

Sumário

1	Introdução a Medidas Elétricas.....	2
1.1	Conceitos Básicos.....	2
1.2	Classificação dos Instrumentos de Medidas Elétricas	4
1.3	Instrumentos Analógicos	6
1.3.1	Características Construtivas	6
1.3.2	Principais Características Operacionais.....	8
1.3.3	Simbologia	9
1.4	Instrumentos Digitais.....	13
1.4.1	Características Construtivas	13
1.4.2	Principais Características Operacionais.....	14
1.5	Instrumentos Básicos De Medidas Elétricas	16
1.5.1	Amperímetro	17
1.5.2	Voltímetro.....	18
1.5.3	Wattímetro	19
1.5.4	Medidor de Energia Ativa Analógico de Indução (relógio de luz)	21
	Referências Bibliográficas	21

1 Introdução a Medidas Elétricas

1.1 Conceitos Básicos

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 cujo valor não poderia ser determinado através dos sentidos humanos.

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.

Erros são inerentes a todo o tipo de medidas e podem ser minimizados, porém nunca completamente eliminados. Em medidas elétricas, costuma-se considerar três categorias de erros:

a) Grosseiros

São sempre atribuídos ao operador do equipamento e, de uma maneira geral, pode-se dizer que resultam da falta de atenção. A ligação incorreta do instrumento, a transcrição equivocada do valor de uma observação ou o erro de paralaxe são alguns exemplos. Esses erros podem ser minimizados através da repetição atenta das medidas, seja pelo mesmo observador ou por outros.

b) Sistemáticos

Devem-se às deficiências do instrumento ou do método empregado e às condições sob as quais a medida é realizada. Costuma-se dividi-los em duas categorias:

- *Instrumentais*, inerentes aos equipamentos de medição, tais como escalas mal graduadas, oxidação de contatos, desgaste de peças e descalibração. Podem ser minimizados usando-se instrumentos de boa qualidade e fazendo-se sua manutenção e calibração adequadas.

- *Ambientais*, que se referem às condições do ambiente externo ao aparelho, incluindo-se aqui fatores tais como temperatura, umidade e pressão, bem como a existência de campos elétricos e/ou magnéticos. Para diminuir a incidência desses erros pode-se trabalhar em ambientes climatizados e providenciar a blindagem dos aparelhos em relação a campos eletromagnéticos.

c) Aleatórios

Também chamados erros acidentais, devem-se a fatores imponderáveis (incertezas), como a ocorrência de transitórios em uma rede elétrica e ruídos provenientes de sinais espúrios. Como não podem ser previstos, sua limitação é impossível.

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 as diversas medidas obtidas de uma grandeza dada, em relação à média aritmética dessas medidas (Norma P-NB-278/73, da ABNT). 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.

Para ilustrar a diferença, considere um atirador tentando atingir um alvo, como ilustrado na Figura 1. Em (a) não houve exatidão nem precisão por parte do atirador; em (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; em (c) conclui-se que o atirador foi exato, além de preciso.

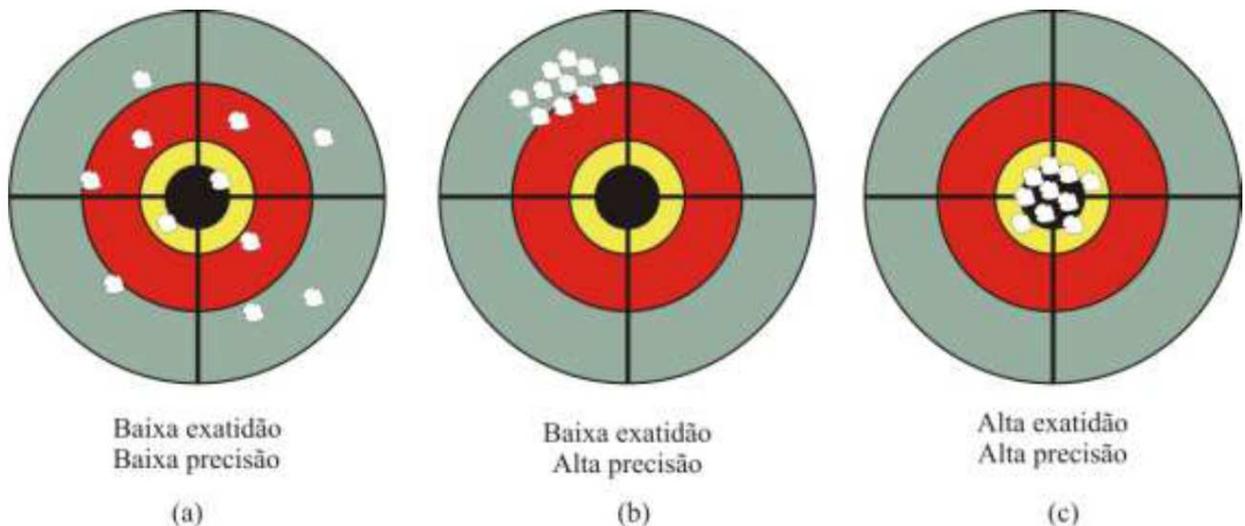


Figura 1: Exemplo ilustrativo de exatidão e precisão.

A precisão é um pré-requisito da exatidão, embora o contrário não seja verdadeiro. Assim, dizer que um instrumento é preciso não implica, necessariamente, que seja exato.

1.2 Classificação dos Instrumentos de Medidas Elétricas

Os instrumentos de medidas elétricas podem ser classificados de várias formas, de acordo com o aspecto considerado quanto à:

a) *Grandeza a ser medida*: amperímetro (corrente); voltímetro (tensão); wattímetro (potência ativa); varímetro (potência reativa); fasímetro ou cosímetro (defasagem entre tensão e corrente ou $\cos\phi$); ohmímetro (resistência); capacitímetro (capacitância); frequencímetro (frequência).

b) *Forma de apresentação dos resultados*:

- analógicos, nos quais a leitura é feita de maneira indireta, usualmente através do posicionamento de um ponteiro sobre uma escala, como o mostrado na Figura 2(a);
- digitais, que fornecem a leitura diretamente em forma alfa-numérica num display (Figura 2(b)).



(a)



(b)

Figura 2: Exemplos de multímetros: (a) analógico; (b) digital.

Os instrumentos digitais ganham a cada dia destaque entre os dispositivos de medidas elétricas. Dois fatores são apontados para seu sucesso:

- *comodidade do operador* – é muito mais fácil ler o resultado diretamente no display do que deduzi-lo a partir da posição de um ponteiro sobre uma escala;

- *queda dos preços* – nos últimos anos o custo dos instrumentos digitais reduziu-se vertiginosamente.

