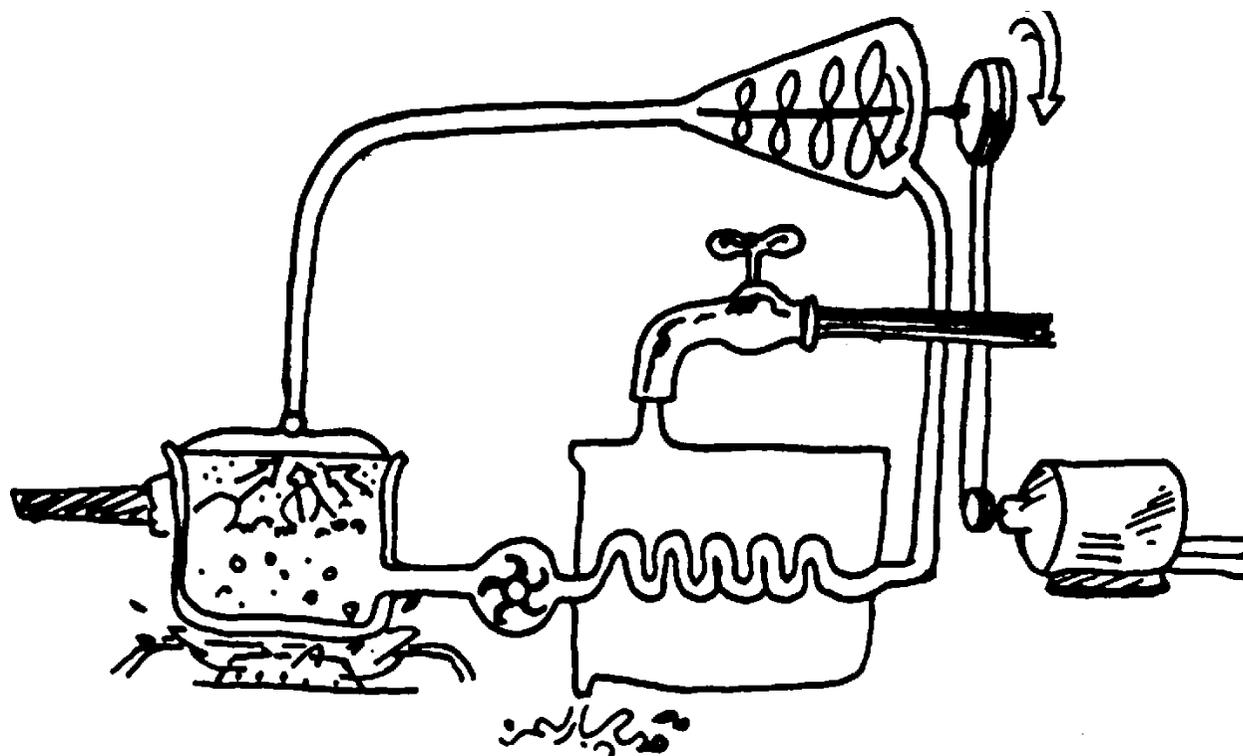


# —19—

## A todo vapor

Para gerar eletricidade precisamos fazer girar um eixo.

O vapor pode ser usado para provocar esse giro?



As usinas geradoras de eletricidade transformam energia mecânica de rotação do eixo da turbina em energia elétrica.

Como é produzido o movimento de rotação de uma turbina a vapor?

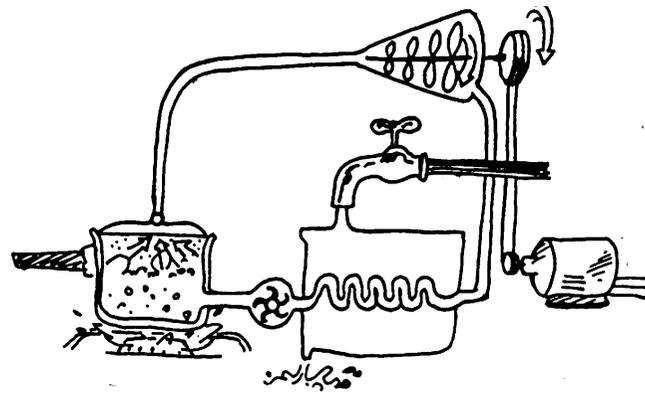
Numa usina termelétrica a energia se conserva?

E uma usina termonuclear, como funciona?

## A turbina a vapor

A turbina a vapor é uma máquina térmica que utiliza o vapor de água para movimentar suas hélices, produzindo a rotação do seu eixo. É essa rotação que nas usinas termelétricas vai acionar o gerador elétrico.

Ela é constituída de uma caldeira, de um conjunto de hélices (turbina), de um condensador e de uma bomba.



A água, substância de operação, é aquecida na caldeira pela queima externa do combustível, em geral carvão mineral, fervendo a alta pressão.

