

GENERALIDADES

1)- Preliminares

Há cerca de 200 anos a eletricidade era completamente desconhecida da grande maioria das pessoas instruídas e constituía apenas algum passatempo para experimentadores curiosos quando friccionavam, às vezes, dois materiais (vidro e pano) e viam que assim poderiam atrair pequenos pedaços de papel, – fenômeno efêmero que mais parecia magia que ciência. Entretanto, um grupo de cientistas e estudiosos notáveis se debruçou sobre esses experimentos novos e intrigantes, e que, à medida que foram controlados mudaram a vida das pessoas e a própria sociedade.

Atualmente sabe-se que a eletricidade não é apenas a base de nossas indústrias e comodidades atuais, mas também o fundamento de todos os fenômenos da natureza que conhecemos: a afinidade química, a luz, e o magnetismo. A própria matéria, em sua constituição mais profunda, é formada por eletricidade.

Os progressos ocorridos, (e mesmo os a ocorrer), foram (e serão) em função dos conhecimentos teóricos e práticos da eletricidade (e magnetismo). E todo o conforto que envolve nossa vida no dia a dia fundamenta-se nos fenômenos elétricos. Basta ficarmos “sem luz” por algumas horas para verificarmos a sua importância, ou porque não dizer, a nossa imensa dependência da energia elétrica.

A energia elétrica é a energia que se apresenta na forma mais cômoda de utilização, podendo ser transportada a grandes distâncias, ser subdividida, acumulada (caso de pilhas e baterias) e, o que é muito importante, é renovável e não poluente. Sua perda é bastante pequena se comparada, por exemplo, com a energia mecânica, por não apresentar perdas por atrito, nem produzir desgaste nas peças.

Todos os países do mundo utilizam energia elétrica e a intensidade de sua produção, distribuição e utilização apontam as áreas de mais elevado padrão de vida. A origem da produção varia segundo os recursos nacionais e as políticas energéticas de cada povo, mas tem prevalecido a produção clássica termoeletrônica a carvão, óleo combustível ou gás com um predomínio global de 70%, enquanto a produção de origem hidrelétrica corresponde a 20%, com o restante¹, incluindo a energia nuclear, tendendo a aumentar.

O consumo mundial gira em torno de 8500 TWh por ano, sendo os Estados Unidos o maior produtor / consumidor com 25% da produção mundial, superior ao Japão com 6% e, até mesmo de toda a Europa que é de 20%.

O consumo energético brasileiro de 2006, registrado pelo sistema Eletrobrás, foi de 350 GWh, sendo 94% de origem hidráulica, 5% de origem térmica e apenas 1% de origem nuclear. Apesar das crises econômicas o consumo de energia elétrica vem crescendo a níveis preocupantes, tanto que apelos não faltam por parte dos fornecedores, no sentido de economizá-la; o setor industrial consome 55% da produção, enquanto o consumo residencial atinge 20%. A previsão para 2015 é de um consumo de 570 GWh.

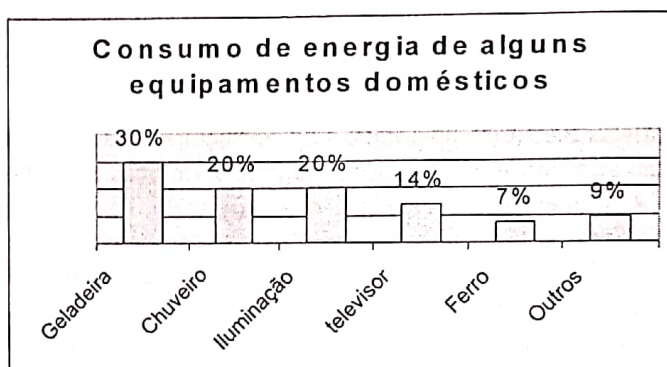
Sendo o Brasil um país de enorme potencial natural para energia hidrelétrica é natural que a exploremos mais, contudo, políticas públicas sempre merecem especial atenção nesta direção, já que um colapso na área elétrica seria um verdadeiro desastre para todos.

Neste contexto, já vem sendo desenvolvida, de longo tempo, uma consciência de uso sustentável de energia elétrica já que mesmo uma simples racionalização traz inconvenientes e, não raro, desconforto e prejuízo. Vale dizer que todo e qualquer tipo de economia é fundamental e relevante, como banho mais curto, lâmpada de cômodo apagada quando nele não se encontrar

¹ FAE – Fontes Alternativas de energia: Eólica; solar; e de Biomassa. Estas já correspondem a 2% da produção mundial.

alguém e, obviamente, projetos de iluminação adequados. Perceba que o consumismo (desnecessário e desenfreado) torna-se o maior inimigo do planeta, pois, acelera a produção de bens de consumo (duráveis ou não) que por sua vez, aumenta a degradação ambiental devido à exploração da matéria prima, aumenta as necessárias energias de transformação, e aumenta os níveis de poluição do ar, água e solo, entre outros efeitos maléficos.

Sempre é oportuno reforçar a necessidade do uso racional de energia elétrica. Levantamentos estatísticos da CEMIG apontam os principais aparelhos responsáveis pelo consumo de energia elétrica nas residências. (Fonte: CEMIG-PROCEL: Informações para o consumidor).



2)- Um pouco de história

A primeira unidade produtora de energia no Brasil foi a termelétrica instalada em Campos (RJ), em 1883, com a potência de 52 kW.

A 1ª usina hidrelétrica brasileira destinada a fornecer iluminação pública foi construída próxima a Juiz de Fora (MG), no rio Paraibuna. Inaugurada em 1889, já no final do Império como Marmelos Zero, tinha potência instalada de 252 kW produzida por dois dínamos. Idealizada e construída pelo empresário Bernardo Mascarenhas, hoje leva o seu nome. A inauguração de Marmelos Zero acontece sete anos após a instalação da 1ª usina hidrelétrica do mundo, em Appleton, Wisconsin, EUA, com potência instalada de cerca de 25 kW.

A 1ª iluminação pública brasileira utilizando eletricidade foi inaugurada por D. Pedro II, antes de Marmelos Zeros, em 1879 na antiga estação da Corte (hoje estação D. Pedro II – Rio de Janeiro - RJ) da Estrada de Ferro Central do Brasil. D. Pedro concede a Thomas Edson o privilégio de introduzir no Brasil aparelhos e processos de sua invenção. Foram utilizadas seis lâmpadas de arco voltaico que substituíram 46 bicos de gás. Posteriormente outras destas lâmpadas foram instaladas em outras partes da cidade do Rio de Janeiro. A energia elétrica era obtida por uma máquina a vapor sobre rodas, que acionava dois dínamos.