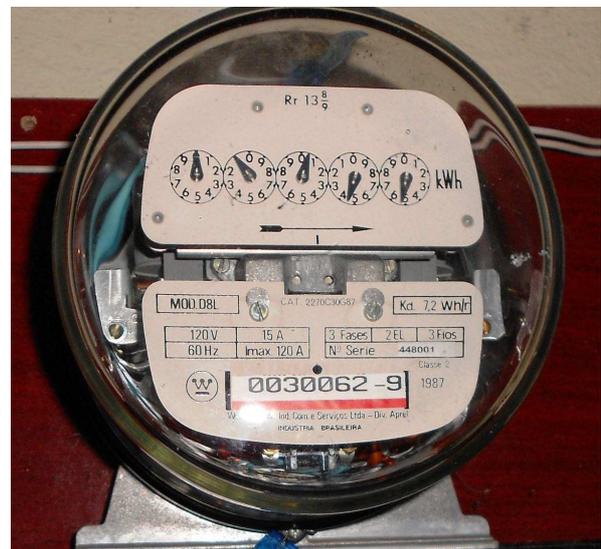
No entanto, a utilização de medidores analógicos ainda é muito intensa devido a fatores tais como: 1) grande número de instrumentos de oficinas e painéis de controle de indústrias ainda têm por base instrumentos analógicos; 2) de maneira geral, instrumentos analógicos são mais robustos que os digitais, tornando-os mais apropriados em determinadas situações e 3) em algumas aplicações onde há variações rápidas da grandeza a ser medida, é mais interessante observar o movimento de um ponteiro do que tentar acompanhar a medida através de dígitos. Por exemplo, em experiências em laboratório é prática recomendada utilizar no circuito experimentado um amperímetro analógico em série ao circuito como equipamento de segurança. Isto porque caso o circuito experimentado esteja em curto-circuito (devido a um erro de montagem) o amperímetro analógico acusará um grande deslocamento em seu ponteiro (facilmente perceptível) mesmo se os valores de tensão aplicados ao circuito forem muito pequenos.

c) *Capacidade de armazenamento das leituras:*

- indicadores, capazes de fornecer somente o valor da medida no instante em que a mesma é realizada (Figura 2);
- registradores, capazes de armazenar certo número de leituras (Figura 3(a));
- totalizadores, que apresentam o valor acumulado da grandeza medida (Figura 3(b)).



(a)



(b)

Figura 3: Exemplos de instrumentos classificados quanto à sua capacidade de armazenamento de leituras: (a) registrador-medidor de energia ativa eletrônico; (b) totalizador - medidor analógico (relógio de luz).

d) *Princípio físico utilizado para a medida:* bobina móvel, ferro móvel, ferrodinâmico, bobinas cruzadas, indutivo, ressonante, eletrostático.

Esses tipos de medidores são tipicamente analógicos. Os aparelhos digitais utilizam majoritariamente circuitos eletrônicos comparadores.

e) *Finalidade de utilização:*

- Para laboratórios: aparelhos que primam pela exatidão e precisão;
- Industriais: embora não sejam necessariamente tão exatos quanto os de laboratório, têm a qualidade da robustez, mostrando-se apropriados para o trabalho diário sob as mais diversas condições.

f) *Portabilidade:* de *painel*, fixos ou de *bancada*, portáteis.

1.3 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 resistência.

1.3.1 Características Construtivas

Os instrumentos analógicos baseiam sua operação em algum tipo de fenômeno eletromagnético ou eletrostático, como a ação de um campo magnético sobre uma espira percorrida por corrente elétrica ou a repulsão entre duas superfícies carregadas com cargas elétricas de mesmo sinal. São, portanto, sensíveis a campos elétricos ou magnéticos externos, de modo que muitas vezes é necessário blindá-los contra tais campos.

O mecanismo de *suspensão* é a parte mais delicada de um instrumento analógico. É ele quem promove a fixação da parte móvel (geralmente um ponteiro) e deve proporcionar um movimento com baixo atrito. Os tipos de suspensão mais utilizados são:

- por fio, usado em instrumentos de precisão, devido ao excepcional resultado que proporciona;
- por *pivô* (conhecido também como mecanismo d'Arsonval), composto de um eixo de aço (horizontal ou vertical) cujas extremidades afiladas se apoiam em mancais de rubi ou safira sintética;
- suspensão magnética, devida à força de atração (ou repulsão) de dois pequenos ímãs, um dos quais, preso à parte móvel e o outro fixado ao corpo do aparelho.

A *escala* é um elemento importante nos instrumentos analógicos, já que é sobre ela que são feitas as leituras. Entre suas muitas características podem-se ressaltar as seguintes:

- *Fundo de escala*¹ 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 (zero) pode variar muito: zero à esquerda, zero à direita, zero central, zero deslocado ou zero suprimido (aquela que inicia com valor maior que zero). Na Figura 4 são mostrados alguns tipos de escalas que se diferenciam quanto à posição do zero. Costuma-se explicitar a posição do zero através da designação da escala. Por exemplo: 1) 0 – 200 mA - miliamperímetro, escala com zero à esquerda. 2) 120 - 0 -120 V - voltímetro, escala com zero central; 3) 40 – 0 – 200 V - voltímetro, escala com zero deslocado e 4) 10 – 200 A amperímetro, escala com zero suprimido.

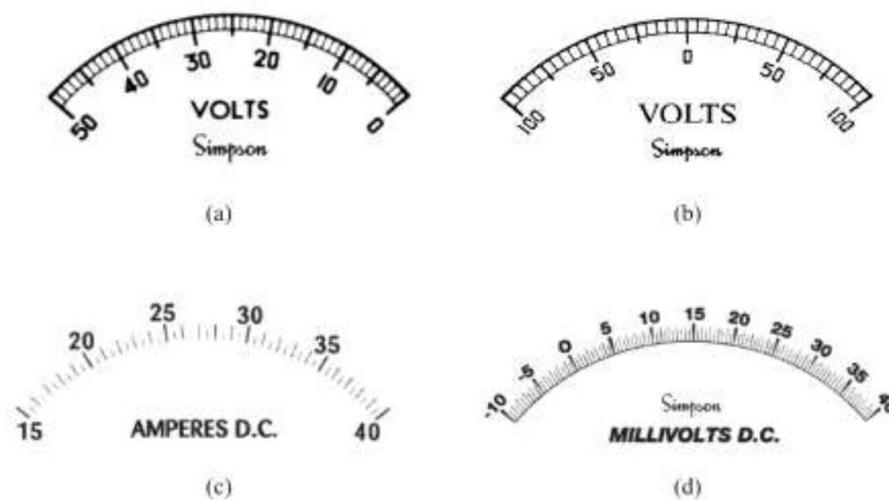


Figura 4: Classificação das escalas de acordo com a posição do zero (a) zero à direita; (b) zero central; (c) zero suprimido; (d) zero deslocado.

- *Correção do efeito de paralaxe*: muitos instrumentos possuem um espelho logo abaixo da escala graduada, como mostrado na Figura 5; neste caso, a medida deverá ser feita quando a posição do observador é tal que o ponteiro e sua imagem no espelho coincidam.

