

CAPÍTULO 1

GRANDEZAS ELÉTRICAS BÁSICAS

1.1 CONDUTORES E ISOLANTES

A estrutura íntima dos materiais é um ramo da Física que ainda não está completamente estudado. No entanto, grande parte dos fenômenos elétricos e eletromagnéticos pode ser explicada usando-se um modelo bastante simples, conhecido como o átomo de Rutherford.

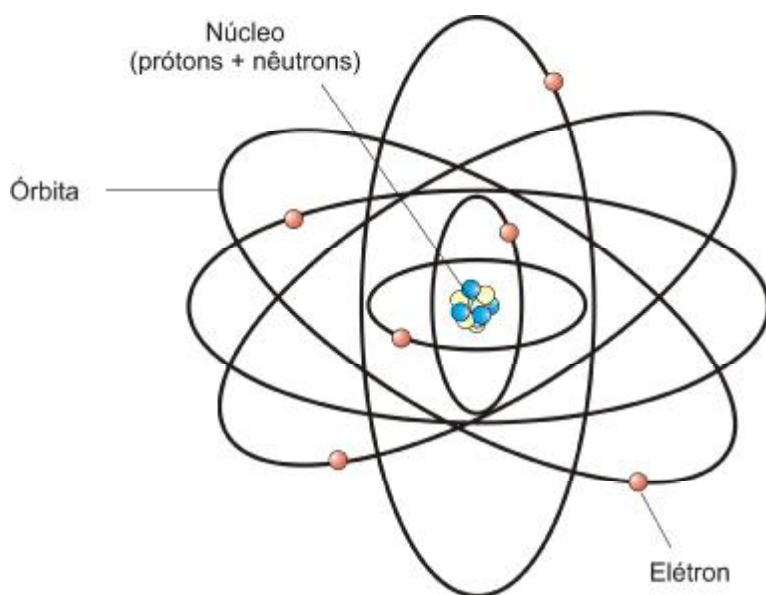


Figura 1.1 - Átomo de Rutherford.

O modelo de Rutherford, também chamado planetário é visto na Figura 1.1; propõe que qualquer átomo possui um núcleo – composto por cargas positivas (prótons) e neutras (nêutrons) – em torno do qual circulam cargas negativas (elétrons) em órbitas bem definidas.

Para o estudo de Eletricidade importam apenas os elétrons que ocupam a camada mais distante do núcleo. São as propriedades desses elétrons que ditarão as características elétricas do material. Assim, se os elétrons da camada mais externa estiverem frouxamente ligados

ao núcleo, eles poderão “fugir” do átomo, tornando-se elétrons livres, capazes de movimentarem-se aleatoriamente através do material. Na maior parte dos casos práticos, são esses elétrons livres que participam dos processos elétricos como portadores de corrente.

Materiais condutores são aqueles que possuem grande quantidade de elétrons-livres: mesmo pequenas quantidades de energia, como a da temperatura ambiente, são suficientes para desalojá-los de seus átomos. Materiais desta categoria, que inclui a maioria dos metais, são adequados para a confecção de fios, fusíveis, contatos, etc.

Nos materiais isolantes, os elétrons mais externos estão fortemente ligados ao núcleo, de forma que só podem ser libertados pela aplicação de grandes quantidades de energia, tornando-os adequados para a confecção de dispositivos de isolamento (dielétricos). Borrachas, cerâmicas e poliestireno são alguns desses materiais.

No linguajar dos eletricitistas, o termo condutor costuma ser aplicado aos fios e cabos, elementos usados na transmissão e distribuição de energia elétrica. Os *fios* são

condutores maciços e rígidos; *cabos* são condutores formados por dois ou mais fios, geralmente trançados, o que lhes confere maior flexibilidade.

1.2 CORRENTE ELÉTRICA

A corrente elétrica (simbolizada por i) é o movimento de cargas elétricas em um sentido predominante. Este movimento sempre é devido à existência de uma tensão (V. Seção 1.3) e seu sentido depende do tipo de carga elétrica que está em movimento.



Figura 1.2 – Sentidos convencional e eletrônico da corrente em um condutor.

Como se viu na seção anterior, nos condutores metálicos as cargas disponíveis são negativas (elétrons-livres), de modo que o seu deslocamento coincide com o chamado *sentido eletrônico* da corrente. No entanto, historicamente os conceitos da Física foram criados a partir de cargas positivas; chama-se *sentido convencional* àquele do deslocamento dessas cargas positivas. A Figura 1.2 mostra a diferença entre essas duas convenções; neste trabalho adotou-se o *sentido convencional* para a corrente.

