à média aritmética dessas medidas (Norma P-NB-278/73, da ABNT).

Conceitos Básicos

A **precisão** é, portanto, uma qualidade relacionada com a repetibilidade das medidas, isto é, indica o grau de espalhamento de uma série de medidas em torno de um ponto.



Diferença, considere um atirador tentando atingir um alvo, em que:

- (a) não houve exatidão nem precisão por parte do atirador;
- (b) pode-se dizer que o atirador foi preciso, pois todos os tiros atingiram a mesma região do alvo, porém não foi exato, já que esta região está distante do centro;
- (c) conclui-se que o atirador foi exato, além de preciso.

Classificação dos instrumentos de medida

Quanto à grandeza a ser medida:

- Amperímetro: corrente elétrica (A)
- Voltímetro: tensão elétrica (V)
- Wattímetro: potência ativa (W)
- Varímetro: potência reativa (VAr)
- Fasímetro ou Cosifímetro: defasagem entre tensão e corrente ($^{\circ}$ ou indicação)
- Ohmímetro: resistência (Ω)
- Capacímetro: capacitância (F)
- Freqüencímetro: frequência (Hz)

Classificação dos instrumentos de medida

Quanto à forma de apresentação dos resultados:

- **Analógicos:** a leitura é feita de maneira indireta, usualmente através do posicionamento de um ponteiro sobre uma escala.
- **Digitais:** fornecem a leitura diretamente em forma alfanumérica num display

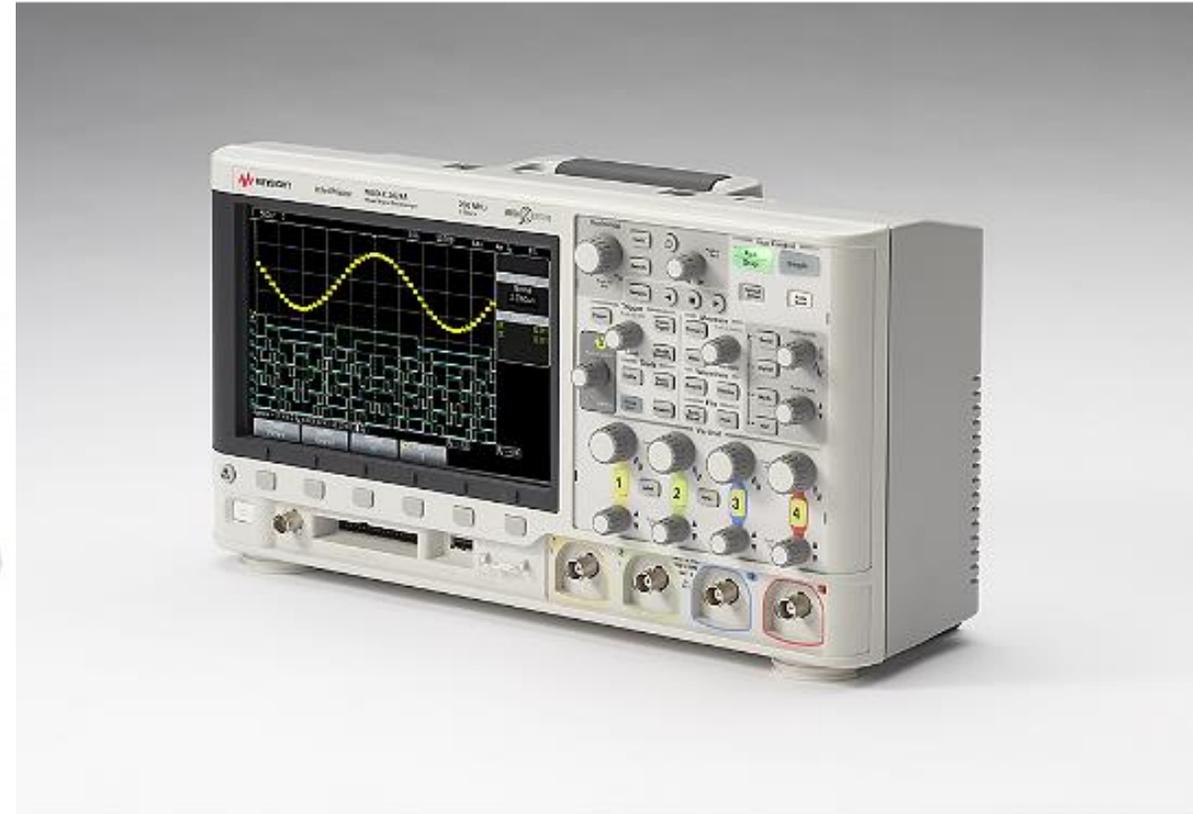
Classificação dos instrumentos de medida