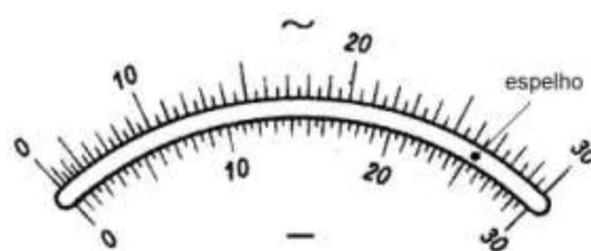


Figura 5: Espelho para correção do erro de paralaxe.

- *Linearidade*: característica que diz respeito à maneira como a escala é dividida. Quando a valores iguais correspondem divisões iguais, diz-se que a escala é *linear* (ou *homogênea*), como

¹ Nome usado devido usualmente corresponder ao valor marcado no fim da escala do equipamento.

aquelas mostradas na Figura 4; caso contrário, a escala é chamada *não-linear (heterogênea)*, como a que aparece acima do espelho da Figura 5.

1.3.2 Principais Características Operacionais

- Sensibilidade

Todos os instrumentos analógicos possuem uma resistência interna, devida à existência dos enrolamentos, conexões e outras partes; portanto, quando inseridos em um circuito, esses aparelhos causam uma mudança na configuração original (carregam o circuito). A sensibilidade (S) é uma grandeza que se relaciona à resistência interna dos instrumentos; no caso de medidores analógicos, ela é calculada tomando-se como base a corrente necessária para produzir a máxima deflexão no ponteiro (I_{\max}). Então:

$$S = \frac{1}{I_{\max}} \quad (1.1)$$

Considerando a Lei de Ohm, para a qual $1 \text{ A} = 1 \text{ V}/\Omega$, deduz-se que a sensibilidade é dada em ohms por volts (Ω/V). Quanto maior for a sensibilidade de um instrumento, melhor este será. De uma maneira geral, os instrumentos de bobina móvel são aqueles que apresentam melhor sensibilidade entre os medidores analógicos, podendo atingir valores da ordem de $100 \text{ k}\Omega/\text{V}$.

- Valor fiducial

É o valor de referência para a especificação da classe de exatidão do instrumento. Este valor é determinado de acordo como tipo de escala do medidor, no que se refere à posição do zero, de acordo com a Tabela 1.

Tabela 1: Valor fiducial de instrumentos de medida.

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

- Resolução

Determina a capacidade que tem um instrumento de diferenciar grandezas com valores próximos entre si. No caso de instrumentos analógicos, a diferença entre esses valores é dada por duas divisões adjacentes em sua escala.

1.3.3 Simbologia

Os painéis dos instrumentos de medidas analógicos normalmente apresentam gravados em sua superfície uma série de símbolos que permitem ao operador o conhecimento das características do aparelho.

- Tipo de instrumento

Os símbolos para alguns dos principais tipos de medidores são mostrados na Figura 6.

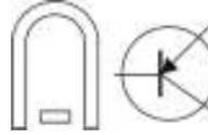
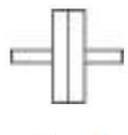
Bobina móvel				
				
Geral	Com retificador	Com par termelétrico	Com circuito eletrônico	Com medidor de quociente
Ferro móvel		Eletrodinâmico		
				
Geral	Com lâmina bimetálica	Geral	Com núcleo de ferro	Com medidor de quociente

Figura 6: Simbologia de instrumentos de medidas elétricas.

- Tensão de isolamento ou tensão de prova

É o valor máximo de tensão que um instrumento pode receber entre sua parte interna (de material condutor) e sua parte externa (de material isolante). Esse valor é simbolicamente representado nos instrumentos pelos números 1, 2 ou 3, contidos no interior de uma estrela (Figura 7). Na ausência de algarismo, a tensão de prova é igual a 500 V.

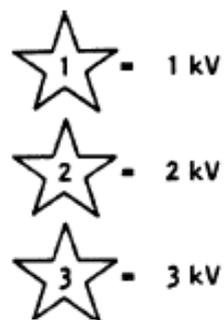


Figura 7: Símbolos de tensão de prova.

• Posição

Instrumentos de painel usualmente são projetados para funcionamento na posição vertical, porém outras posições podem ser viáveis. A Figura 8 mostra as possíveis posições de instrumentos de painel, bem como a simbologia usada para sua representação. O uso de um instrumento em posição diferente daquela para a qual foi projetado pode ocasionar erros grosseiros de leitura.

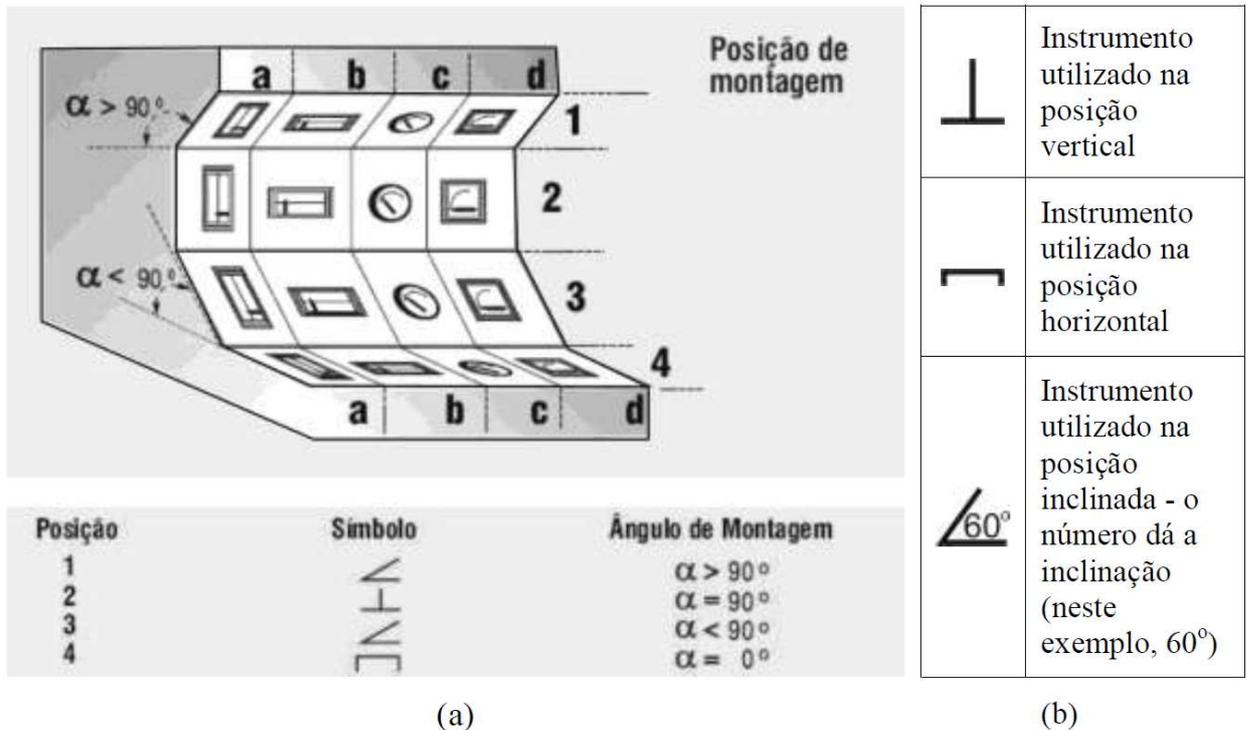


Figura 8: Posição dos instrumentos de medida. (a) representação de diversas posições possíveis; (b) simbologia utilizada.