Vale destacar também que as primeiras usinas hidrelétricas construídas no Brasil, o foram pela iniciativa privada, para utilização em atividades mineradoras. Foram as de Ribeirão do Inferno (1884), no município de Diamantina, e a do Ribeirão dos Macacos (1887), atual município de Nova Lima. Nesta última criou-se um desnível de 40 m, do que resultou uma potência bruta de 360 kW. Foram instalados dois dínamos tipo *Gramme* acionados por uma imensa roda d'água de seis metros de diâmetro. A energia obtida era utilizada em trabalhos de mineração, esgotamento e iluminação de galerias de exploração de ouro e ainda na iluminação de residências dos empregados.

Em 1908 é a vez da usina hidrelétrica de Fontes Velhas, na época a maior do Brasil e uma das maiores do mundo, e em 1920, cerca de 300 empresas já serviam a 431 localidades do país, dispendo de uma capacidade instalada de 355 MW, sendo 276 MW em usinas hidrelétricas e 79 MW em usinas termelétricas.

São apenas os primeiros passos de uma longa caminhada. As barragens, geralmente de alvenaria de pedra, evoluíam para o concreto devido à sua rápida aceitação após significativas pesquisas sobre o cimento e o próprio concreto, a partir de 1930.

Em 1939, o número de empresas se tinha elevado a 1176, às quais pertenciam 738 hidrelétricas, 637 termelétricas e 15 usinas mistas num total de 1045 MW. Não havendo ainda instalações para transmissão de energia a grandes distâncias, o mercado brasileiro estava dividido

territorialmente entre duas grandes empresas (Brazilian Traction Light & Power Co. atendendo Rio de Janeiro e São Paulo e American & Foreign Power Co. atendendo as demais regiões brasileiras).

Em 1961 foi criada a Eletrobrás, passo de enorme importância no programa de expansão da indústria de eletricidade no Brasil, responsável pela execução da política de energia elétrica no país. Opera através de quatro subsidiárias de âmbito regional: a Eletronorte (Centrais Elétricas do Norte S.A.) na região Norte; Chesf (Companhias Hidrelétricas do São Francisco S.A.) na região Nordeste; Furnas (Furnas Centrais Elétricas S.A.) na região Sul. Em todos os estados, é associada a companhias que geralmente pertencem aos Governos Estaduais.

Em 1968, a Eletrobrás celebrou convênio com a Comissão Nacional de Energia Nuclear para a construção da primeira usina nuclear no Brasil em Angra dos Reis (RJ), com a capacidade de 627 MW, e que em meados dos anos 80 estaria em fase de testes. No total da produção hidrelétrica brasileira, terá papel relevante, quando completada a usina de Itaipu, construída em convênio com o Paraguai, com potência instalada de 12.600 MW.

Em Novembro de 1976, o Brasil assinou um acordo na Alemanha com a empresa KWU, do grupo Siemens, para a construção de oito reatores nucleares. Em vinte e dois anos, nenhum ficou pronto. A usina Angra-2, em Angra dos Reis, consumiu 5,8 bilhões de dólares e requer mais 1,2 bilhões para ser concluída. As obras foram retomadas em março de 1996 e deveriam acabar, dizia-se, em 1999. No total, foram 7 bilhões de dólares por um reator de 1300 MW que pode ser adquirido a pronto, hoje, por 1,5 bilhões de dólares. (As informações contidas neste parágrafo foram obtidas na internet – fonte Wikipédia e carecem de dados).

Atualmente o sistema elétrico brasileiro apresenta como particularidade grandes extensões de linhas de transmissão e um parque produtor de geração predominantemente hidráulica. O mercado consumidor (47,2 milhões de unidades) concentra-se nas regiões Sul e Sudeste, as mais industrializadas. A região Norte é atendida de forma intensiva por pequenas centrais geradoras, sendo, a maioria, termelétricas a óleo diesel.

Eis algumas de nossas principais usinas hidrelétricas:

USINA	RIO	POT (MW)
Itaipu	Paraná	12600
Tucuruí	Tocantins	8000
Ilha Solteira	Paraná	3200
Xingo	São Francisco	3000
São Simão	Paranaíba	2680
Foz do Areia	Iguaçu	2511
Paulo Afonso IV	São Francisco	2460
Itumbiara	Paranaíba	2100
Marimbondo	Grande	1440
Jupia	Tietê	1400
Água Vermelha	Grande	1380
Salto Santiago	Iguaçu	1333
Furnas	Grande	1216
Emborcação	Parnaíba	1136

USINA	RIO	POT (MW)
Sobradinho	São Francisco	1050
Salto Osório	Iguaçu	1050
Jaguará	Grande	684
Capivara	Paranapanema	640
Três Marias	São Francisco	520
Volta Grande	Grande	380
Nova Avanhandava	Tietê	336
Porto Colômbia	Grande	320
Pedra do Cavalo	Paraguaçu	300
Capivari Cachoeira	Capivari	250
Funil	Paraíba do Sul	216

As maiores preocupações das atuais políticas públicas estão no sentido de diversificar a composição da matriz elétrica visto que a construção de hidrelétricas está cada vez mais difícil e oneroso: os maiores potenciais já estão sendo utilizados e novas usinas estão cada vez mais distantes dos mercados consumidores. A idéia é de fato investir em pesquisas de novas fontes energéticas já que o uso do gás natural é uma fonte que contribui para o aquecimento global, o carvão mineral também, além de poluir e provocar chuva ácida. A energia nuclear enfrenta a

oposição de ambientalistas que a consideram um risco ao meio ambiente e à vida humana, além de requerer investimentos elevados.

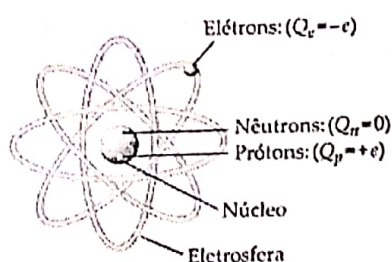
A biomassa se apresenta como alternativa e, especialistas apontam que somente o aproveitamento do bagaço de cana-de-açúcar poderia cobrir até 15% da demanda do país a custos competitivos. Restam ainda fontes alternativas como a força dos ventos (energia eólica) e até o aproveitamento do movimento das ondas do mar, que num futuro não muito distante podem se consolidar como alternativas viáveis e ecologicamente corretas para suprir a crescente necessidade de energia do país.

Enquanto as coisas não se resolvem em definitivo, é prudente conter o desperdício.

3)- Constituição da matéria

Toda matéria, em qualquer dos seus estados físicos (sólido, líquido ou gasoso) é formada por porções denominadas **molécula** ou **cristal** [Sal de cozinha (NaCl); Água (H_2O); Hidrogênio (H_2)]. As moléculas e os cristais são constituídos pela associação de **elementos químicos** (Na ; Cl ; H ; O ; etc.). Os elementos químicos são as unidades básicas, por sua vez, identificados por seus **átomos**. São conhecidos mais de cem elementos químicos na natureza; cada um caracterizado por seu número atômico (Z) que é o número de prótons contidos no núcleo do átomo. Quanto maior Z , mais pesado é o átomo, (veja na tabela periódica).