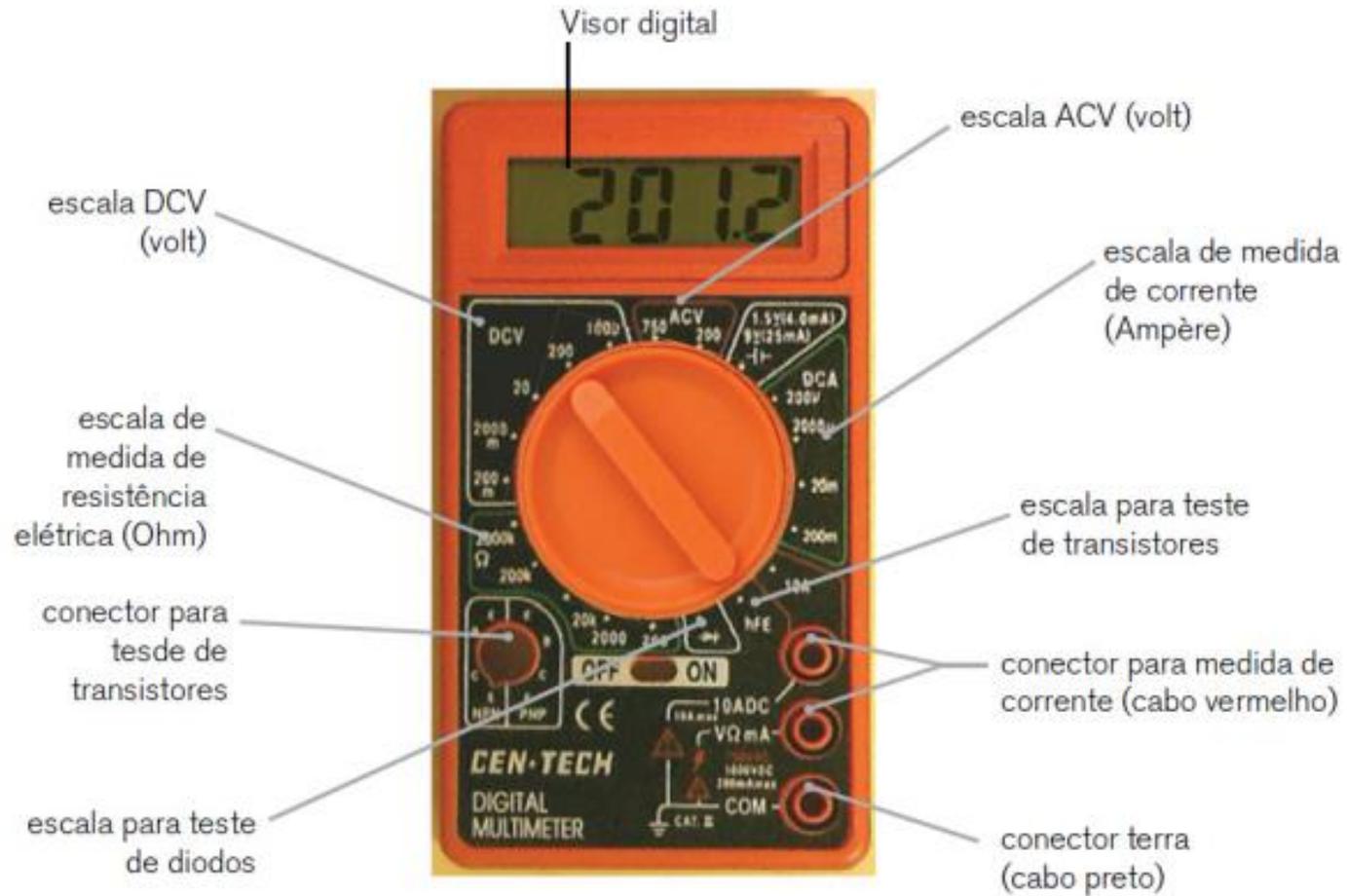
Classificação dos instrumentos de medida



Classificação dos instrumentos de medida



Classificação dos instrumentos de medida



Classificação dos instrumentos de medida

Comparação **Digitais** *versus* **Analógicos**

Digitais

Comodidade do operador para a leitura

Queda dos preços

Maior exatidão

Redução de erros grosseiros

Analógicos

Mais robustos

Melhor visualização de variações rápidas da grandeza a ser medida

Ainda muito encontrados em oficinas e painéis de controle industriais.

Classificação dos instrumentos de medida

Quanto à capacidade de armazenamento das leituras:

Indicadores: capazes de fornecer somente o valor da medida no instante em que a mesma é realizada



Classificação dos instrumentos de medida

Quanto à capacidade de armazenamento das leituras:

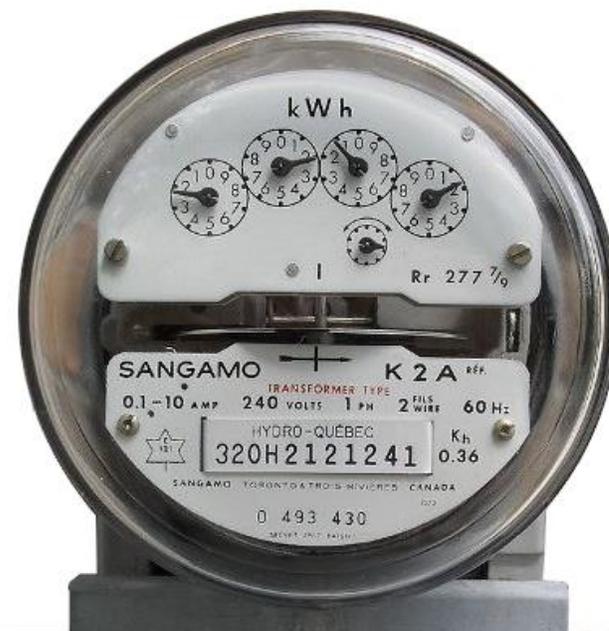
Registradores: capazes de armazenar um certo número de leituras



Classificação dos instrumentos de medida

Quanto à capacidade de armazenamento das leituras:

Totalizadores: apresentam o valor acumulado da grandeza medida.