• Classe de exatidão

A classe de exatidão de um instrumento 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. É indicada no painel do instrumento por um número expresso em algarismos arábicos. Por exemplo, se um amperímetro de classe 0,5 tem amplitude de escala de 0 a 200 mA, isto significa que o erro máximo admissível em qualquer ponto da escala é:

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

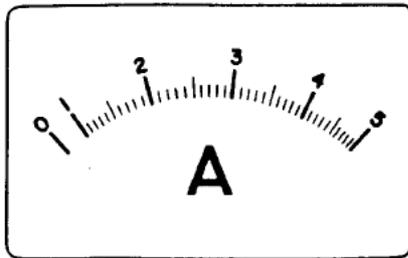
Portanto, se o aparelho indicar 50mA, a variação admissível será 50 ± 1 mA; se estiver indicando 150 mA, a variação será igualmente 150 ± 1 mA. A Tabela 2 apresenta as classes de exatidão de instrumentos de medidas elétricas.

Tabela 2: Classes de exatidão de instrumentos de medidas elétricas.

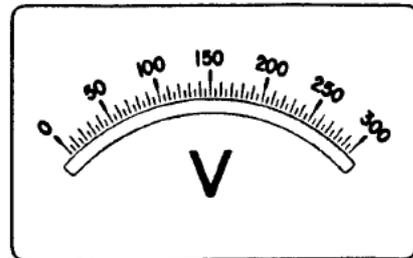
Classe	Instrumentos de alta precisão			Instrumentos para fins normais			
	0,1	0,2	0,5	1,0	1,5	2,5	5,0
Erro em percentagem do valor, no final da escala	± 0,1	± 0,2	± 0,5	± 1,0	± 1,5	± 2,5	± 5,0

• Unidade de Medida

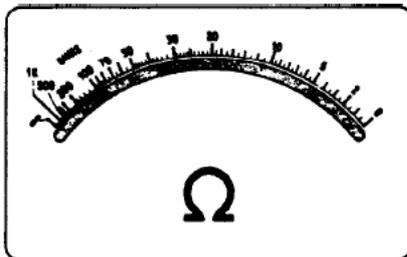
A Figura 9 apresenta a simbologia para alguns instrumentos de medição.



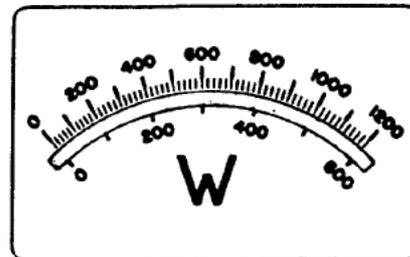
A = Ampères
Amperímetro



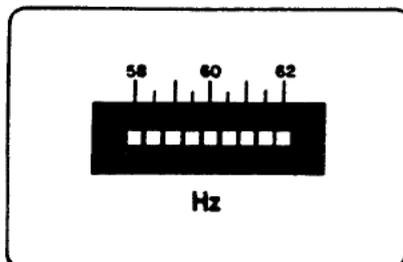
V = Volts
Voltímetro



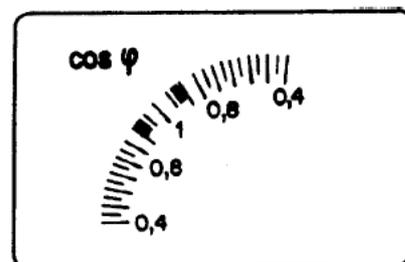
Ω = Ohm
Ohmímetro



W = Watts
Wattímetro



f ou Hz = frequência
Frequencímetro

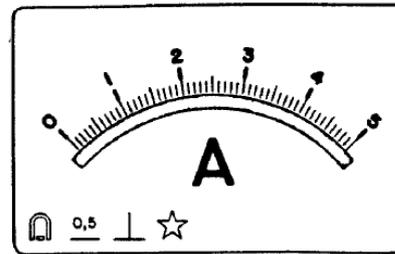


cos φ ou φ = fator de potência
Fasímetro

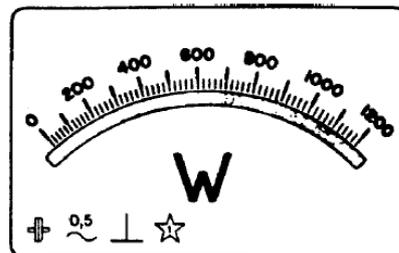
Figura 9: Simbologia para diversos instrumentos de medição elétrica em relação à grandeza medida.

- Tipo de corrente

Somente Corrente Contínua



Somente Corrente Alternada



Ambas as Correntes - Contínua e Alternada

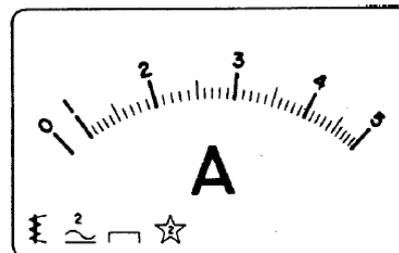
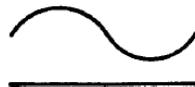


Figura 10: Simbologia quanto ao tipo de corrente permitida para medição no instrumento.

Baseado na simbologia apresentada pode-se afirmar que o amperímetro analógico ilustrado na Figura 11 apresenta as seguintes características: amperímetro analógico de ferro móvel, escala não linear, indicado para medição de correntes contínua ou alternada, com classe de exatidão 2, adequado para medição na posição horizontal com classe de isolamento de 500 V.

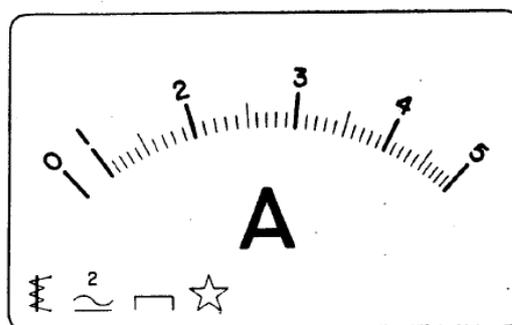


Figura 11: Simbologia completa para um amperímetro analógico.

1.4 Instrumentos Digitais

Se nos instrumentos analógicos o modelo básico é o amperímetro, a operação dos aparelhos digitais tem como fundamento a medida de tensão (voltímetro). A alteração da configuração inicial permite que sejam medidas outras grandezas, como corrente, resistência, frequência, temperatura e capacitância.

1.4.1 Características Construtivas

A característica básica dos instrumentos digitais é a conversão dos sinais analógicos de entrada em dados digitais. Esta conversão *análogo-digital* (ou *A-D*) é realizada por circuitos eletrônicos cuja operação foge ao escopo deste curso.