Os átomos, denominação dada pelos filósofos gregos (Demócrito, Lucrécio, Leucípio, etc.) 2500 anos atrás, seriam os elementos indivisíveis na natureza. Hoje não os consideramos assim e os entendemos constituídos por partículas extremamente pequenas, onde distinguimos, principalmente:



- **Prótons** – Matéria localizada no núcleo do átomo, de maior concentração de massa, cuja carga elétrica foi convencionalizada como elementar e POSITIVA.
- **Nêutrons** – Matéria também localizada no núcleo do átomo cuja carga elétrica é NULA.
- **Elétrons** – Matéria localizada ao redor do núcleo do átomo, em permanente movimento ao seu redor, cuja massa é 1858 vezes menor que a massa do próton e cuja carga elétrica foi convencionalizada como elementar e NEGATIVA.

Pelos postulados da teoria atômica, segundo modelo de Bohr/Rutherford, os prótons se repelem no espaço aparentemente vazio, enquanto que os elétrons também se repelem, existindo, entretanto, atração eletrostática entre prótons e elétrons. Isto pode explicar muitos fenômenos químicos, físicos, entre eles os elétricos.

Estes postulados procuram explicar:

- 1º. *Por quê os elétrons em movimento ao redor do núcleo, não se chocam com ele, já que segundo a teoria clássica do eletromagnetismo, uma partícula acelerada emite radiação e perde energia?*
- 2º. *Por quê os prótons, todas cargas positivas concentradas no núcleo do átomo não se repelem “desmanchando” o núcleo?*
- 3º. *Por quê este modelo de átomo com a maioria da massa concentrada no núcleo e uma enorme quantidade de vazios no átomo?*

O modelo assim explica:

1º. Os elétrons giram ao redor do núcleo, equilibrando-se devido à ação de forças eletrostáticas, mas em raios determinados de definidos níveis de energia, permitidos. O elétron só pode mudar de nível de energia (órbita) se absorver ou emitir quantidade precisa de energia (quantum²). Assim, apesar de constantemente acelerados não perdem energia enquanto permanecerem numa mesma órbita; (não correndo o risco de colapsarem com o núcleo). A energia armazenada quando o elétron se encontra em determinada órbita é chamada de ENERGIA POTENCIAL ELÉTRICA.

Esta energia é análoga à ENERGIA POTENCIAL GRAVITACIONAL, de modo que o elétron que se encontra mais próximo ao núcleo tem MENOR energia que outro que se posiciona em órbita de maior raio. Então, se um elétron ganhar energia (calor, por exemplo), ele pode saltar para uma órbita mais externa, mais energética; e para voltar à sua órbita mais interna, de menor nível de energia, ele a libera, sob forma de radiação eletromagnética (que pode até estar na faixa do espectro de luz visível).

2º. Para explicar a união dos prótons no núcleo tornou-se necessário aceitar um novo tipo de força: a força nuclear. A idéia é que entre duas partículas nucleares existe uma força muito intensa – muito mais intensa que a força gravitacional e a força elétrica – que é responsável pela união de prótons e nêutrons núcleo.

Estas forças de repulsão e atração entre prótons, nêutrons e elétrons são, provavelmente, as forças fundamentais do universo material. Nelas se baseiam todas as ações químicas e elétricas, bem como a estrutura de toda a matéria. Atualmente ainda se encontram fora do alcance dos conhecimentos humanos e, por enquanto, temos de aceitá-las tão cegamente quanto aceitamos a força da gravidade. (É importante notar que é muito difícil dizer *o que a natureza realmente é*; o que os cientistas fazem é imaginar modelos que melhor representem a natureza, isto é, os cientistas criam modelos para tentar explicar os fenômenos observados).

O quadro abaixo relaciona estas forças fundamentais e indica em que tipo de matéria elas atuam.

TIPO DE FORÇA	ENTRE ...	INTENSIDADE	ATRATIVA OU REPULSIVA?
Gravitacional	Massas	Muito fraca	Sempre atrativa
Elétrica	Partículas com cargas elétricas	Fraca	Atrativa ou repulsiva
Nuclear	Partículas nucleares	Muito forte	Sempre atrativa

3º. Para explicar o imenso vazio na matéria apareceu Rutherford que após sua experiência de bombardear com partículas alfa uma fina lâmina de ouro, verificou que a grande maioria das partículas atravessava a lâmina, enquanto pouquíssimas eram ligeiramente desviadas de sua trajetória e, muito menos ainda, retornavam, como se batessem num “caroço duro”. Desta forma, Rutherford, entendeu que a distribuição de elétrons, prótons e nêutrons poderia ser algo parecido com o Sistema Solar, ou seja, um núcleo central composto por prótons e nêutrons, enquanto os elétrons giram ao redor deste núcleo.

Atualmente um modelo mais avançado originado na Mecânica Quântica questiona a inconsistência do elétron orbitar ao redor do núcleo, mas posicionar-se numa região de maior probabilidade. No núcleo também se questionam a existência de partículas sub nucleares que se

² Quantum é um pacote de energia que futuramente seria previsto por Max Planck.

movimentariam, elas próprias, dentro do núcleo. É um modelo de grande sucesso, mas seu estudo ficará para outra ocasião. (Veja em Anexos, no final da apostila notas sobre cientistas e curiosidades sobre os átomos).

NOTAS: SOBRE ÁTOMOS E ELÉTRONS

1. O átomo no **estado natural** apresenta igual número de prótons (Z) e elétrons estando, portanto, eletricamente **neutro** (equilibrado), sendo em sua maioria estável; isto é, este átomo não se modifica sozinho.
2. Entretanto, alguns elétrons que formam as camadas mais externas dos átomos, por serem atraídos com menor força pelo núcleo, podem "fugir" deixando o átomo carregado **positivamente**; e desta fuga resulta serem aprisionados nas órbitas de outro átomo, deixando este outro átomo carregado **negativamente**.
3. O processo de perder ou ganhar elétrons chama-se **IONIZAÇÃO**, e os átomos que perdem elétrons tornam-se **ÍONS POSITIVOS** (cátions), enquanto os que ganham elétrons tornam-se **ÍONS NEGATIVOS** (ânions).
4. O movimento destes elétrons disponíveis, chamados elétrons livres, se realiza com grande velocidade e constitui uma **CORRENTE ELÉTRICA**. Apesar do número de elétrons disponíveis constituir uma pequena parte do número de elétrons presentes no átomo, eles são, todavia, muito numerosos, devido à enorme quantidade de átomos constituintes de pequena parte de matéria.
5. Uma corrente elétrica resulta do movimento de partículas eletricamente carregadas em resposta a forças que atuam sobre elas a partir de um **campo elétrico** que é aplicado externamente. As partículas carregadas positivamente são aceleradas na direção do campo, enquanto as partículas carregadas negativamente são aceleradas na direção oposta. Significativamente nos **materiais metálicos**, uma corrente elétrica tem origem a partir do fluxo de elétrons livres, corrente esta conhecida por **condução eletrônica**. Mas é possível, num material líquido, também um movimento simultâneo de cátions, o que produz também uma corrente elétrica; tal fenômeno é conhecido como **condução iônica**. (Com certeza você conhece a experiência de fazer a lâmpada acender fazendo a corrente elétrica atravessar uma quantidade de água salina).

