



## Capítulo 10

# *Termoeletricidade e a energia nuclear no país*

**José Goldemberg**

PROFESSOR DO INSTITUTO DE ELETROTÉCNICA E ENERGIA  
DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO (USP)

### Problematização

#### Dinâmica da máquina

Um a um, os participantes se posicionam dentro do espaço reservado à atividade. Ao entrar na dinâmica, cada um busca uma maneira de se sintonizar com os demais integrantes, que representam peças de uma máquina. Para isso, devem fazer movimentos repetidos, acompanhados do som característico. Quando todos tiverem se integrado ao fluxo, proponha que acelerem os movimentos gradualmente. Depois, peça que os reduzam devagar, assim como os sons, até parar por completo.

Convide o grupo a comentar como cada um se sentiu e o que percebeu durante a atividade. Houve gasto de energia? Houve aquecimento da máquina?

#### Objetivos do texto

1. Apresentar o conceito de termoeletricidade.
2. Conhecer as formas de termoeletricidade utilizadas no Brasil.

## ***O que é termelétrica?***



Usina do Gasômetro, termoelétrica inaugurada em 1928, em Porto Alegre/RS, foi transformada em centro cultural.

Fonte: <http://www.brasil.gov.br/copadomundo/brasil-2014/cidades-sede-atualizacao/porto-alegre>



A iluminação no Brasil era feita com lampiões a óleo ou a gás até 1879, ano em que a lâmpada incandescente foi inventada por Thomas Edison. No Brasil, foi nesse mesmo ano que a energia elétrica foi gerada por meios mecânicos pela primeira vez. Aconteceu no Rio de Janeiro, iluminando a Estação Central

Fonte: <http://www.memoria.eletronbras.gov.br/main.asp?Team=%7B55FE9CBB%2D35A5%2D4DFE%2D82C9%2D9FA807A449C8%7D>

Termelétrica é a eletricidade gerada pela conversão de energia térmica em energia elétrica. Essa energia térmica resulta do calor gerado a partir da queima de algum tipo de combustível – que pode ser fóssil, como carvão, petróleo, gás, ou orgânico, como biomassa –, ou por meio da fissão nuclear. O calor gerado em uma usina termelétrica produz vapor a alta pressão, que é usado para movimentar uma turbina. Nessa turbina a energia térmica é, então, convertida em energia elétrica.

## ***Eletricidade no Brasil***

A energia elétrica foi introduzida no Brasil em 1879, logo após a invenção de geradores de eletricidade, acompanhando os desenvolvimentos técnicos na Inglaterra e nos Estados Unidos. Na época, as usinas eram todas hidrelétricas, utilizando a energia hidráulica de quedas d'água, ou de correntes rápidas de água para movimentar turbinas hidrelétricas. Mais tarde, entraram no mercado brasileiro geradores movidos a vapor, produzindo energia em usinas termoelétricas a partir da queima de combustíveis fósseis. O primeiro serviço público de iluminação municipal foi inaugurado em Campos, no Rio de Janeiro, em 1883, com energia gerada em usina termoelétrica.

## ***Como o Brasil gera energia?***

No Brasil, em 2010, aproximadamente 79% da energia era gerada nas cerca de 450 usinas hidrelétricas, grandes e pequenas, que produziam 86.700 milhões de kilowatts. O restante da nossa energia se originava, naquele ano:

- a)** de usinas termelétricas, sendo que a queima de combustíveis fósseis, como carvão, gás, óleo diesel, óleo combustível e gás contribuía com 14% e a queima de biomassa com 4%;
- b)** de usinas nucleares, que produziam 2%;
- c)** e da energia eólica, gerada pela força dos ventos, que contribuía com 1% do total.

A abundância de recursos hídricos no Brasil e o elevado grau de tecnologia de construção de usinas que se desenvolveu no país foram fatores determinantes para que as hidrelétricas predominassem em nosso modelo energético. Como a energia hidrelétrica é sujeita a variações sazonais de pluviosidade, a construção de reservatórios de água permite a geração de eletricidade quando chove pouco. Ainda assim, podem ocorrer períodos críticos que justifiquem a geração com outras fontes energéticas além da hidrelétrica.