A parte mais evidente em um instrumento digital é seu *display* (visor), que pode ser de 2 tipos:

a) Display de LEDs (*Light Emitting Diodes*), dispositivos semicondutores capazes de emitir luz quando percorridos por corrente elétrica. Esses displays têm fundo escuro, para proporcionar maior destaque ao brilho dos LEDs.

b) Display de cristal líquido LCD (*Liquid Crystal Display*), constituídos por duas lâminas transparentes de material polarizador de luz, com eixos polarizadores alinhados perpendicularmente entre si; entre as lâminas existe uma solução de cristal líquido, cujas moléculas podem se alinhar sob a ação da corrente elétrica, impedindo a passagem da luz. A Figura 12 mostra modelos de displays de LED e LCD respectivamente.



(a)



(b)

Figura 12: Exemplos de displays. (a) Voltímetro de corrente contínua-LED; (b) Multímetro Digital-LCD.

A Tabela 3 apresenta as principais vantagens e desvantagens de cada um desses tipos de displays. O conhecimento dessas características pode auxiliar na tomada de decisão sobre qual tipo de visor é mais adequado às condições da medida.

Tabela 3: Comparação entre displays de LED e LCD.

Tipo	Vantagens	Desvantagens
LED	<ul style="list-style-type: none"> • pode ser visualizado virtualmente de qualquer ângulo; • proporciona leituras mais fáceis à distância; • via de regra é mais durável que os LCDs; • pode ser usado em ambientes com pouca luz; • seu tempo de resposta varia muito pouco com a temperatura ambiente; • pode ser usados em condições ambientais mais adversas. 	<ul style="list-style-type: none"> • consumo de energia mais elevado que os LCDs; • difícil leitura sob a luz solar.
LCD	<ul style="list-style-type: none"> • permite leituras em ambientes externos, mesmo sob incidência direta de luz solar; • consumo de energia muito baixo. 	<ul style="list-style-type: none"> • uso em ambientes com pouca luz exige iluminação de fundo (backlit); • tempo de resposta decresce em baixas temperaturas.

1.4.2 Principais Características Operacionais

- Resolução

Como no caso dos instrumentos analógicos, esta característica está relacionada à capacidade de diferenciar grandezas com valores próximos entre si.

- Capacidade de Contagem Máxima do Display Digital

Um instrumento com $3\frac{1}{2}$ dígitos tem 3 dígitos “completos” (isto é, capazes de mostrar os algarismos de 0 até 9) e 1 “meio dígito”, que só pode apresentar 2 valores: 0 (nesse caso o algarismo está “apagado”) ou 1; portanto, este instrumento pode contar até 1999. Outro instrumento de $4\frac{1}{2}$ dígitos tem maior contagem, pois pode apresentar 19999 contagens.

Instrumentos com contagem de 3999 ($3\frac{1}{4}$ dígitos), 4999 ($3\frac{1}{5}$ dígitos) ou 6999 ($3\frac{1}{7}$ dígitos) também são fabricados, até com contagens máximas maiores.

- Exatidão

De forma semelhante aos instrumentos analógicos, a exatidão dos medidores digitais informa o maior erro possível em determinada condição de medição. É expresso através de percentual da leitura do instrumento. Por exemplo, se um instrumento digital com 1% de exatidão

está apresentando uma medida de 100 unidades em seu display, o valor verdadeiro estará na faixa de 99 a 101 unidades. A especificação da exatidão de alguns instrumentos inclui o número de contagens que o dígito mais à direita pode variar. Assim, se um voltímetro tem exatidão de $\pm(1\% + 2)$ e seu display mede 220 V, o valor real pode estar entre 217,78 e 222,22 V.

• Categoria

Esta característica diz respeito à segurança, tanto do instrumento em si como de seu operador. Não basta que a proteção se dê pela escolha de instrumento com escalas com ordem de grandeza suficiente para medir o que se quer: é necessário levar-se em consideração, ainda, a possibilidade da existência de transientes de tensão, que podem atingir picos de milhares de volts em determinadas situações.

Os instrumentos digitais são hierarquizados em categorias numeradas de I a IV, cada uma delas abrangendo situações às quais o medidor se aplica, como mostra a Figura 13. Na Figura 14 é apresentado um multímetro digital onde observa-se sua categoria de utilização.