4)- Produção de Energia elétrica

Apesar do termo "produção" ser usual, energia não é algo que pode ser produzido no sentido de ser criado, mas ela é obtida por transformação de uma modalidade de energia em outra.

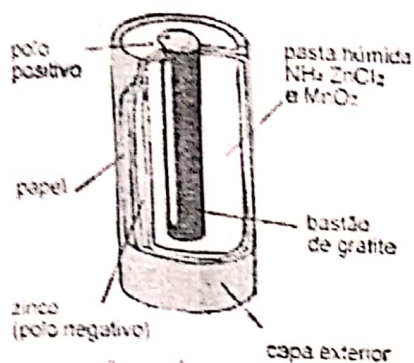
O que de fato caracteriza a produção de energia elétrica é a produção de **força eletromotriz (fem)**, que é uma grandeza também chamada **tensão** ou **potencial**. Produzir energia é criar fem para poder transformá-la em outra modalidade de energia, no nosso caso em energia elétrica. Portanto, para obter energia elétrica (luz, calor e movimento) é necessário produzir fem ou tê-la disponível.

A fem pode ser obtida por atrito, por efeito fotoelétrico, por efeito piezoelétrico; mas, principalmente, por reações químicas e indução eletromagnética.

POR REAÇÕES QUÍMICAS

No processo de obtenção de fem por reações químicas sempre ocorrem alterações de moléculas por reações químicas entre elementos. O equipamento onde isto acontece é chamado de **BATERIA**. Basicamente existem dois tipos de baterias: **PILHA** e **ACUMULADOR**. Na primeira, uma vez exaurida a carga (fem), ela está inutilizada e, na segunda, há possibilidade de restauração da carga (fem).

O princípio de funcionamento básico de uma bateria consta de uma ou mais placas de dois metais diferentes, ligados entre si e mergulhados numa solução ácida (ou alcalina). Cada um dos ligados à área das placas metálicas expostas à solução química.



A pilha, tal qual a conhecemos, PILHA SECA, é constituída de um cilindro de zinco (eletrodo negativo), e uma haste de carbono (eletrodo positivo) colocada dentro do cilindro e dele isolada por um material saturado com uma pasta de composição variada conforme o tipo de pilha e do fabricante. Cloreto de amônio, carvão mineral pulverizado, dióxido de manganês, cloreto de zinco, e água geralmente fazem parte desta pasta, que é chamada de ELETRÓLITO. Para vedar a pilha usa-se papel uma camada de material betuminoso na sua parte superior.

O cloreto de amônio, em presença dos demais componentes da pilha e do eletrólito, se ioniza, produzindo NH_4^+ e Cl^- . Ions positivos de zinco destacam-se do cilindro deixando-o carregado negativamente. Alguns destes Zn^{++} associam-se ao Cl^- , formando o cloreto de zinco (ZnCl_2), que é depositado no cilindro de zinco.

Simultaneamente, Zn^{++} repelem NH_4^+ que se fracionam em H^+ e NH_3 (gás amoníaco) que tende a escapar. O H^+ é repellido para a haste de carbono, deixando-a carregada positivamente. O efeito ocorre até o equilíbrio das moléculas.

Desde que exista um circuito elétrico ligando o cilindro de zinco e a haste de carbono, haverá a circulação de uma corrente elétrica contínua, que rompe o equilíbrio existente, e as reações químicas desenvolvem-se até o consumo de algum dos materiais.

NOTAS:

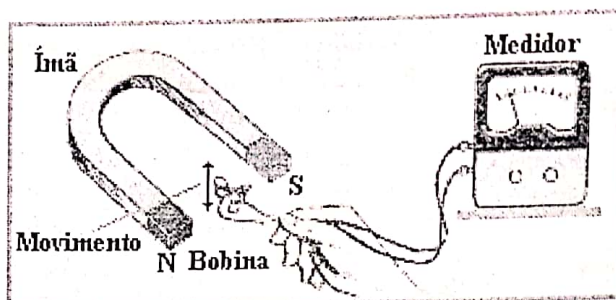
1. As pilhas são também denominadas **baterias primárias**, uma vez que a ação química, normalmente, destrói o eletrodo negativo (Zn), tornando-o imprestável.
2. Todas estas pilhas apresentam ddp máxima na ordem de 1,5 V independente do tamanho.
3. Pode acontecer do número de H^+ depositado sobre o eletrodo de carbono impedir a livre movimentação dos elétrons. Diz-se neste caso que a pilha está **POLARIZADA**. A **polarização** cria uma ação contrária à força eletromotriz, isto é, cria uma fcm e, aumenta a resistência interna da pilha, reduzindo sua capacidade de produzir corrente, e a sua vida útil. (O dióxido de manganês é o elemento da pasta que tem a finalidade de reduzir o efeito da polarização). Muitas vezes a colocação da pilha no congelador, por algumas horas, diminui a sua polarização, permitindo que ela volte a funcionar posteriormente por mais algumas horas.
4. Modernamente pilhas secas de maior durabilidade têm sido conseguidas substituindo o eletrólito ácido por outro alcalino ($\text{KOH} + \text{LiOH}$), e os eletrodos de zinco e carbono por níquel e óxido de ferro. São pilhas usadas em produtos que exigem grandes consumos de energia como as lanternas.
5. Atualmente dispomos de modernas pilhas de **Mercúrio**, para relógios de pulso, calculadoras, etc, e de **Lítio**, usadas em câmeras fotográficas e relógios digitais; todas de tamanho reduzido e grande durabilidade.

POR INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA (Geradores rotativos)

A indução eletromagnética além de ser o processo mais econômico de obtenção de fem é o que é capaz de gerar maior intensidade dela. Praticado nas centrais hidroelétricas, termoelétricas e nucleares, produz energia para abastecer a grande maioria dos consumidores de energia elétrica em todo o mundo.

