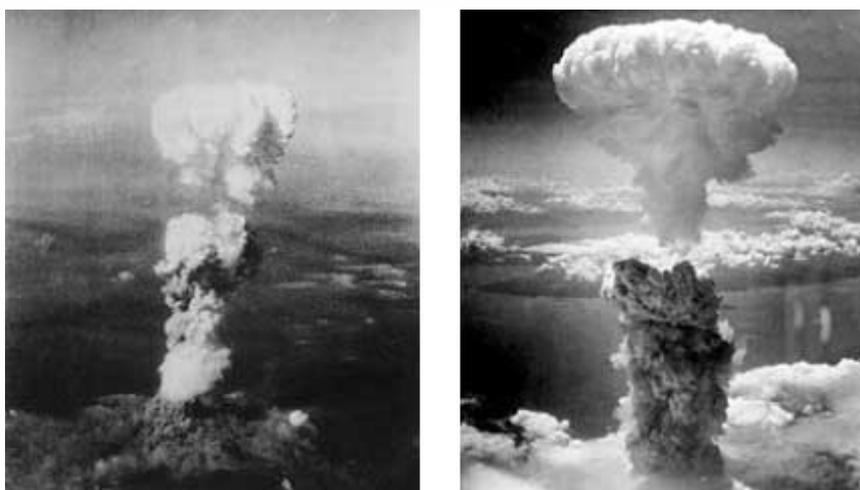




## O Núcleo Atômico

É do conhecimento de todos o enorme poder energético contido no núcleo dos átomos! Quem nunca ouviu falar sobre as bombas nucleares que foram lançadas, no final da **II Guerra Mundial**, nas cidades de **Hiroshima** e **Nagasaki**, no Japão? Aquela impressionante nuvem de poeira, em forma de cogumelo devastou ambas as cidades e matou mais de 300.000 pessoas (**Figura 1**)!



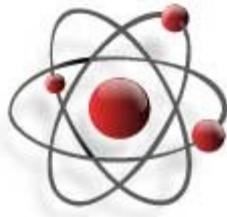
**Figura 1:** Fotos dos cogumelos formados após a explosão das bombas nucleares *Little Boy* (à esquerda – Hiroshima) e *Fat Man* (à direita – Nagasaki).

Ainda hoje convivemos com **A Soma de Todos os Medos** (*The Sum of All Fears*, com Ben Affleck e Morgan Freeman, produção da Paramount Pictures, 2002), quando se fala em energia nuclear. Com o fim da **Guerra Fria**, o arsenal bélico nuclear da antiga **União Soviética** ainda traz medo à sociedade e serve de pano de fundo para os desastrosos **norte-americanos** e **árabes**.

Por que algo tão pequeno, como um núcleo atômico, é capaz de produzir tamanha energia? Por que existem elementos naturalmente radioativos? Essas e muitas outras questões podem ser compreendidas tomando por base o estudo das partículas nucleares e de como elas se unem para formar os núcleos e, conseqüentemente, os átomos.

### Partículas subatômicas - eletrosfera x núcleo

O átomo é formado por várias partículas localizadas em posições específicas no espaço subatômico. A eletrosfera é composta pelos elétrons, que são eletricamente neutralizados por igual número de prótons contidos no núcleo. Podemos observar forças de repulsão eletrostática tanto entre os elétrons quanto entre os prótons. Contudo, os elétrons são atraídos pelo núcleo e ocupam um local no espaço (**orbital atômico** – local de maior probabilidade de encontrar um elétron no átomo) onde as forças de atração **elétron↔núcleo** superam as forças de repulsão **elétron↔elétron** (**Figura 2**). Quanto mais perto do núcleo, maior será a energia necessária para interagir com um elétron (**energia de excitação** – transição eletrônica; ou **energia de ionização**). Em média, a energia necessária para movimentar um elétron em um átomo varia de uns poucos elétron-volts (eV – aproximadamente  $1,6 \times 10^{-19}$  Joules) a algo da ordem de quiloelétron-volts (keV –  $10^3$  eV).



**Figura 2:** Esquema dos elétrons em torno do núcleo atômico.

Você viu, na aula passada, que um determinado número de elétrons ocupa um espaço 100.000 vezes maior que aquele ocupado pelo mesmo número de prótons! Sabendo que também existem forças de repulsão eletrostática entre os prótons, podemos imaginar a quantidade de energia contida no núcleo por conta dessas forças. Para interagir com as partículas nucleares, é necessária uma energia da ordem de megaelétron-volts (MeV –  $10^6$  eV).

Com isso, você pode concluir que as variações de energia em uma reação nuclear excedem em muito às aquelas observadas nas reações químicas.