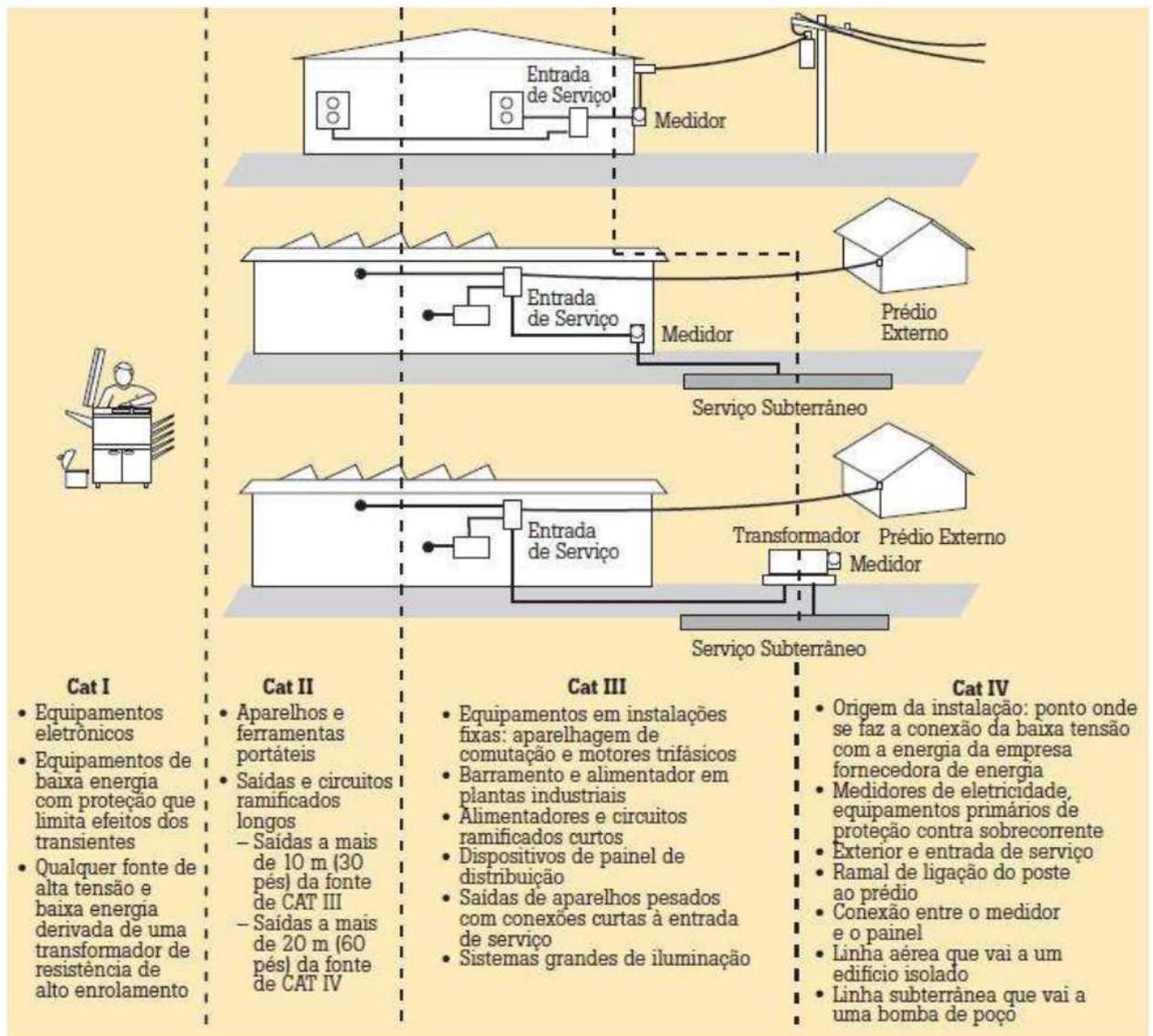


Figura 13: Categorias dos instrumentos digitais de medidas elétricas.

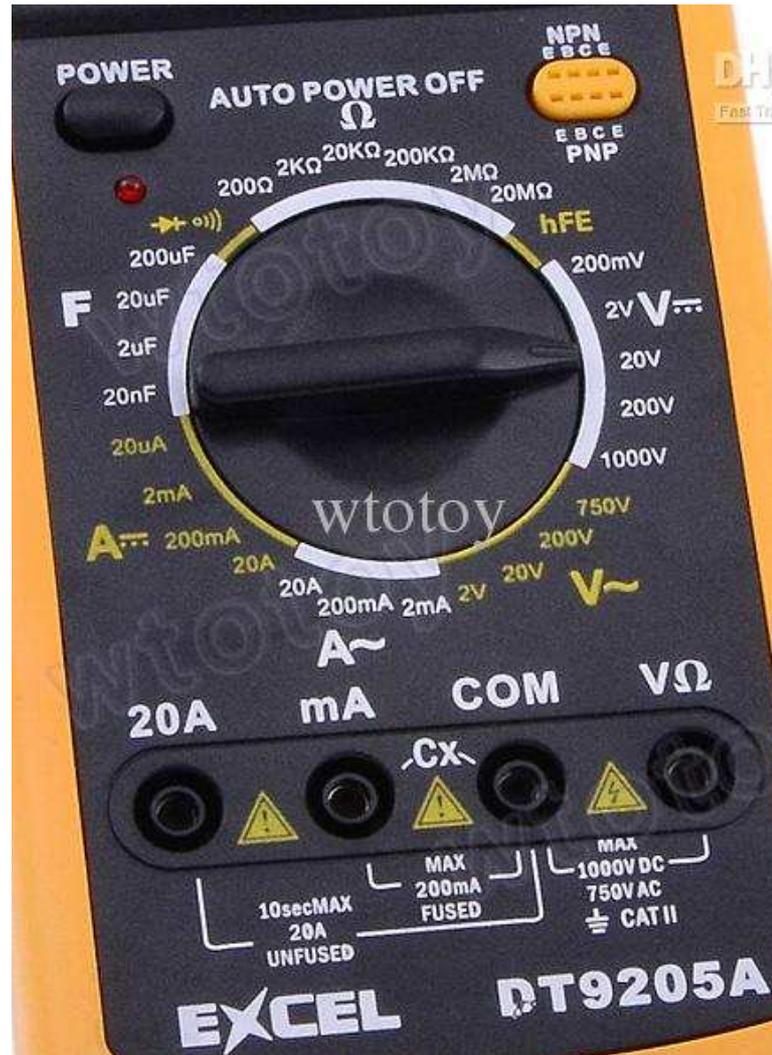


Figura 14: Multímetro digital categoria CAT II.

- True RMS

A maioria dos medidores de tensão e corrente fornece indicações bastante exatas quando operam grandezas constantes (CC) ou formas sinusoidais puras (CA); no entanto deixam a desejar quando a grandeza sob análise tem outra forma de onda. Nesse caso, somente os instrumentos classificados com True RMS darão a indicação exata.

1.5 Instrumentos Básicos De Medidas Elétricas

Denominam-se *básicos* os instrumentos destinados à medida das grandezas elétricas básicas: corrente, tensão, potência e energia. Outras grandezas elétricas – como resistência e capacitância - podem ser determinadas a partir de adaptações feitas nesses medidores básicos.

1.5.1 Amperímetro

Utilizado para medir correntes, sempre é ligado *em série* com elemento/circuito cuja corrente quer se medir; isto significa que um condutor deverá ser “aberto” no ponto de inserção do instrumento, como mostra a Figura 15(a). O símbolo do amperímetro está mostrado no diagrama esquemático da Figura 15(b).

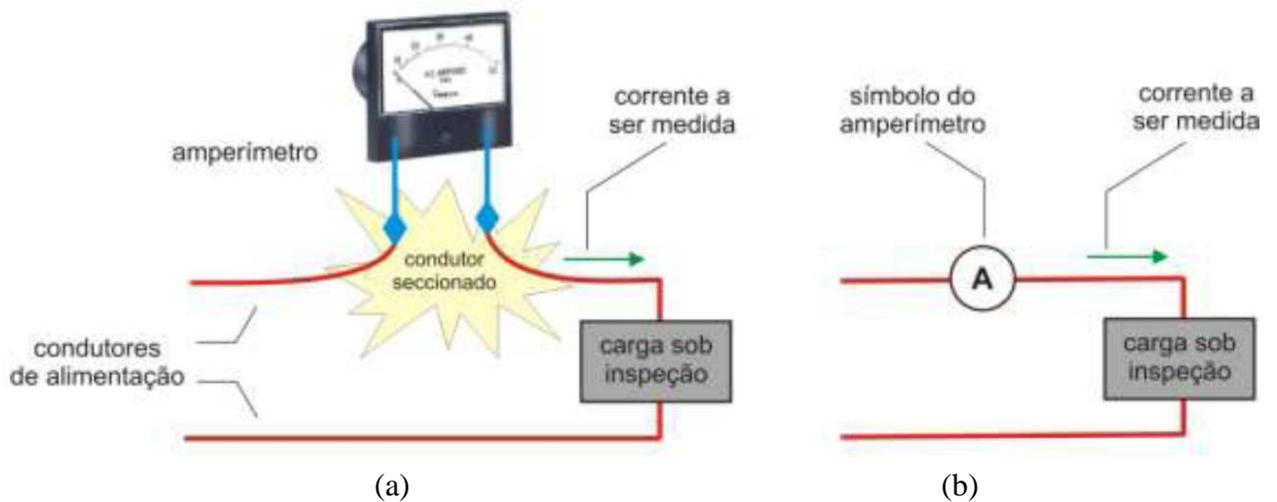


Figura 15: Medida de corrente com amperímetro: (a) conexão do instrumento; (b) diagrama da ligação.