Três condições são essenciais para que seja produzida fem por meio do magnetismo:

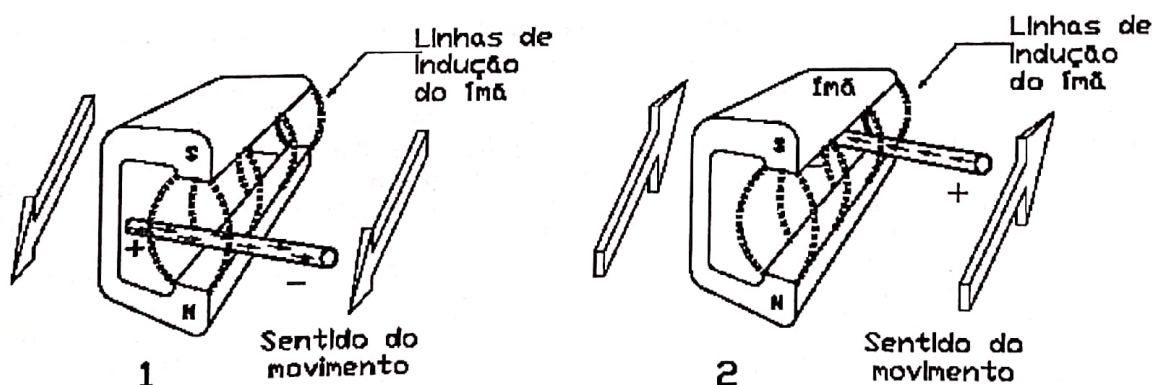
- Deve existir um condutor, no qual a tensão será produzida.
- Deve existir um campo magnético ao redor do condutor.
- Deve existir um movimento relativo entre ambos.



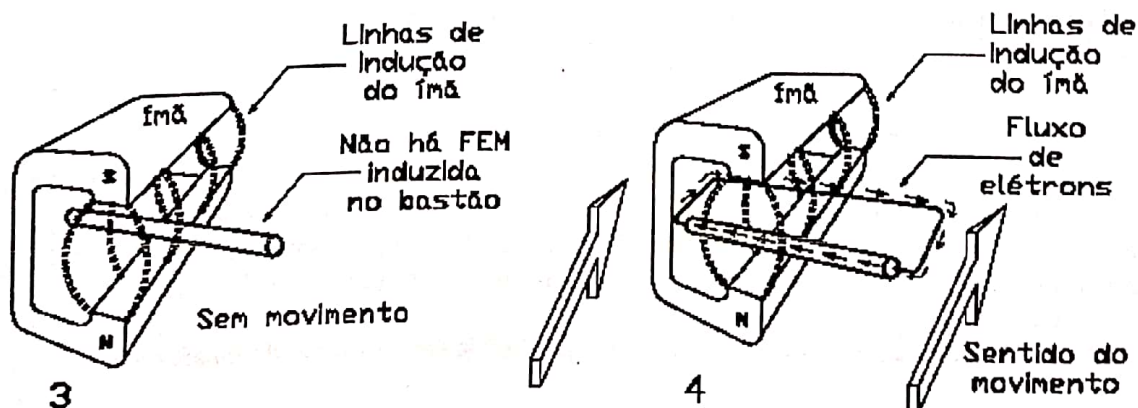
Não importa quem é móvel, uma corrente elétrica é acusada pelo medidor.

O condutor deverá ser movimentado de maneira a cortar as linhas de indução do campo magnético, ou o campo magnético deverá ser movimentado de maneira que suas linhas de indução sejam cortadas pelo condutor. A fem gerada será proporcional à quantidade de linhas de indução cortadas na unidade de tempo. Se houver um circuito fechado o medidor acusará a existência de uma corrente elétrica.

Repare as figuras seguintes 1 e 2 mostrando a tendência de movimentação dos elétrons num bastão em movimento nas entre faces de um ímã. À movimentação de um condutor num campo magnético surge o deslocamento dos elétrons de uma extremidade para a outra do condutor. A extremidade onde os elétrons se concentram, torna-se o pólo negativo, e a extremidade donde os elétrons se afastam, torna-se o pólo positivo. Esta separação de elétrons é a fem.



Mas se o condutor pára, não há indução (aparecimento) de fem (figura 3).



Na figura 4 observa-se que havendo um circuito fechado em movimento, a fem induzida (criada) no condutor mais grosso (bastão) faz com que ele se torne uma bateria, e no condutor mais fino surge uma corrente elétrica (induzida).

NOTAS:

- Se tivermos **Campo magnético** e **Movimento do condutor**, obteremos FEM (induzida no condutor, com possibilidade de obtenção de corrente elétrica): $\Rightarrow$ **PRINCÍPIO DO GERADOR**.
- Se tivermos **Campo magnético** e **Corrente elétrica**, obteremos MOVIMENTO (força induzida no condutor, com possibilidade de rotação de um eixo): $\Rightarrow$ **PRINCÍPIO DO MOTOR**.

Portanto, para produção de energia elétrica por meio de indução eletromagnética, alguma coisa deve gastar energia para manter uma parte móvel e, dependendo qual é esta coisa, teremos vários modos de se produzir energia elétrica:

Gerador básico

Um gerador de eletricidade converte energia mecânica em energia elétrica pelo princípio da indução eletromagnética. Basta dispormos, de um condutor, um campo magnético e um movimento relativo entre ambos.

Considerando as figuras, apresentadas a seguir, onde a espira possa ser movimentada por uma ação mecânica (por exemplo, jato d'água), o sistema poderá ser visto como um gerador bem simples.

Seja o desenho a seguir (figura-1) uma espira condutora (induzido), em forma de U, girando em torno de seu eixo de simetria, num campo magnético de um ímã (indutor).

Haverá na espira a indução de uma fem. Representamos no condutor o sentido de polarização desta fem induzida. (*Regra do tapa da mão direita: Dedos no sentido do campo magnético indutor; tapa no sentido do movimento; o polegar indicará o sentido do fluxo de elétrons*).

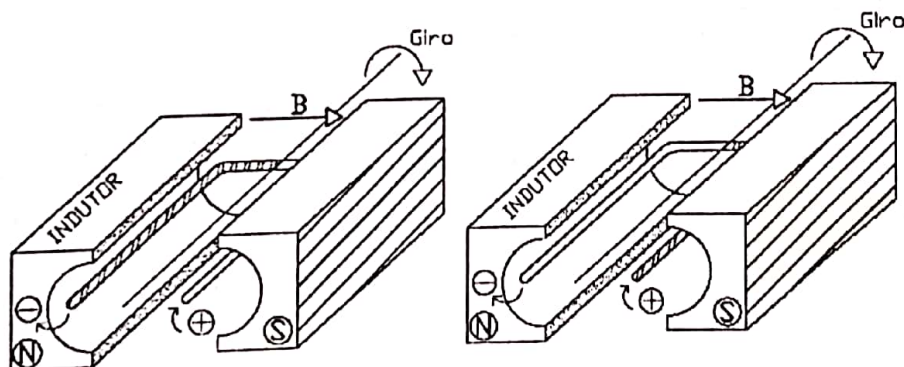


Figura - 1

DOIS MOMENTOS NO FUNCIONAMENTO DO GERADOR DE CORRENTE ELÉTRICA

Ao giro da espira nas entre faces do ímã os elétrons se deslocam de uma extremidade da espira à outra extremidade. A extremidade onde os elétrons se concentram é o pólo negativo, e a extremidade donde fogem torna-se o pólo positivo.