O vapor aquecido até cerca de  $500^{\circ}\text{C}$  escapa por diferença de pressão e através de uma tubulação chega até o conjunto de hélices ou turbina, para a qual transfere parte de sua energia cinética, produzindo a rotação do eixo da turbina. Como consequência, o vapor tem sua pressão e temperatura diminuídas.

Depois de passar pelas hélices o vapor é resfriado numa serpentina, condensa-se e a água chega à bomba.

A água bombeada para a caldeira vai garantir a continuidade do processo nesse ciclo fechado da turbina a vapor.

## Por que é necessário um condensador na turbina a vapor?

Se para girar a hélice é necessário vapor a alta pressão e temperatura, poderia se pensar em injetar o vapor de volta à caldeira sem antes liquefazê-lo. Isso, porém, não pode ser feito porque acarretaria um trabalho muito grande à bomba, pois para voltar à alta pressão o vapor precisa ser muito comprimido.

A função do condensador é resfriar o vapor, que ao circular pela serpentina (envolvida por água corrente) perde calor até liquefazer.

A água à temperatura de  $100^{\circ}\text{C}$  é então facilmente bombeada para a caldeira. Se a água fosse resfriada, atingindo temperaturas menores, a caldeira seria sobrecarregada com a tarefa de aquecê-la até a ebulição.

## As transformações da substância de operação

Em cada componente da turbina o vapor ou a água sofrem transformações, tendo sua pressão, volume e temperaturas alteradas.

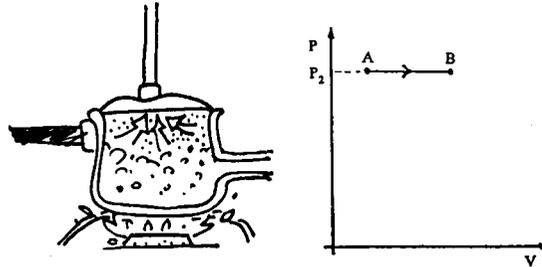
Representando graficamente as variações de pressão e volume em cada etapa, podemos compreender o ciclo da turbina a vapor.

NA CALDEIRA A PRESSÃO DO VAPOR É CONTROLADA POR VÁLVULAS, TAL COMO NUMA PAINEL DE PRESSÃO.

# Etapas do ciclo da água no interior da turbina

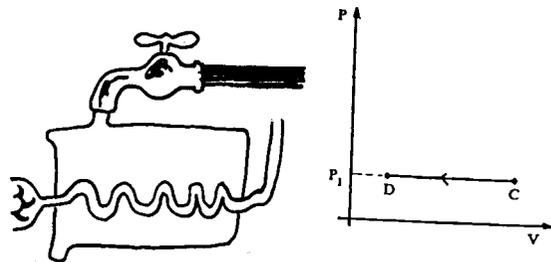
## 1) Caldeira.

A água se vaporiza à pressão constante, aumentando seu volume - transformação isobárica - (A → B);



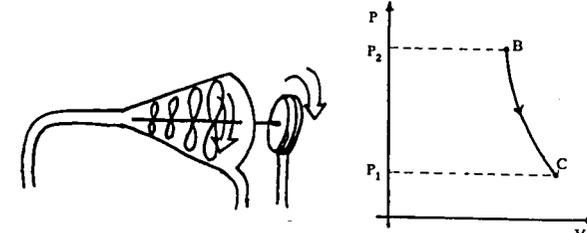
## 3) Condensador.

O vapor passa para o estado líquido, trocando calor com o meio e diminuindo o volume a pressão constante (C → D);



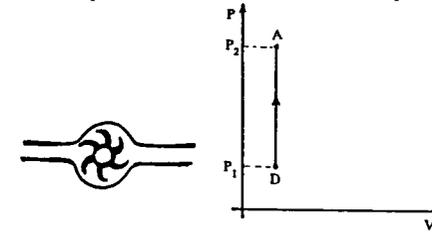
## 2) Turbina.

O vapor se expande, realizando trabalho. Como as hélices da turbina e o vapor estão à mesma temperatura e a transformação ocorre rapidamente, não há trocas de calor - expansão adiabática - (B → C);

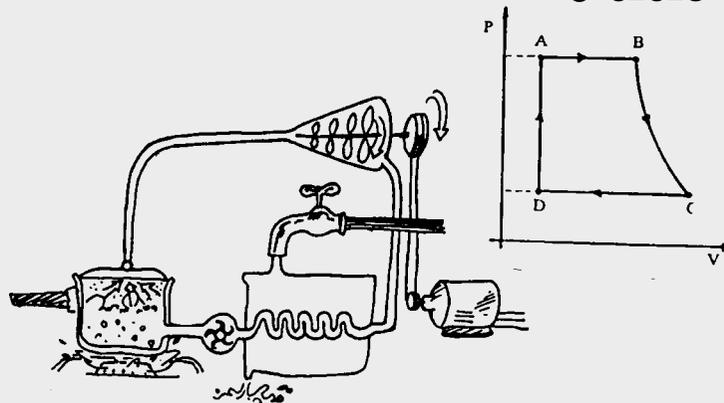


## 4) Bomba.

A bomba, ao comprimir a água, aumenta sua pressão até que esta se iguale à pressão do interior da caldeira. Pelo fato de a água ser praticamente incompressível, podemos considerar este processo isométrico (D → A).