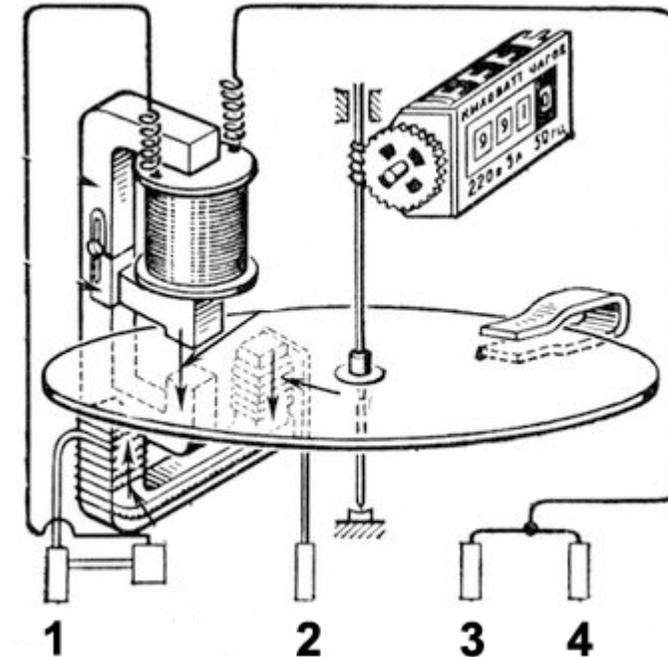
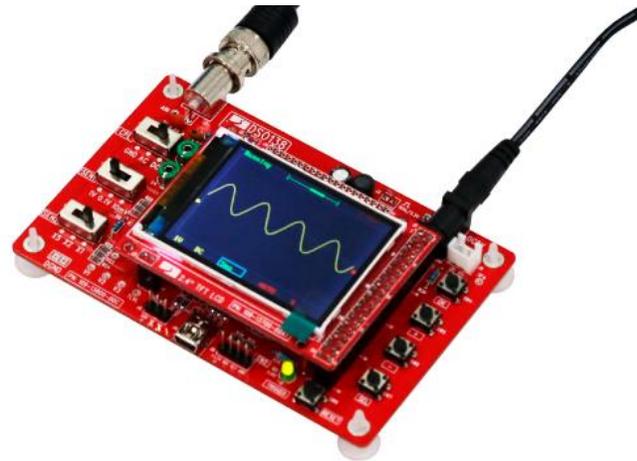


Classificação dos instrumentos de medida

Quanto ao princípio físico utilizado para a medida:

Analógicos: ferro móvel, bobina móvel, indução, ressonância etc.

Digitais: Circuitos eletrônicos



Classificação dos instrumentos de medida

Quanto à finalidade de utilização:

Laboratórios: instrumentos que primam pela exatidão e precisão.

Industriais: primam pela robustez; apropriados para o trabalho diário sob condições diversas.

Quanto à portabilidade

- Fixos ou de bancada
- Portáteis
- De painel

Instrumentos Analógicos

O instrumento analógico tem como fundamentação básica a **medida de corrente** (amperímetro).

Adaptações feitas neste medidor permitem que seja usado para a medida de **outras grandezas**, como tensão e resistências

Classificação dos instrumentos de medida

Características Construtivas.

Tipos de Suspensão:

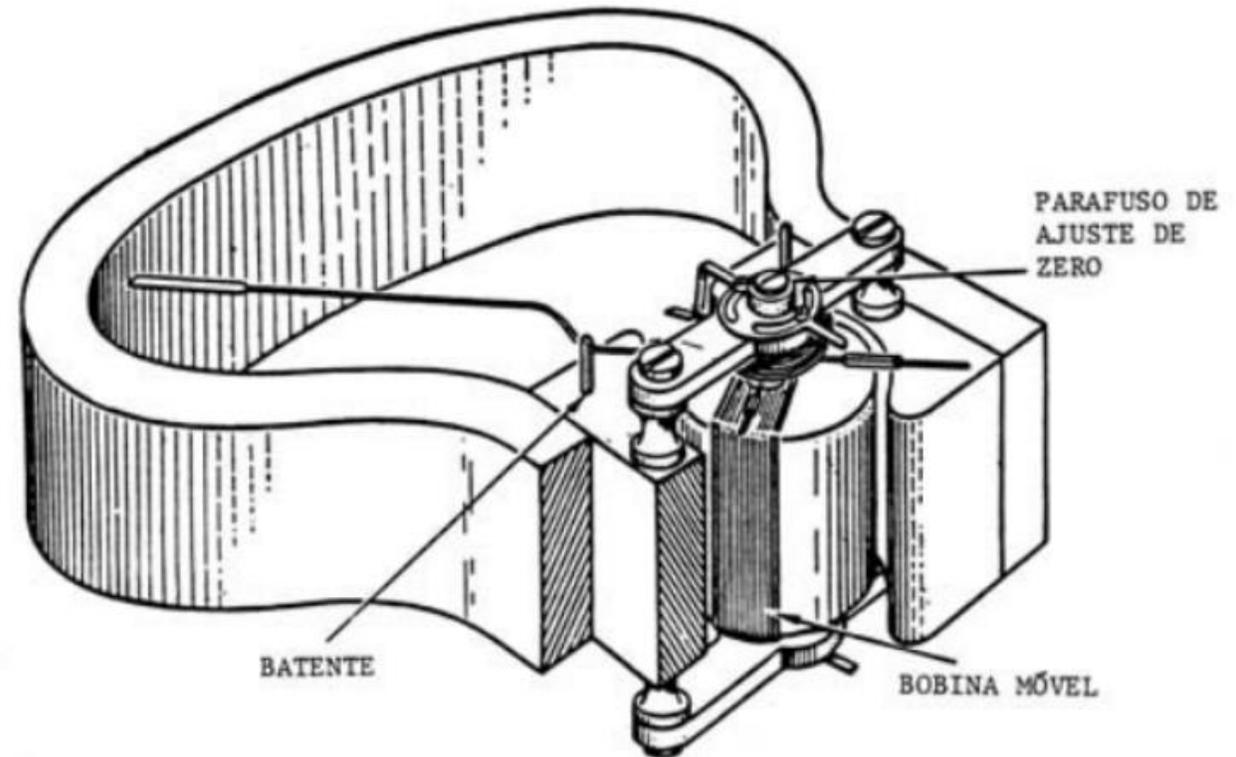
- **Por fio:** instrumentos de precisão
- **Por pivô (mecanismo de d'Arsonval):** eixo de aço apoiado em mancais de rubi ou safira sintéticos
- **Por suspensão magnética:** atração ou repulsão entre pequenos ímãs

Classificação dos instrumentos de medida

Características Construtivas.