Repare que durante o giro da espira cada um dos seus ramos acompanha o sentido do fluxo magnético do campo de maneira oposta; enquanto um ramo corta o fluxo magnético do ímã, descendo, o outro ramo da espira corta o fluxo magnético do ímã, subindo.

Existem quatro momentos notáveis a observar durante 1 volta completa da espira:

Para uma volta completa cada ramo passa por uma região de acompanhamento do fluxo magnético do campo indutor, depois passa por uma região onde corta transversalmente este campo magnético, a seguir, movimenta-se contra o fluxo magnético indutor do ímã, para novamente cortá-lo em sentido inverso. Completa-se assim 1 ciclo.

Com isto, a fem que se origina na espira durante este movimento cíclico, é VARIÁVEL.

Em cada ramo da espira acontece o seguinte: A fem parte do zero no início do movimento, aumenta a um valor máximo em $\frac{1}{4}$ de volta que passa a decair a zero na $\frac{1}{2}$ da volta.

Continuando o giro da espira, a fem terá valor máximo novamente em $\frac{3}{4}$ de volta, porém de sentido contrário ao máximo anterior, que voltará a se anular ao completar o ciclo; recomeçando novamente na 2ª volta.

Portanto esta fem varia em intensidade e se inverte em cada ramo da espira a cada meia volta.

Observe agora a figura – 2: (Produção de corrente elétrica contínua e alternada)

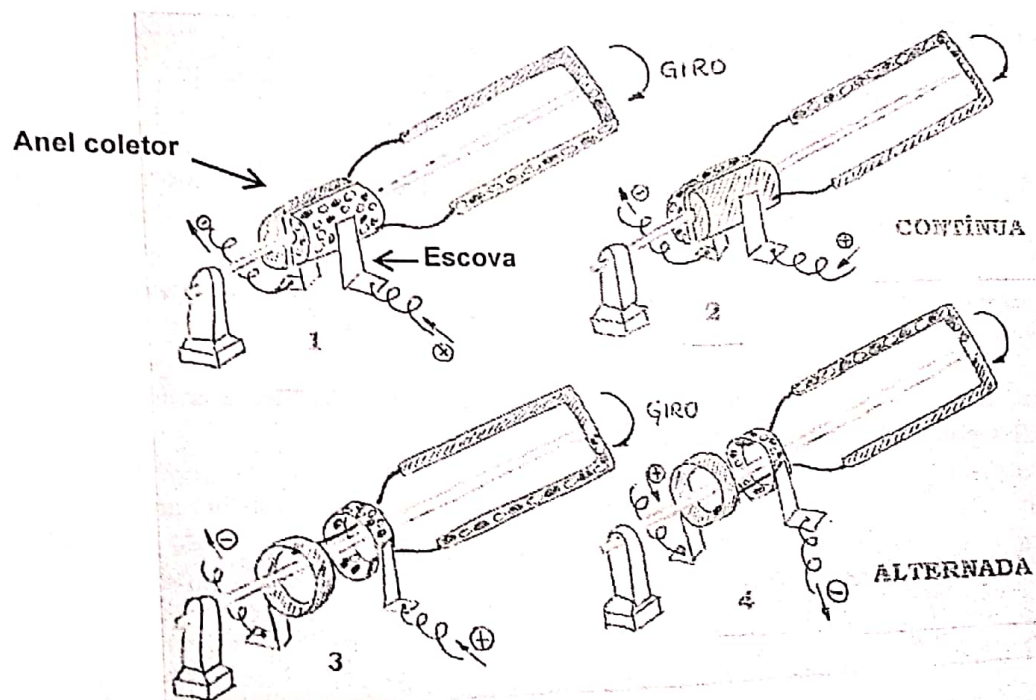


Figura - 2

Nesta figura consideramos a espira girando no campo magnético do ímã indutor, (que está omitido). A espira encontra-se ligada por meio de fios condutores a **anéis coletores**. Os anéis coletores, fixos ao mesmo eixo da espira giram com ela e, durante o movimento, estão em permanente contato com as **escovas**, que fixas, recebem a carga elétrica polarizada.

Situação - I: (Figuras 1 e 2)

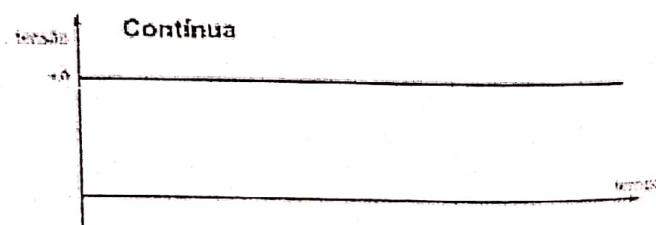
Os anéis coletores passam por ambas as escovas durante o giro da espira. A escova da esquerda sempre recebe a polaridade do anel coletor da meia espira superior; e a escova da direita sempre recebe a polaridade do anel ligado à meia espira inferior.

Após meia volta, as polaridades se invertem nos anéis coletores, mas a escova da esquerda continua a concentrar elétrons, (pólo -), e a escova da direita a expulsar elétrons (pólo +), como na meia volta anterior.

Temos aqui uma fonte de **fem contínua** que pode gerar **corrente contínua** (CC ou DC) onde cada extremidade do fio, ligada à escova, sempre é carregada com o mesmo sinal. É comum designá-los por suas polaridades, chamando-os de **positivo** e **negativo**.

O coletor assim montado é chamado **COMUTADOR**.

A **corrente contínua** é constituída de um fluxo constante de elétrons de um pólo a outro. O sentido da corrente no circuito permanece constante por todo o tempo. Ela atinge o seu valor máximo tão logo o circuito seja fechado, (ligado), e sua intensidade praticamente se torna



invariável. É o tipo de corrente obtido das pilhas comuns de rádio, relógio, como também das baterias como as de automóveis. Em resumo, é uma corrente unidirecional de valor uniforme.