## OFERTA INTERNA DE ENERGIA ELÉTRICA POR FONTE – 2010

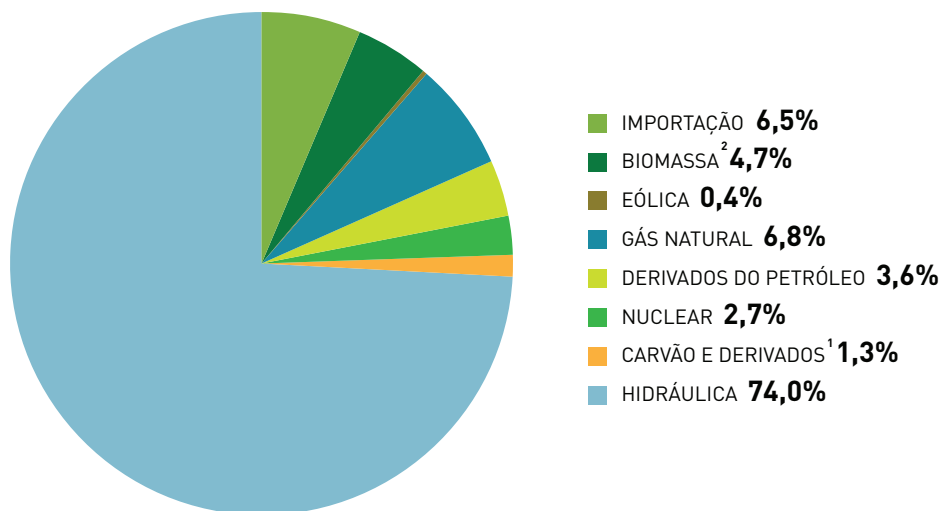


Gráfico elaborado com dados do BEN (Balanço Energético Nacional)

<sup>1</sup> Inclui gás de coqueria/ Includes coke gas.

<sup>2</sup> Biomassa inclui lenha, bagaço de cana, lixívia e outras recuperações/ Biomass includes firewood, sugar cane bagasse, black liquor e other wastes.

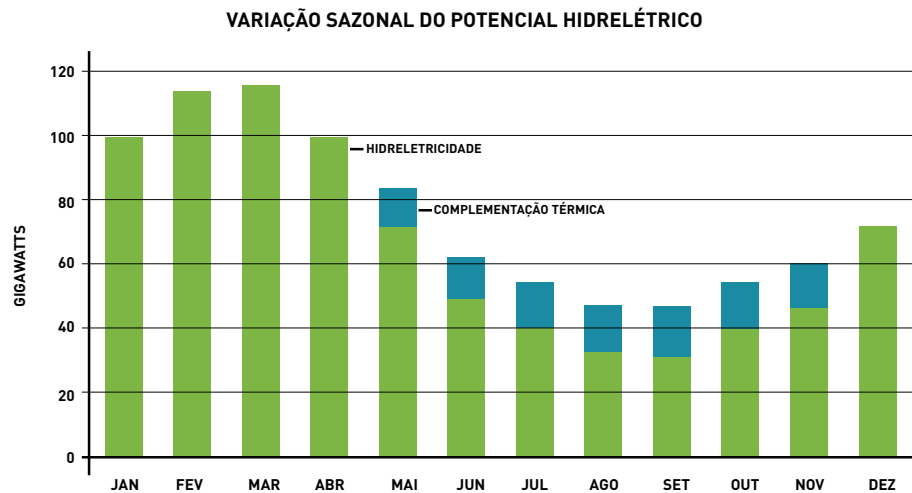
Fica evidente que, mesmo que os consumidores residenciais, empresariais e industriais adotem uma atitude de uso consciente da energia, um sistema elétrico não pode depender de uma única fonte de energia, como a geração hidrelétrica, por exemplo. E, por essa razão, parte da nossa energia é gerada de outras formas, que independem da ocorrência de chuvas, como usinas termelétricas de vários tipos, painéis solares e parques eólicos.