Tipos de Suspensão:

- Exemplo de **suspensão por pivô:**



Classificação dos instrumentos de medida

Características Construtivas.

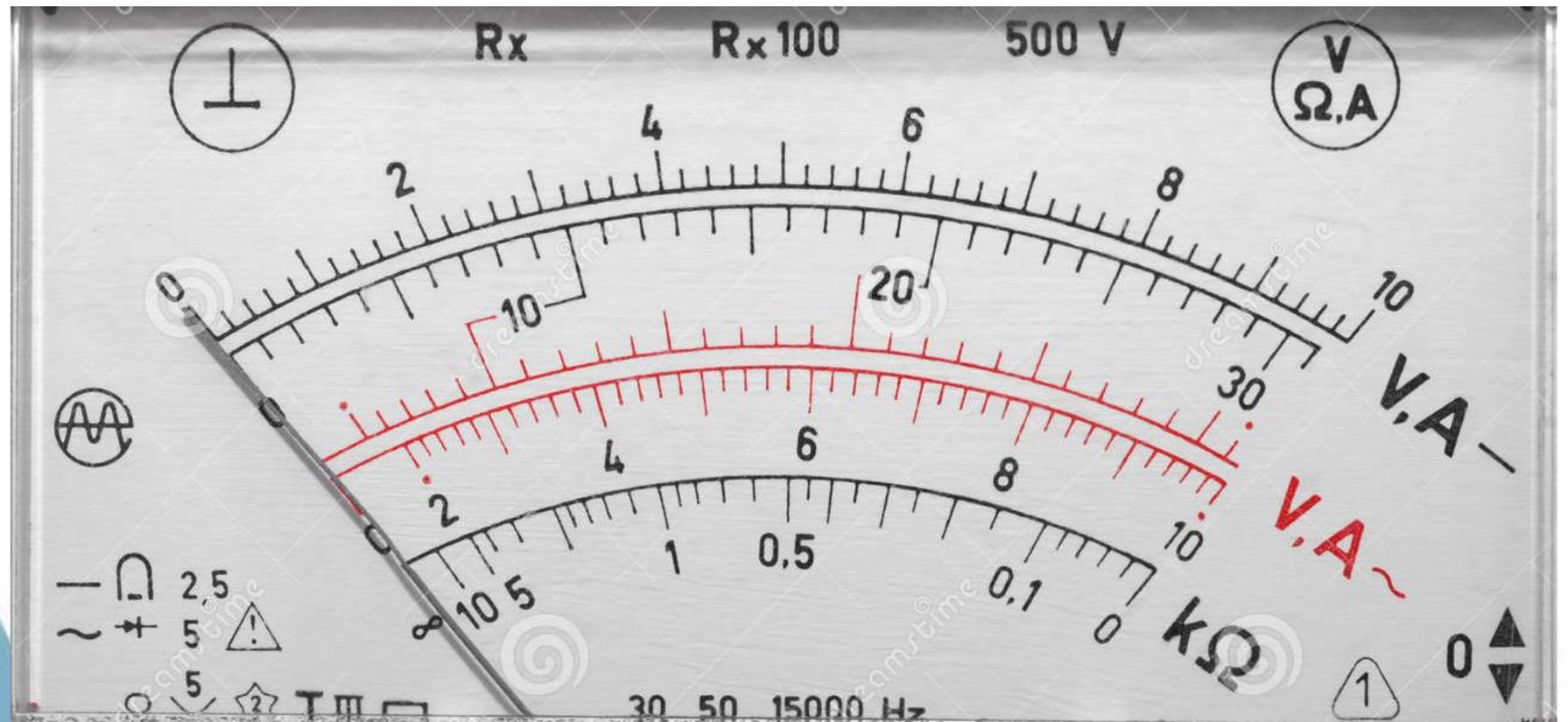
Escala:

- **Fundo de escala ou calibre:** o máximo valor que determinado instrumento é capaz de medir sem correr o risco de danos.
- **Posição do zero:** a posição de repouso do ponteiro, quando o instrumento não está efetuando medidas.

Classificação dos instrumentos de medida

Características Construtivas.

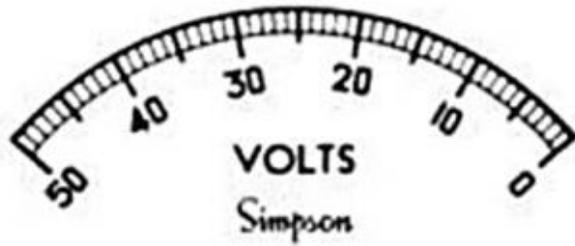
Escala:



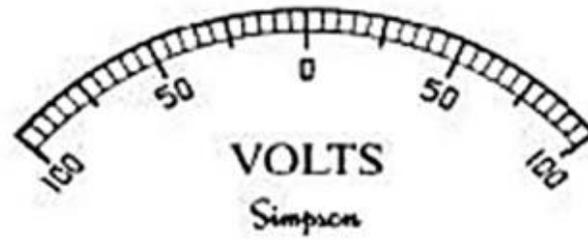
Classificação dos instrumentos de medida

Características Construtivas.