Além do sentido, a corrente também é caracterizada por um *módulo* ou *intensidade*¹, que considera a variação da carga Δq que passa pelo condutor durante o intervalo de tempo Δt . Assim, o módulo é dado por

$$i = \frac{\Delta q}{\Delta t} \quad (1.1)$$

e tem como unidade o Ampère (símbolo A), sendo bastante comum o uso dos submúltiplos miliampère (mA) = 10^{-3} A e microampère (μ A) = 10^{-6} A

Quando o módulo e o sentido da corrente em um condutor não variam com o tempo, como o caso mostrado no gráfico da Figura 1.3a, está-se tratando de corrente contínua (CC); equipamentos alimentados por pilhas ou baterias operam com correntes desse tipo. Se o módulo e o sentido variam no tempo de forma a serem descritos por uma função senoidal, como mostrado na Figura 1.3b, diz-se tratar de corrente alternada (CA)².

Quando a corrente elétrica passa por um corpo, um ou mais dos seguintes efeitos podem ser observados:

¹ Alguns eletricitistas usam o termo *amperagem*.

² É oportuno lembrar que na língua inglesa usam-se os termos DC (de *direct current*) e AC (de *alternated current*) para corrente contínua e corrente alternada, respectivamente.

- *Produção de calor*, resultante dos choques entre as cargas portadoras de corrente com partículas do material condutor. Este efeito fundamenta a ação de inúmeros aparelhos, como chuveiros e aquecedores elétricos, relés e fusíveis;
- *Geração de luz*: por vezes o calor gerado pela corrente é tão elevado que leva o condutor à incandescência, produzindo luz no espectro visível. É o caso das lâmpadas incandescentes e mistas.
- *Criação de um campo magnético* em torno do condutor, fenômeno que fundamenta o funcionamento dos motores elétricos;
- *Interferência em atividades dos seres vivos*, cuja manifestação mais evidente é o choque elétrico; eletrocardiógrafo, o detector de mentiras e certos tratamentos de eletro choque também são baseados nesse efeito;
- *Reações químicas*, como aquelas utilizadas como princípio em eletrólise e cromagem de metais

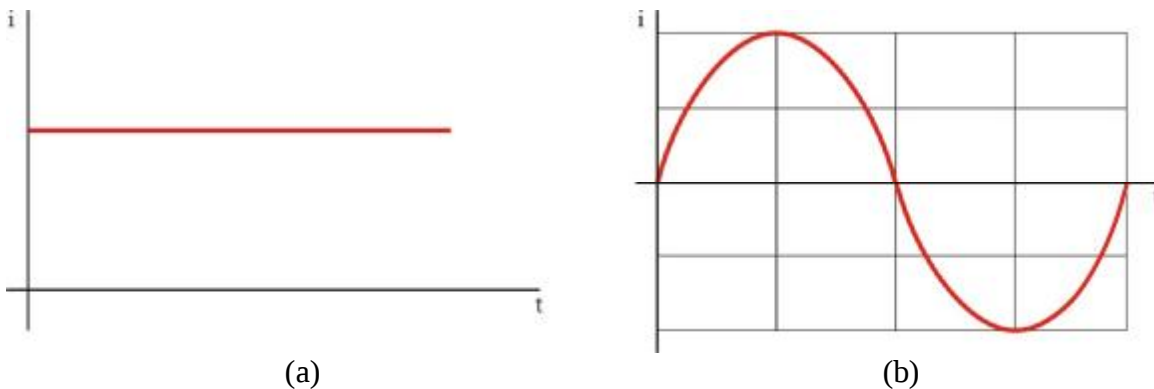


Figura 1.3 - Formas de onda de corrente: (a) contínua; (b) alternada.

1.3 TENSÃO ELÉTRICA

A tensão elétrica é uma espécie de “força” que desloca as cargas elétricas em um circuito fechado; portanto, a corrente elétrica sempre é um resultado da aplicação de tensão. Diferença de potencial (d.d.p.), força eletromotriz (f.e.m.) e voltagem são outros termos usados para designar tensão.

A tensão (u) fornece a energia ε a uma carga q do circuito, de forma que seu *módulo* é dado por

$$u = \frac{\varepsilon}{q} \quad (1.2)$$

Sua unidade é o Volt (símbolo V), mas os seguintes múltiplos e submúltiplos aparecem com frequência:

$$\begin{aligned} \text{quilovolt (kV)} &= 10^3 \text{ V} \text{ e} \\ \text{milivolt (mV)} &= 10^{-3} \text{ V} \end{aligned}$$

Quando aplicada aos terminais de um dispositivo, a tensão produz um desequilíbrio de cargas: um dos terminais do ficará com falta de elétrons - e, portanto, positivamente

carregado - enquanto o outro terá excesso de elétrons, ficando carregado com carga negativa. Chama-se a isto de *polaridade* da tensão, que é representada por um par de sinais + e - (Figura 1. 4).