Se a interrupção do circuito é impraticável pode-se usar um *amperímetro-licate* (Figura 16), capaz de medir a corrente pelo campo magnético que esta produz ao passar no condutor.



Figura 16: Multímetro digital com alicate amperímetro.

A resistência interna de um amperímetro deve ser a menor possível, a fim de que o instrumento interfira minimamente no circuito sob inspeção. Um *amperímetro ideal* é aquele que tem resistência interna igual a zero, ou seja, equivale a um *curto-circuito*. Na prática, a menos que se busque grande exatidão em uma medida, pode-se considerar que os amperímetros são ideais.

Por vezes faz-se necessário medir correntes de magnitudes superiores à de fundo de escala do amperímetro; para isso, liga-se em paralelo com o instrumento um resistor (chamado *derivação* ou *shunt*), que desviará a parcela de corrente que excede o fundo de escala. Este procedimento, chamado *multiplicação de escala*, é mostrado na Figura 17(a); Na Figura 17(b) são ilustrados dois tipos de resistores de derivação.

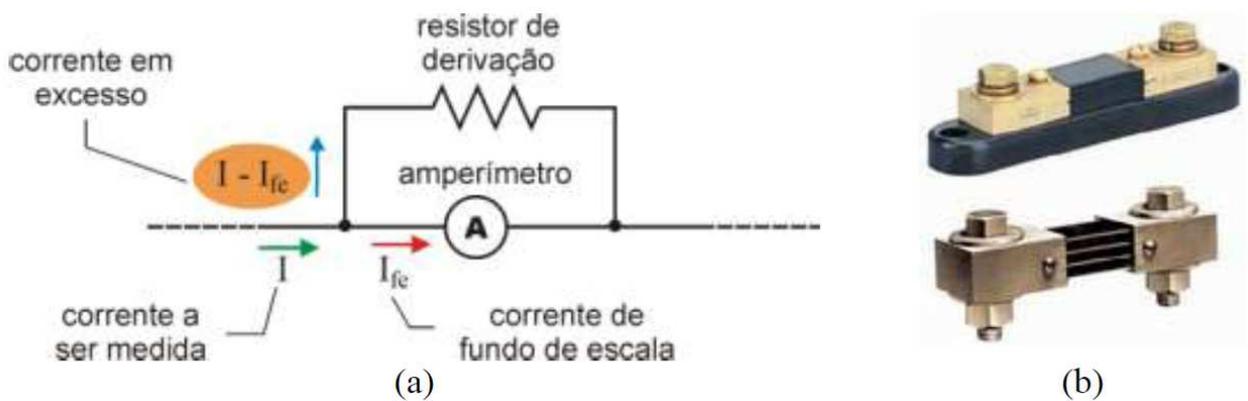


Figura 17: Processo de multiplicação de escala de um amperímetro. (a) esquema de ligação; (b) resistores de derivação.

1.5.2 Voltímetro

Instrumento destinado à medida de tensões, o voltímetro deve ser ligado em paralelo com o elemento cuja tensão quer-se determinar (Figura 18(a)).

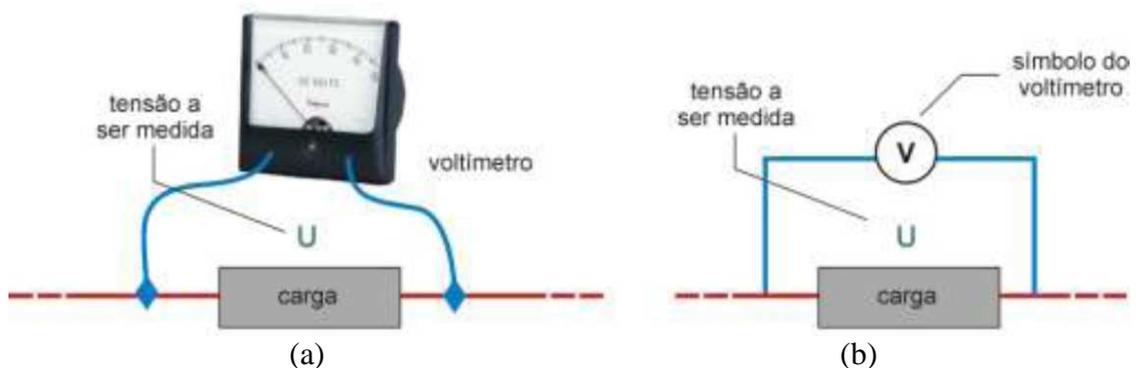


Figura 18: Medida de tensão com o voltímetro. (a) conexão do instrumento; (b) diagrama de ligação.

Também no caso dos voltímetros é possível a ampliação de escalas, isto é, utilizar um voltímetro com fundo de escala *inferior* à tensão que se quer medir. Para tanto, conecta-se em série

com o instrumento um resistor cujo valor seja apropriado para receber o “excesso” de tensão (Figura 19).

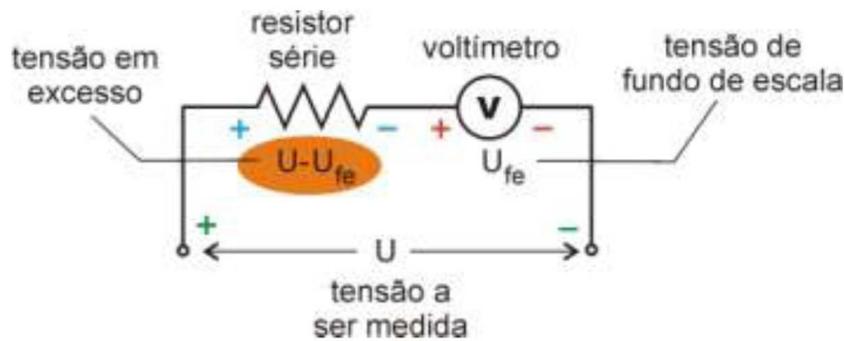


Figura 19: Esquema de ligação para a ampliação de escala de um voltímetro.

A mesma observação relativa à ligação dos amperímetros analógicos vale para os voltímetros: a inversão na conexão do instrumento ocasiona a inversão do sentido de deslocamento do ponteiro.