Situação - II: (Figuras 3 e 4)

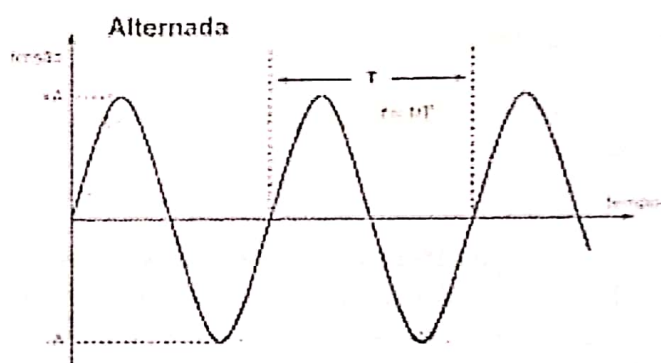
Nesta situação temos 2 anéis coletores e uma escova exclusiva para cada anel.

Assim, à medida que a espira gira as correntes produzidas se invertem em seus ramos, sendo coletadas como estão. Na meia volta-3, vai; na meia volta-4, vem.

Passamos a ter uma fonte de *fem alternada*, pois, que cada fio ligado a uma escova apresenta, ora polaridade positiva, ora polaridade negativa. Como as polaridades se invertem sucessivamente nas fiações, podemos obter desta fonte, uma corrente alternada. A designação de positivo e negativo para a fiação *não mais se sustenta* e, passaremos a chamá-las de fase e neutro; e passamos a ter aqui um gerador monofásico.

Um gerador que produz corrente alternada é chamado e ALTERNADOR.

A **corrente alternada** (CA ou AC) é constituída por um fluxo intermitente de elétrons, que alterna sucessivamente seu percurso. Os elétrons não chegam a "ir" propriamente, mas ficam num incessante movimento vibratório no condutor. Esta é a corrente elétrica resultante na fiação de nossa casa, possibilitada em função da fem entregue pela CEMIG, no padrão de entrada de energia.



A CA tem amplitude que vai de zero a um máximo, retorna a zero, atinge novo máximo no sentido oposto e retorna ao zero novamente, completando um percurso em determinado período de tempo, que é denominado **ciclo**.

O número de ciclos concluídos num determinado intervalo de tempo é chamado de **FREQÜÊNCIA (f)**. Também chamada de **Pulsção**, a freqüência é o número de vezes que a corrente pulsa na unidade de tempo. Ela depende do número de pólos do gerador. O gerador esquematizado anteriormente tem 2 pólos.

A unidade de freqüência no SI é o **HERTZ (Hz)** ou cps (ciclos por segundo). É padronizado mundialmente que a freqüência de CA usual em instalações de luz e força estará compreendida entre 50 e 60 Hz, ou seja, de 100 a 120 inversões por segundo. No Brasil ela é de 60 Hz.

O intervalo de tempo gasto para completar 1 ciclo, designado **PERÍODO**, é representado pela letra **T**, e sua unidade no SI é o segundo (s). Freqüência e Período são grandezas inversamente proporcionais.

$$f = \frac{1}{T}$$

$$\text{Hz} = \text{s}^{-1}$$

A corrente elétrica nasce alternada, mas conforme seja coletada pode permanecer nesta forma ou ser transformada em corrente contínua.

Os primeiros passos no campo da eletricidade foram dados por homens notáveis que trabalhavam com equipamentos rudimentares, geralmente produzidos por eles próprios, e como único recurso na produção de eletricidade, a pilha voltaica³.

³ Pilha idealizada por Alexandre Volta em 1800 constituída por placas de cobre e zinco intercaladas por um pano embebido em solução de ácido sulfúrico. Quando se ligava a placa inferior à placa superior por um fio metálico, percebia-se uma faísca, uma pequena descarga elétrica.

Quando a eletricidade se popularizou, a CC se mostrou logo desvantajosa para grandes abastecimentos. Além da impossibilidade de variar a tensão na transmissão, a perda ocorrida nos condutores era muito grande.

Em CA pode-se variar a tensão por aparelhos chamados **transformadores**, possibilitando uma eficiente transmissão de energia elétrica em alta tensão (baixa corrente), e posterior abaixamento de tensão para consumo, com perdas bem menores que as ocorridas em CC.

Para enviar CA produzida nas usinas (hidrelétrica, térmica ou nuclear), às cidades, através de longas distâncias, é usado o seguinte processo:

- Reduz-se a sua intensidade e aumenta-se sua tensão com auxílio de transformadores.
- Nas cidades, também com auxílio de transformadores, diminui-se a tensão para valores usuais (127/220 V), aumentando-se a intensidade da corrente.

Devido às suas inerentes vantagens e versatilidades, a CA substituiu a CC em quase todos os sistemas de distribuição comercial de energia elétrica.

Como se sabe, a energia elétrica tem sido obtida por três formas básicas, todas por indução eletromagnética:

Numa **Usina Hidrelétrica** (ou hidroelétrica).

Basta ver a força das águas numa tempestade, destruindo casas, arrastando automóveis, derrubando árvores, para se avaliar a força poderosa deste elemento natural. Se bem orientada pelo homem, ser-lhe-á de grande proveito.

O uso da energia contida numa queda d'água é milenar, e fazia girar uma roda que acionava moinhos e monjolos, empregados na moagem de milho e descascamento de café. Desde lá já havia prenúncios de aplicação industrial da energia hidráulica.

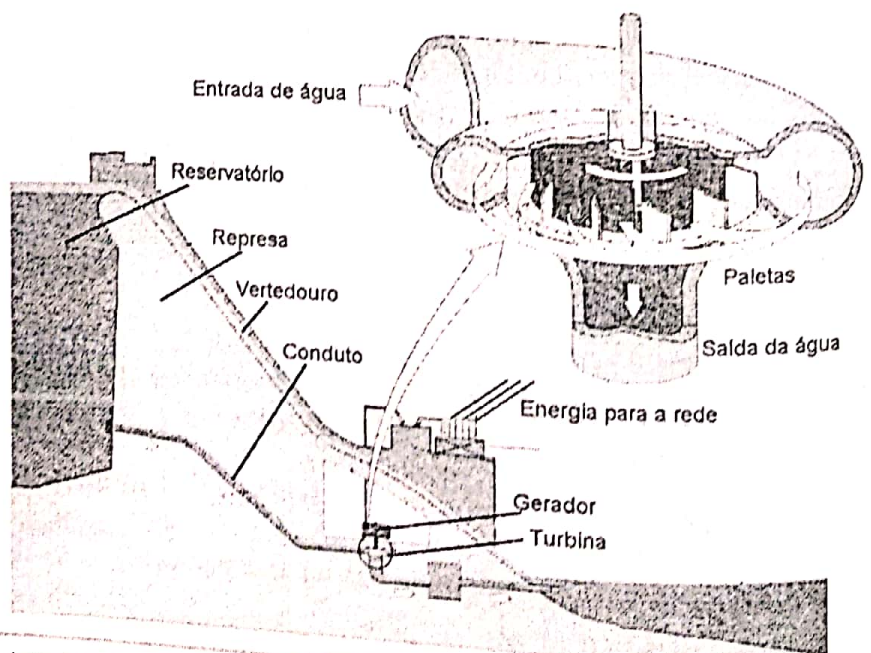
Armazenada na barragem a água é coletada em tubos (conduto) que a orienta para as turbinas localizadas na casa de forças. A turbina tem uma parte móvel, a roda metálica de palhetas que recebe o impacto do jato d'água, proveniente dos tubos. O ímpeto da água contra as palhetas é conseguido graças à altura da coluna d'água que faz girar a roda metálica da turbina, obtendo-se assim a energia mecânica.