### **Complementação térmica**

Para complementar a energia que provém das hidrelétricas, a matriz energética brasileira utiliza, basicamente, fontes como energia nuclear, gás natural, derivados de petróleo e biomassa (bagaço de cana das usinas de açúcar). Essa energia elétrica, produzida nas usinas termelétricas pela geração de calor, é chamada de complementação térmica. Para dar uma ideia da variação sazonal na geração de eletricidade por meio de hidrelétricas no Brasil, o gráfico a seguir mostra a complementação térmica média necessária em um ano.

Tipicamente, a complementação térmica anual no Brasil varia entre 6,7% e 11,5%. No período de 2002 a 2010, a contribuição térmica variou de 2.000 a 10.000 MW, em média. E de onde se originam esses MW?

A escolha da fonte a ser utilizada depende de custos do combustível (carvão, gás natural e derivados de petróleo) ou, no caso de biomassa e de energia



nuclear, de custos da implantação de unidades de geração. Outros fatores que influenciam na escolha do tipo de complementação térmica são:

- a)** localização geográfica: distâncias que compensem tanto o transporte de combustível, para o funcionamento das usinas termelétricas, quanto o custo para a transmissão da energia gerada;
- b)** características do equipamento: de um lado, a capacidade de entrar rapidamente em funcionamento quando necessário – e, sob este ponto de vista, o gás natural é a opção preferida. De outro, a disponibilidade da matéria-prima para gerar energia de base, que precisa manter-se, praticamente, constante durante todo o ano. E, nesse aspecto, as melhores opções seriam carvão e energia nuclear.

Porém, a expansão da geração de energia com carvão encontra sérias limitações, não só pelas características pouco atraentes, como o elevado índice de impurezas do carvão nacional. A principal limitação vem de a queima de carvão emitir gases que contribuem para o aquecimento da Terra, como o dióxido de carbono, ou  $\text{CO}_2$ . A queima de gás natural e de derivados de petróleo também envolve esse mesmo inconveniente da emissão de gases de efeito estufa. Há, portanto, um nicho para a energia nuclear, cujo ciclo de vida completo emite apenas pequenas quantidades de  $\text{CO}_2$ .

### ***Como funciona uma usina nuclear?***

Numa usina térmica clássica se produz calor queimando combustível – que pode ser lenha, carvão, óleo diesel, óleo combustível ou gás natural – para ferver água numa caldeira. O vapor produzido faz girar uma turbina que, por sua vez, faz girar o núcleo móvel de um gerador elétrico, produzindo eletricidade.

Numa usina nuclear, a caldeira é substituída por um reator nuclear, que fica dentro de uma cápsula protetora de aço. No “coração” desse reator, há barras com urânio.

O urânio, cujo símbolo é U, aparece como último elemento químico natural na tabela periódica porque o seu átomo tem o núcleo mais pesado de todos: sua massa atômica é 238. Essa característica faz com que os átomos de urânio facilmente se dividam em dois fragmentos, produzindo partículas nucleares chamadas nêutrons que, por sua vez, provocam mais divisões em outros átomos de urânio. Essa reação em cadeia, que acontece dentro do reator da usina, também é chamada de reação nuclear. A reação em cadeia faz a temperatura das barras de urânio ficar muito elevada e ferver a água que está dentro da cápsula protetora do reator, formando vapor. Exatamente como acontece em qualquer usina térmica. Daí para frente, o processo de geração de eletricidade é o mesmo.

### *Pesquisa*

Aproveite para rememorar: questione os alunos sobre como calcular a massa atômica de um átomo.



## ***Algumas questões sobre a energia nuclear***

Embora a emissão de gases de efeito estufa seja pequena, a energia nuclear pode trazer outros problemas, tais como os decorrentes da segurança nuclear. Nos reatores nucleares, os fragmentos resultantes da divisão dos núcleos de urânio são átomos radioativos e, após funcionar durante algum tempo, o núcleo do reator fica muito radioativo. Se essa radioatividade ficar dentro da cápsula protetora, não há problema. Contudo, se ela escapar, existe risco de contaminação radioativa.