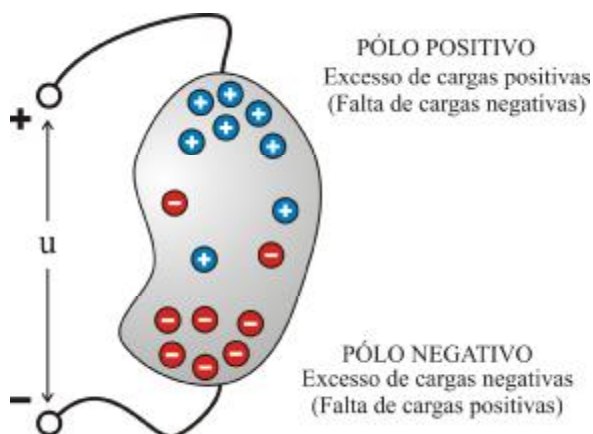


Figura 1.4 - Polaridade da tensão

De acordo com seu comportamento em relação ao tempo, as tensões podem ser classificadas em dois tipos:

- contínua (CC): quando mantém constantes seu módulo e sua polaridade. Uma pilha e a bateria de um automóvel são exemplos de tais fontes.
- alternada (CA): quando é do tipo senoidal, como aquela fornecida pelas tomadas residenciais.

1.4 POTÊNCIA E ENERGIA

O conceito de energia é intuitivo. Em Eletrotécnica, diz-se que é uma grandeza capaz de alterar o comportamento das cargas elétricas de um circuito. Sua unidade no SI é o joule (símbolo J), cujo uso em aplicações elétricas geralmente produz números muito grandes, de modo que usualmente trabalha-se com uma unidade “derivada”, chamada

$$\text{quilowat-hora (kWh)} = 3600 \text{ J}$$

A potência é uma grandeza que revela como se comporta a energia ε associada a um corpo em relação ao tempo. Assim

$$p = \frac{\varepsilon}{t} \quad (1.3)$$

No Sistema Internacional, a unidade de potência é o Watt (símbolo W), sendo corriqueira, ainda, a utilização dos seguintes múltiplos e submúltiplos:

$$\text{megawatt (MW)} = 10^6 \text{ W}$$

$$\text{quilowatt (kW)} = 10^3 \text{ W}$$

$$\text{miliwatt (mW)} = 10^{-3} \text{ W}.$$

Quando se trata de potência mecânica, geralmente associada a motores elétricos, costuma-se utilizar as seguintes unidades

cavalo-vapor (cv) = 736 W
horse-power (hp) = 745, 7 W.

No caso de aplicações elétricas, e levando-se em consideração as Equações 1.1 e 1.2, pode-se reescrever a Equação 1.3 como se segue:

$$p = \frac{\varepsilon}{t} = \frac{\varepsilon}{q} \times \frac{q}{t}$$
$$p = u.i \quad (1.4)$$

que é a chamada *potência instantânea*, pois depende dos valores de tensão e corrente a cada instante.

Quando se lida com tarifação de energia elétrica, é comum chamar-se *demand* à potência exigida por um equipamento e *consumo* à energia requerida pelo mesmo.

Como em qualquer sistema físico, existem nos circuitos elétricos elementos que fornecem energia e outros que a absorvem, armazenando-a ou transformando-a em outro tipo de energia. Por convenção, a potência absorvida por um elemento tem sinal positivo: acontece quando o sentido da corrente é tal que entra pelo pólo positivo da tensão no elemento; se, ao contrário, a corrente entra pelo pólo negativo da tensão, o elemento estará fornecendo potência.

1.5 RENDIMENTO

O rendimento (η) é a relação entre as potências de saída (P_s) e de entrada (P_e) de um circuito ou equipamento, isto é

$$\eta = \frac{P_s}{P_e} \quad (1.5)$$

Esta grandeza *adimensional* exprime a eficiência de um equipamento ou circuito, pois a diferença entre essas potências corresponde às perdas que ocorrem dentro do equipamento ou ao longo de sua alimentação. Muitas vezes, o rendimento é expresso em termos percentuais (%) relativamente à potência de entrada.

O significado dessas potências e das perdas é mostrado na Figura 1.5, no que se chama *balanço de potências*. Conforme a Lei da Conservação de Energia, este balanço sempre deve ser igual a zero, isto é

$$P_e = P_s + \text{perdas}$$

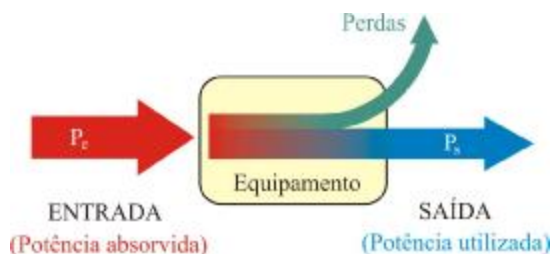


Figura 1.5 – Balanço de potências num equipamento elétrico.