Escala:



(a)



(b)



(c)



(d)

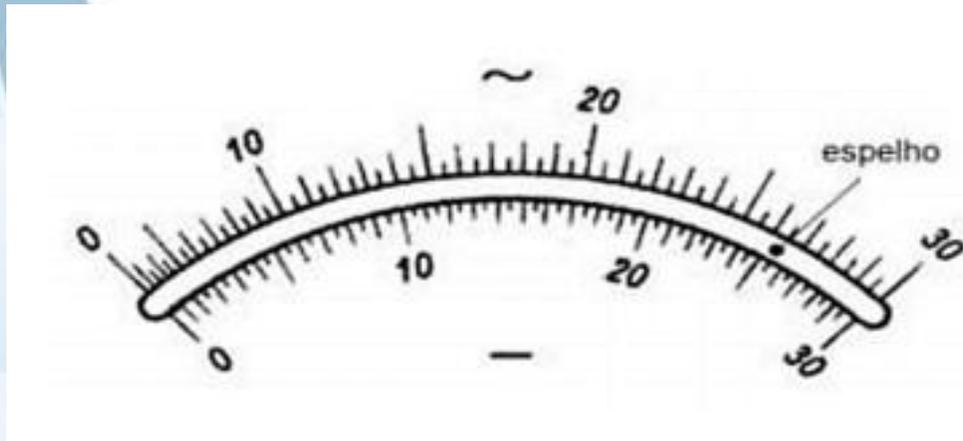
- (a) Zero à **direita**;
- (b) Zero **central**;
- (c) Zero **suprimido**;
- (d) Zero **deslocado**

Classificação dos instrumentos de medida

Características Construtivas.

Escala:

- **Correção do efeito de paralaxe:** a medida deverá ser feita quando a posição do observador é tal que o ponteiro e sua imagem no espelho coincidam.

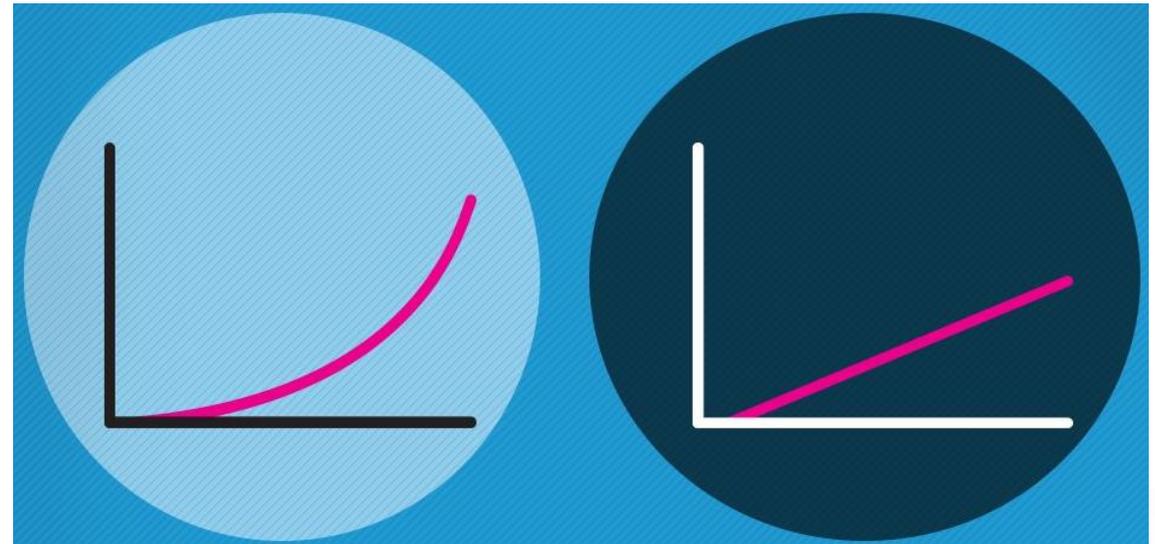


Classificação dos instrumentos de medida

Características Construtivas.

Escala:

- **Linear ou Homogênea:** quando a valores iguais correspondem divisões iguais.
- **Não-linear:** caso contrário



Classificação dos instrumentos de medida

Características Operacionais.

Sensibilidade:

- Grandeza que se relaciona à resistência interna dos instrumentos

$$S = \frac{1}{I_{MAX}}$$

- I_{MAX} é a corrente necessária para produzir a máxima **deflexão** no ponteiro.

Classificação dos instrumentos de medida

Características Operacionais.

Valor Fiducial:

- Valor de referência para a especificação da **classe de exatidão** do instrumento.