O movimento da roda metálica faz girar condutores elétricos presos a seu eixo, que imersos em campos magnéticos, acabam por ter induzidos sobre si, tensões elétricas.

É o gerador de energia elétrica, produzindo-a pelo processo de *indução eletromagnética*.

Outro dispositivo, o transformador, eleva esta tensão obtida, de maneira a poder transportá-la economicamente aos centros consumidores, geralmente localizados a grandes distâncias.

Nestes centros consumidores a tensão é rebaixada, também por transformadores, a níveis de



Uma central hidrelétrica é um investimento gigantesco em porte e capital. Necessita contar com suprimento constante de água e de um reservatório (represa) para armazená-la. Necessita de grandes instalações mecânicas (turbinas geradoras) que transformarão a energia da queda d'água em energia elétrica; de dispositivos (redes elétricas) que garantam o transporte da energia produzida aos locais de consumo (cidades e indústrias). Haverá ainda de preservar a natureza cuidando da fauna e da flora, muito embora tenha que alagar grandes áreas de terra; cuidará da interferência causada em países vizinhos já que as bacias hidrográficas, muitas vezes, não são exclusividades nacionais; entre muitos outros cuidados.

Numa Usina Termelétrica (ou termoclétrica) onde os geradores são acionados pela energia térmica produzida pelo vapor. O calor desprendido da combustão do combustível (carvão, gás ou óleo) nas fornalhas da usina, transforma em vapor a água das caldeiras, que faz girar turbinas acionando geradores de tensões elétricas.

Este tipo de usina é adequado para locais onde não haja queda d'água suficiente e onde pode ser abundante a matéria prima combustível.

A CEMIG dispõe de quatro usinas térmicas, sendo uma delas em Juatuba, no rio Paraopeba (UTE de Igarapé com 131 MW de potência instalada).

Numa Usina Nuclear a obtenção de energia se dá pela ruptura do núcleo (fissão nuclear) de um material radioativo, geralmente urânio, num reator atômico. Tal efeito faz produzir enorme quantidade de calor capaz de aquecer, vaporizar a água e movimentar turbinas de maneira análoga a uma usina termelétrica. Sua utilização para obtenção de energia elétrica está restrita no município do Rio de Janeiro, em Angra dos Reis onde existe a usina Angra-I em operação desde 1985. É utilizada com reserva e sob estreita vigilância, sendo uma energia cujo controle tem sido estudo dos cientistas a mais de 70 anos. O grande desafio é fazer com que esta energia possa ser utilizada pouco a pouco; melhor dizer, controlá-la. (As bombas atômicas constituem a aplicação desta energia toda de uma só vez, cujos efeitos nefandos são bastante conhecidos).

A importância do controle desta energia se apoia na certeza de que em época não muito distante, fontes como petróleo e carvão, recursos atualmente indispensáveis, esgotar-se-ão.

No contexto mundial a produção de energia elétrica via usina nuclear é aproximadamente igual à produção por via hidráulica, uma vez que nem todo país é privilegiado com rios caudalosos e de grandes quedas.

5)- Condutores e Isolantes

As substâncias, como sabemos, são formadas por combinações de elementos químicos.

Estudam-se vários tipos de ligações químicas: Iônica, Covalente (ou Molecular), Metálica, entre outras. Destas combinações podem resultar ou não a presença de elétrons livres.

Em materiais como borracha, madeira, vidro, cerâmicos e plásticos, por apresentarem fortes ligações químicas, predominantemente iônicas e moleculares, não se encontram elétrons livres, não se encontrando, portanto, as características de suas mobilidades e, em consequência, a de serem passíveis de formarem uma corrente elétrica em conjunto, ainda que estimulados por um dispositivo adequado. São estes materiais, então, chamados ISOLANTES ou DIELÉTRICOS. Neles a condutividade elétrica é extremamente baixa variando de 10^{-20} a 10^{-10} por $\Omega.m$. Não obstante são indispensáveis em instalações elétricas por impedir a fuga de corrente para locais indesejados, protegendo, sobretudo as pessoas.

Há, entretanto, uma ligação química chamada *ligação metálica* onde os materiais gerados por esta ligação são formados por um grupamento de milhares de átomos que se posicionam ordenadamente em relação a seus núcleos. Os elétrons passam a não ser exclusividade de cada átomo, mas formam o que chamamos de uma *nuvem eletrônica* ao redor dos núcleos. Esta configuração apresenta, de cada átomo um ou dois elétrons disponíveis a uma maior mobilidade, os elétrons livres. Nestes materiais, assim formados, a possibilidade de criação de uma corrente elétrica é altíssima. Estes materiais são chamados de CONDUTORES e, como exemplo, temos os metais (aço, ferro, alumínio, cobre, ouro, prata, etc.). Neles a condutividade elétrica é muito alta, acima de 10^{17} por $\Omega.m$. (A corrente elétrica é o movimento desta nuvem de elétrons ao longo do condutor. A velocidade da nuvem é relativamente baixa (10 cm/s), mas a velocidade de translação da energia elétrica é altíssima (300000 km/s – velocidade de translação do campo elétrico).

Situado entre condutores e isolantes está um grupo de materiais chamado de SEMICONDUTORES formado predominantemente de fracas ligações covalentes, o que significa que os elétrons mais externos são mais facilmente removidos por excitação térmica do que aquele dos isolantes. Este grupo é formado de materiais que apresentam condutividade elétrica entre 10^{-6} e 10^4 por $\Omega.m$, como germânio e silício, de importantes aplicações em componentes eletrônicos.

Atentem, entretanto, que a classificação entre condutores e isolantes não é rígida. Uma substância que numa condição se comporta como isolante elétrico, em outra situação pode ser condutora. Caso da água pura ou quando salmoura; ou ar atmosférico que em condições normais é isolante, mas torna-se condutor durante uma tempestade. A temperatura em que se encontra o material também altera o seu estado de condutor, semicondutor ou isolante de corrente elétrica, geralmente diminuindo a condutibilidade elétrica com o aumento da temperatura.