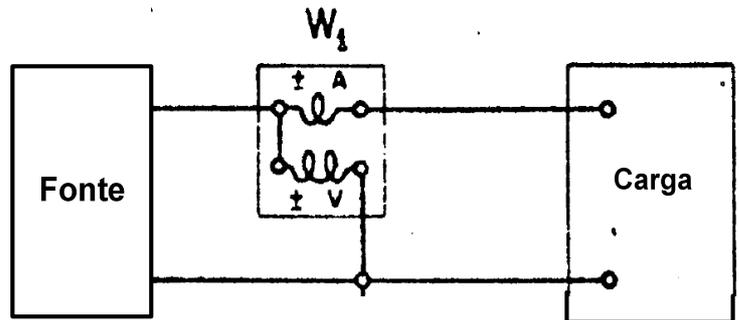
Uma observação importante com relação a ligação de voltímetros e amperímetros para medição de tensões e correntes, respectivamente, é o fato de que nunca se deve ligar um amperímetro em paralelo com a carga que se deseja medir a corrente. Isto porque, um amperímetro (que idealmente possui uma resistência interna nula) quando ligado em paralelo causará um curto-circuito nos terminais da carga (possibilidade de passagem de correntes na ordem de kA no amperímetro ocasionando queima do equipamento e risco de choque elétrico no operador). Por outro lado, um voltímetro (que idealmente deve ter impedância infinita) não deve ser colocado em série na carga que se deseja medir a tensão pois haverá interrupção da corrente demandada pela carga.

1.5.3 Wattímetro

É o aparelho apropriado para a medida de potência ativa. Os wattímetros analógicos (Figura 20(a)) possuem duas bobinas, uma para a medida de tensão (também chamada bobina de *potencial*) e outra para medir a corrente (bobina de *corrente*). O aparelho é construído de tal forma que o ponteiro indica o produto dessas duas grandezas multiplicado, ainda, pelo cosseno da defasagem entre elas (fator de potência). Na Figura 20(b) mostra-se o símbolo geral usado para wattímetros e sua conexão para a medição de potência ativa em uma carga.



(a)



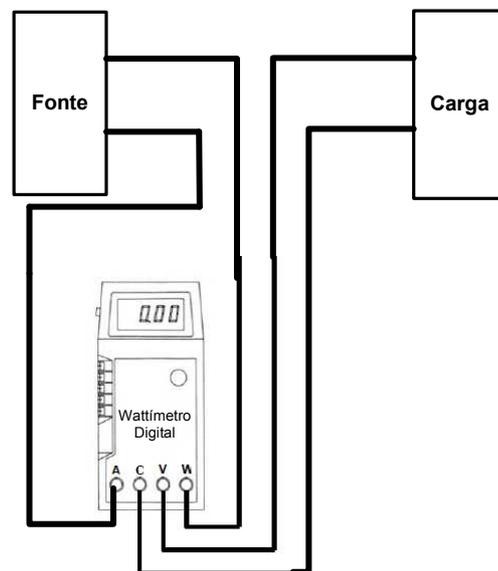
(b)

Figura 20: Wattímetro analógico. (a) vista geral, com indicação das bobinas de tensão (V) e de corrente (A); (b) símbolo e conexão para medir potência ativa de uma carga.

Nos wattímetros digitais, um circuito eletrônico calcula, por amostragem, tensão e corrente eficazes e, através delas, a potências ativa. Na Figura 21(a) é ilustrado um wattímetro digital e na Figura 21(b) sua ligação para medida de potência ativa de uma carga.



(a)



(b)

Figura 21: Wattímetro digital. (a) vista geral; (b) conexão para medir potência ativa de uma carga.

1.5.4 Medidor de Energia Ativa Analógico de Indução (relógio de luz)

Popularmente chamado “relógio de luz”, este é um medidor de energia ativa, utilizado tradicionalmente pelas concessionárias de energia elétrica para aferir o *consumo* das instalações elétricas.

Sua construção é semelhante à do wattímetro, tendo uma bobina de potencial e outra de corrente; a vista externa deste tipo de medidor é apresentada na Figura 3(b) sua estrutura interna e ligação são vistas na Figura 22(a).

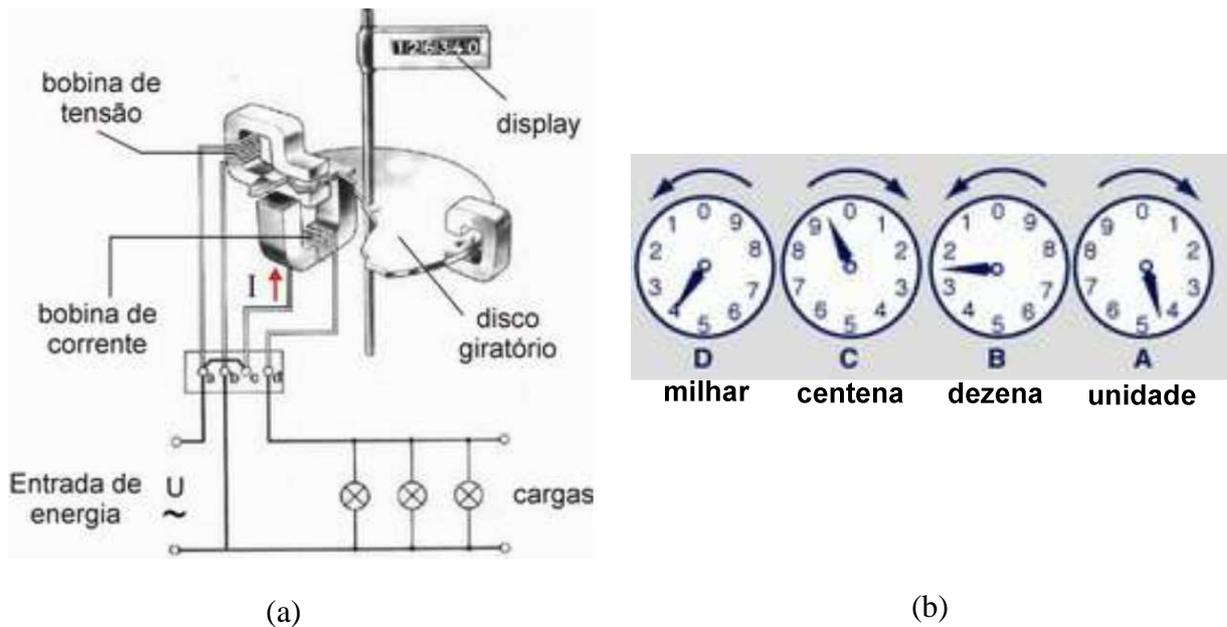


Figura 22: Medidor analógico (relógio de luz) de kWh. (a) estrutura interna; (b) exemplo de leitura.

É cada vez mais frequente a instalação de medidores de energia eletrônicos (Figura 3(a)), porém ainda são muito numerosos os analógicos, também chamados de ponteiro. A leitura destes exige atenção, pois os diversos ponteiros giram em sentidos opostos; começa-se pelo último ponteiro e vai-se anotando o último algarismo ultrapassado pelo ponteiro. No exemplo da Figura 22(b), o valor lido é 4924 kWh.

Referências Bibliográficas

NEVES, E. G. C; MÜNCHOW, R. **Caderno Didático – Eletrotécnica –Capítulo 06 - Medidas Elétricas. Vol. 1.** Universidade Federal de Pelotas (UFPEL).

FRANK, E. **Electrical Measurement Analysis.** Editora Robert E. Krieger, 1977.

GUSSOW, M. **Eletricidade Básica.** Editora Pearson Makron Books, 1997.