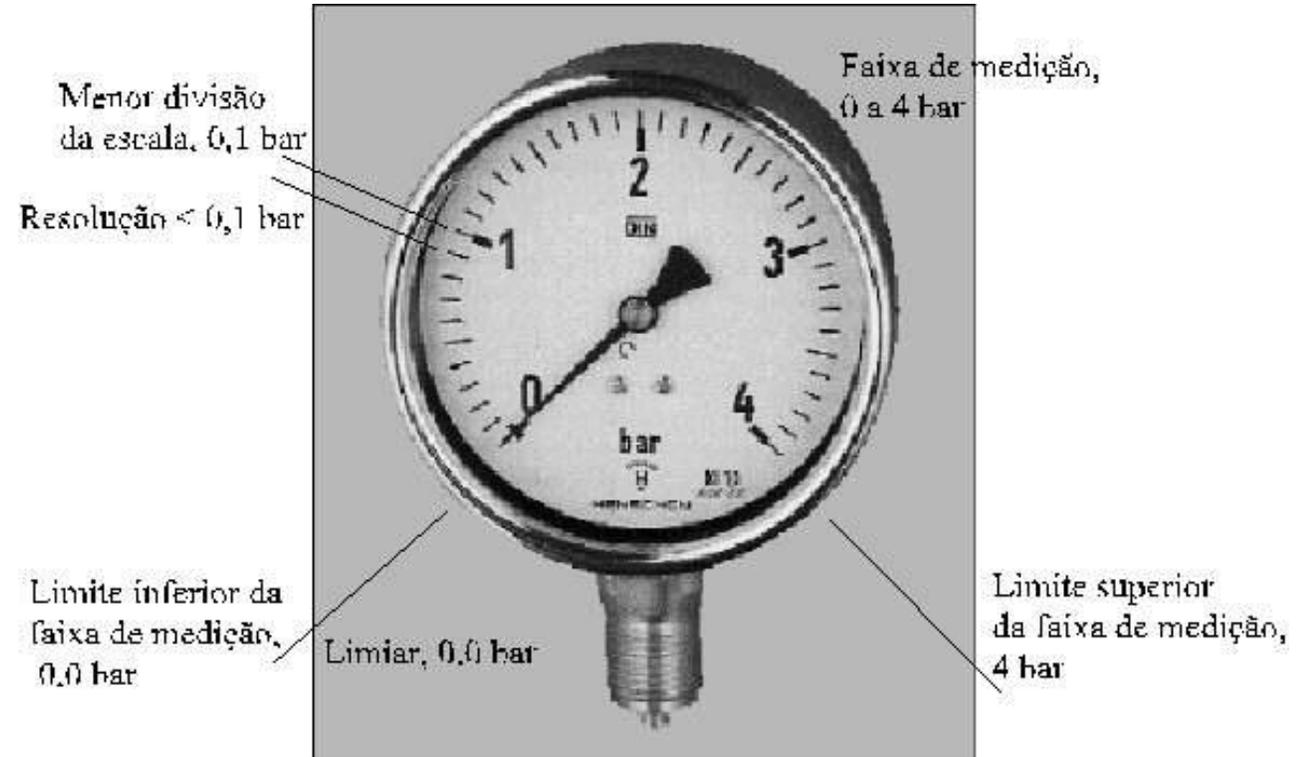
Tipo de escala	Valor fiducial
Zero à esquerda	Valor de fundo de escala
Zero central ou deslocado	Soma dos valores das duas escalas
Zero suprimido	Valor de fundo de escala

Classificação dos instrumentos de medida

Características Operacionais.

Resolução:

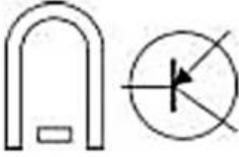
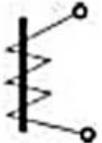
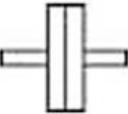
- Determina a capacidade que tem um instrumento de **diferenciar grandezas** com valores próximos entre si.
- Em instrumentos analógicos, a diferença entre esses valores é dada por duas **divisões** adjacentes na **escala**



Classificação dos instrumentos de medida

Simbologia.

Tipos de instrumento:

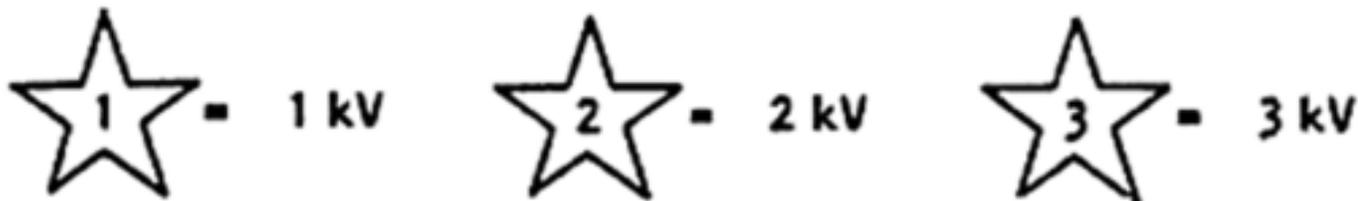
Bobina móvel				
				
Geral	Com retificador	Com par termelétrico	Com circuito eletrônico	Com medidor de quociente
Ferro móvel		Eletrodinâmico		
				
Geral	Com lâmina bimetálica	Geral	Com núcleo de ferro	Com medidor de quociente

Classificação dos instrumentos de medida

Simbologia.

Tensão de isolamento ou tensão de prova:

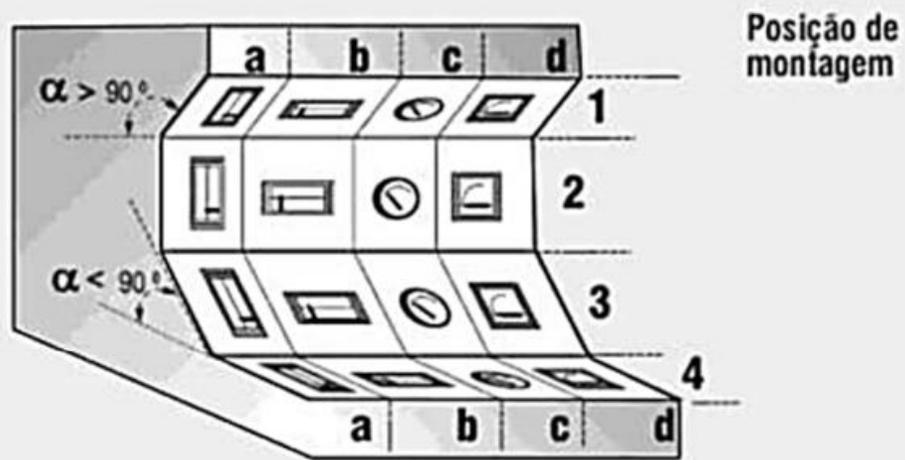
valor **máximo de tensão** que um instrumento pode receber entre sua parte interna (de material condutor) e sua parte externa (de material isolante).