Motive os alunos a pesquisarem sobre o símbolo de risco de radiação nuclear. Pergunte se já o viram em algum lugar e como interpretam a imagem.

Depois, peça que pesquisem sobre o novo símbolo que identifica área sob risco de radiação, criado em 2007 pela Organização das Nações Unidas (ONU). Indague o que acham da imagem, em comparação com a anterior.

Fontes: <http://www.portalsaofrancisco.com.br/alfa/perigo-das-usinas-nucleares/perigo-das-usinas-nucleares-2.php>

[http://www.afen.org.br/noticias\\_conteudo.php?id=114](http://www.afen.org.br/noticias_conteudo.php?id=114)

## ***Segurança e energia nuclear***

A segurança de uma usina nuclear começa no projeto, passa pela construção (com rigorosa seleção dos materiais utilizados), a manutenção dos equipamentos e o treinamento permanente das equipes.

Usinas nucleares possuem sistemas de segurança redundantes, independentes, fisicamente separados e de tecnologias diversas, em condições de prevenir acidentes e, também, de resfriar o núcleo do reator em situações normais ou de emergência. Na situação improvável de perda de controle do reator em operação normal, eles entram automaticamente em ação.

Além de todos esses sistemas, as usinas nucleares de Angra dispõem de sistemas de segurança passivos, que funcionam sem que precisem ser acionados por dispositivos elétricos. São as numerosas barreiras protetoras de concreto e aço e os edifícios de contenção, que protegem as usinas contra impactos externos, tais como terremotos, maremotos, inundações e para dentro da esfera de contenção

A contenção segura da radioatividade produzida na fissão nuclear é obtida mediante uma série de barreiras que agem para proporcionar “defesa em profundidade”. O sistema de refrigeração do reator evita liberação de radioatividade dentro de uma esfera de contenção estanque de aço.

Fonte: Eletrobras Eletronuclear

O custo da energia nuclear também é elevado e, por isso, muitas vezes ela não é competitiva em relação à energia gerada por gás natural, ou combustíveis fósseis, dependendo do custo do combustível. Em nosso país, na segunda década do século XXI, a energia nuclear apresenta um custo 50% superior ao de energia hidrelétrica.

### ***Como será nossa matriz energética no futuro?***

A expansão da produção de eletricidade no Brasil é de cerca de 5% ao ano. As previsões da Empresa de Planejamento Energético (EPE) indicam que a geração hidrelétrica deverá atingir 121.500 milhões de kilowatts em 2020. Mas esse aumento de 40% deverá representar, nesse futuro próximo, 74,5% do total da nossa matriz energética, pois as energias renováveis, principalmente a energia eólica, deverão aumentar substancialmente a sua participação.

### ***Inovações***

Espera-se que o número de fontes geradoras aumente muito, tornando a administração do sistema muito mais complexa. E, para gerenciar esse sistema complexo, *smart grids* devem ser introduzidas em grande escala.

Com essa tecnologia, a necessidade da complementação térmica para energia de base, sua principal justificativa, irá diminuir, reduzindo a ênfase dada à contribuição das fontes térmicas e da energia nuclear.

#### ***Pesquisa***

Peça que os alunos pesquisem sobre as ações preventivas e emergenciais no caso de acidente nuclear e o nome do órgão brasileiro que regulamenta o setor.



### ***Sugestão de atividade complementar***

Separe os participantes em dois grupos e promova um “júri popular”: um lado apresenta argumentos a favor e o outro contra a energia nuclear. Você faz o papel de juiz, orientando a divisão do tempo de fala, enquanto toma nota dos argumentos. Depois, retome a conversa sobre as vantagens e desvantagens dessa forma de energia em plenária.

Promova a discussão sobre fontes de geração de energia: quais os alunos consideram tradicionais? E inovadoras? Que recursos um país pode considerar para planejar a sua matriz energética?

### ***Sugestão de filme***

*Clima de esperança*, 2007.

Duração: 30 minutos.

O filme aborda o ciclo nuclear, desde a mineração do urânio, passando pelas fases de enriquecimento e funcionamento de uma usina nuclear, até a forma de produção de energia.