## O ciclo completo



Num ciclo completo da turbina a vapor a energia que provém da queima do combustível (carvão) é utilizada para variar a energia interna da substância de operação (água e vapor) e para realizar trabalho, fazendo girar o eixo da turbina. A água que circula externamente ao condensador também se aquece.

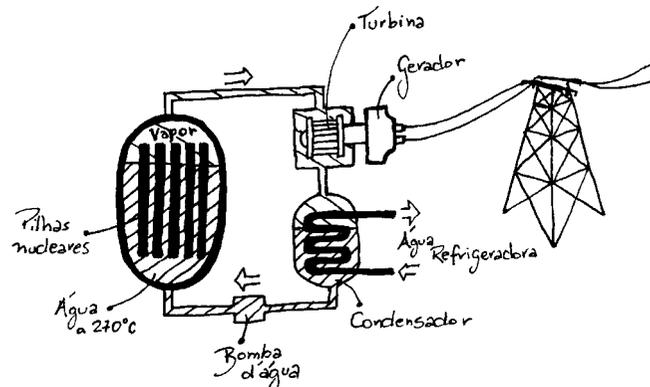
A energia fornecida ao sistema é transformada em trabalho, reaproveitada no processo, e em parte cedida ao ambiente.

NUM CICLO COMPLETO, A ENERGIA SE CONSERVA.

# Termonuclear

Numa usina termonuclear a turbina é movida a vapor a alta pressão, como na termelétrica. A diferença entre elas consiste na maneira de produzir o vapor.

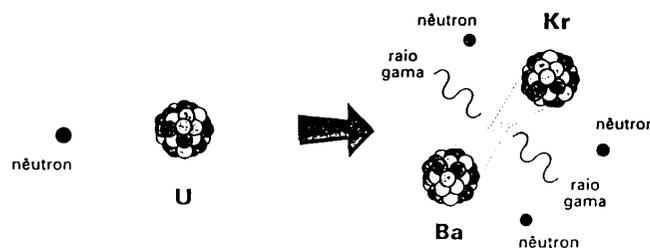
Enquanto na termelétrica o vapor é produzido numa caldeira onde a água é aquecida pela combustão externa de carvão ou petróleo, na nuclear é um reator que utiliza o urânio ( $U^{235}$ ) como combustível para produzir o calor necessário para aquecer a água.



NO NÚCLEO DOS REATORES AS PASTILHAS DE URÂNIO SÃO COLOCADAS EM HASTES METÁLICAS, TAMBÉM CHAMADAS DE PILHAS NUCLEARES.

Os núcleos dos reatores contêm água, combustível (pastilhas de urânio), grafite e barras de boro. Neles ocorre uma reação nuclear, isto é, o átomo de urânio é quebrado quando um nêutron se choca com o seu núcleo, dando origem aos núcleos de bário e criptônio e mais três nêutrons. É esta a função do reator: bombardear núcleos de urânio com nêutrons para provocar a quebra do urânio, o que é expresso na física como **fissão nuclear**.

Na reação apresentada a seguir a energia é liberada na forma de ondas eletromagnéticas semelhantes aos raios X e mais penetrantes que eles, os raios gama.



Os três nêutrons que resultam da reação podem atingir outros núcleos, liberando mais nêutrons e provocando, assim, uma reação em cadeia. Se essa reação não fosse controlada, liberaria instantaneamente uma grande energia e provocaria uma explosão, que é o que ocorre numa bomba atômica.

A grafite e as barras de boro têm a função de controlar essa reação. A grafite funciona como um moderador que desacelera os nêutrons; as barras de boro absorvem os nêutrons, controlando a reação. As barras de boro são colocadas no núcleo do reator ou retiradas para produzir o calor na quantidade que se deseja, com segurança. As outras partes da usina termonuclear (turbina, condensador e válvula) funcionam tal como uma termelétrica, guardando é claro algumas particularidades.

Em nossos dias consumimos cada vez mais energia elétrica. As usinas geradoras, entretanto, poluem o ar, causam danos ao meio ambiente e se constituem num risco de contaminação por radiação.

PESQUISE SOBRE AS USINAS CONSTRUÍDAS NO BRASIL, A POLUIÇÃO E DANOS CAUSADOS PELAS CONSTRUÇÕES DE HIDRELÉTRICAS, TERMELÉTRICAS E TERMONUCLEARES.