Classificação dos instrumentos de medida

Simbologia.

Posição de montagem:



Posição de montagem

Posição	Símbolo	Ângulo de Montagem
1	⊥	$\alpha > 90^\circ$
2	┌	$\alpha = 90^\circ$
3	∠	$\alpha < 90^\circ$
4	└	$\alpha = 0^\circ$

⊥	Instrumento utilizado na posição vertical
┌	Instrumento utilizado na posição horizontal
∠	Instrumento utilizado na posição inclinada - o número dá a inclinação (neste exemplo, 60°)



Classificação dos instrumentos de medida

Simbologia.

Classe de exatidão: fornece o erro admissível em porcentagem entre o valor indicado pelo instrumento e o fiducial, levando-se em consideração o valor do fundo de escala.

Exemplo: se um amperímetro de **classe 0,5** tem amplitude de escala de 0 a 200 mA, seu erro máximo admissível em qualquer ponto da escala é:

$$\varepsilon = \frac{0,5 \cdot 200}{100} = 1 \text{ mA}$$

Classificação dos instrumentos de medida

Simbologia.

Classe de exatidão:

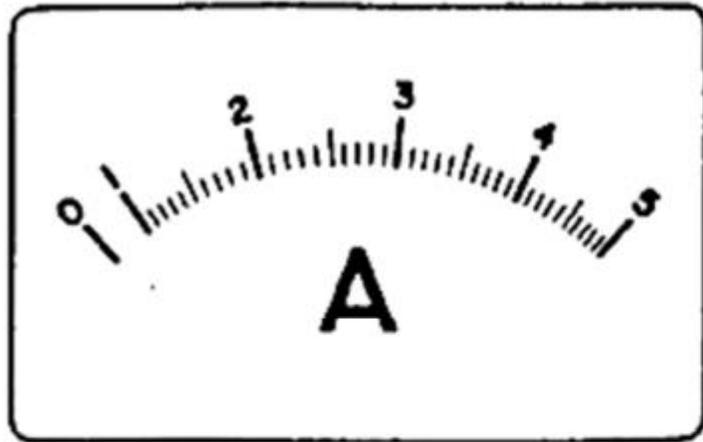
Classes de exatidão de instrumentos de medidas elétricas

Classe	Instrumentos de alta precisão			Instrumentos para fins normais			
	0,1	0,2	0,5	1,0	1,5	2,5	5,0
Erro em percentagem do valor, no final da escala	$\pm 0,1$	$\pm 0,2$	$\pm 0,5$	$\pm 1,0$	$\pm 1,5$	$\pm 2,5$	$\pm 5,0$

Classificação dos instrumentos de medida

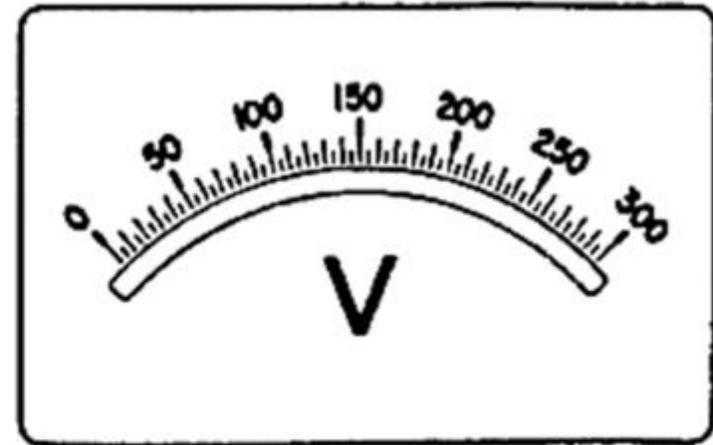
Simbologia.

Unidade de medida:



A = Ampères
Amperímetro

**Unidade
Instrumento**

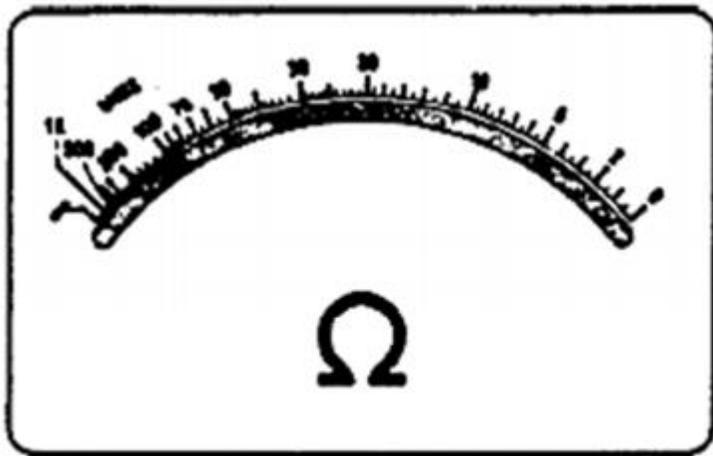


V = Volts
Voltímetro

Classificação dos instrumentos de medida

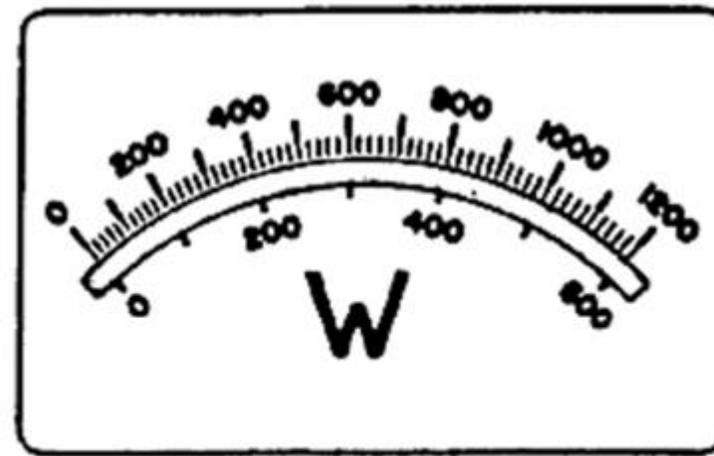
Simbologia.

Unidade de medida:



Ω = Ohm
Ohmímetro

**Unidade
Instrumento**

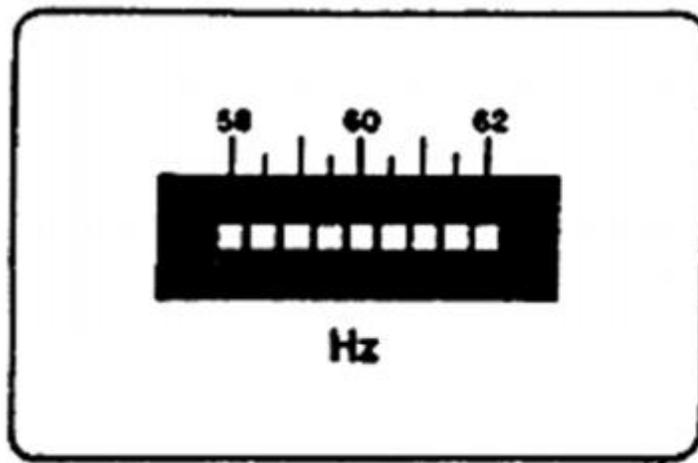


W = Watts
Wattímetro

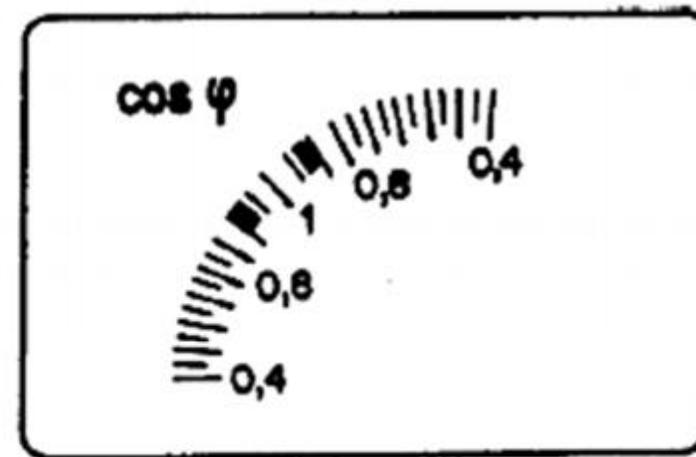
Classificação dos instrumentos de medida

Simbologia.

Unidade de medida:



f ou Hz = frequência
Frequencímetro



cos φ ou φ = fator de potência
Fasímetro

**Unidade
Instrumento**

Classificação dos instrumentos de medida

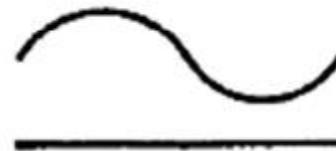
Simbologia.

Tipo de corrente:

Somente Corrente Contínua



Ambas as Correntes - Contínua e Alternada



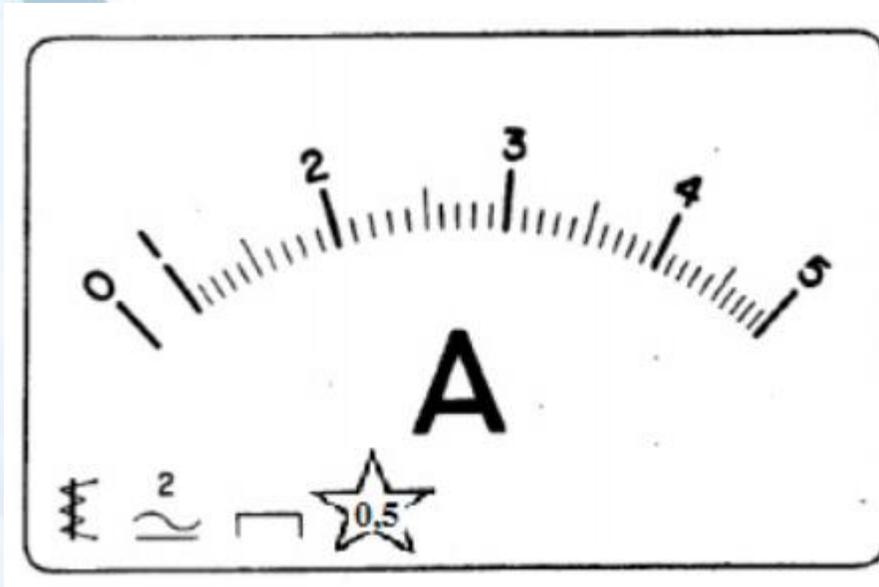
Somente Corrente Alternada



Classificação dos instrumentos de medida

Simbologia.

Exemplo:



- ✓ Amperímetro analógico de ferro móvel
- ✓ Escala não linear
- ✓ Medição de correntes **contínua** ou **alternada**
- ✓ Classe de exatidão 2
- ✓ Medição na posição horizontal
- ✓ Classe de isolamento de 500 V



REVISÃO

CONCEITOS BÁSICOS

CLASSIFICAÇÃO DOS INSTRUMENTOS DE MEDIDA

APLICAÇÃO

TIPOS DE INSTRUMENTOS

UNIDADES

ESCALA