**Exemplo:**

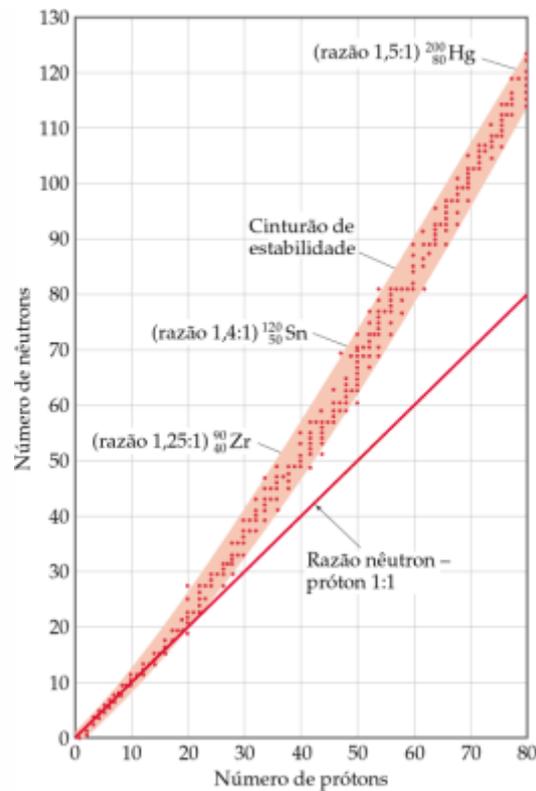
combustão de 1,0g de **CH<sub>4</sub>** à 52 kJ de energia

reação nuclear de 1,0g de **<sup>235</sup>U** à  $8,2 \times 10^7$  kJ de energia

### A estabilidade nuclear

Para minimizar os efeitos das forças de repulsão dos prótons no núcleo, a **natureza** utiliza partículas sem carga elétrica, chamadas **nêutrons**. Portanto, a principal função dos nêutrons é estabilizar o núcleo energeticamente, reduzindo as forças de repulsão **próton↔próton**.

Contudo, existe uma relação ideal entre nêutrons e prótons para que um determinado núcleo seja estável. Quando essa relação não ocorre, o núcleo fica energeticamente instável e sofre o chamado **decaimento radioativo**, em que busca alterar a relação nêutron:próton até que ela se situe dentro de uma faixa conhecida como faixa ou **cinturão de estabilidade (Figura 3)**.



**Figura 3:** Gráfico da relação nêutron:próton e a faixa de estabilidade.

Você pode observar na **Figura 3** que a relação entre nêutrons e prótons 1:1 ocorre apenas nos átomos com número atômico inferior a 20. Quanto maior o número de prótons no núcleo, maior será o número de nêutrons necessários para reduzir as forças de repulsão **próton-próton**. Dessa forma, a maioria dos núcleos estáveis (não radioativos) apresentam relação nêutrons:prótons maior que 1.

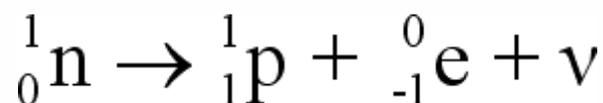
Em geral, observa-se que núcleos com número par de prótons e de nêutrons são mais estáveis do que aqueles com qualquer outra combinação. São formados por quantidades específicas de prótons e nêutrons, chamadas **números mágicos** – 2, 8, 20, 50, 82, 114, 126 e 184 (por exemplo:  ${}_{82}\text{Pb}^{208}$  à 82 prótons e 126 nêutrons).

## As reações nucleares

Como você já viu, a radioatividade é produzida pelo decaimento nuclear, que, energeticamente falando, busca a estabilidade do núcleo corrigindo a relação nêutron:próton do átomo. Dessa forma, temos nas reações nucleares ou decaimento radioativo o meio natural de estabilização dos núcleos atômicos.

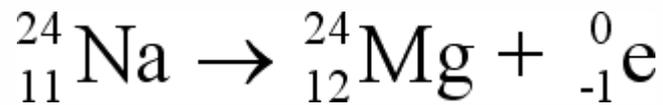
Existem quatro tipos de decaimento radioativo:

- O decaimento beta, em que uma partícula  $\beta^-$  é emitida. Em termos de núcleo atômico, ocorre a seguinte reação:

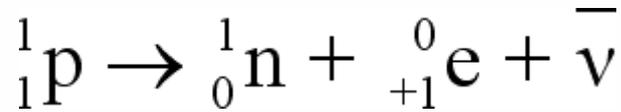


Ou seja, um **nêutron** se transforma em um **próton** e emite um **elétron**, que é a partícula **beta**. Nesse caso, o núcleo apresenta excesso de nêutrons, que tenta compensar reduzindo sua quantidade e aumentando a quantidade de prótons.  $\nu$  é uma partícula sem carga e sem massa, chamada **neutrino**, que completa o balanço energético do processo.

Por exemplo:

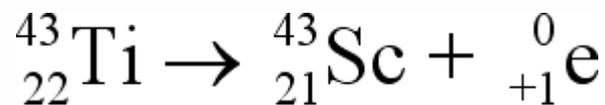


- O decaimento beta positivo, em que uma partícula  $\beta^+$  (**pósitron**) é emitida. Em termos de núcleo atômico, ocorre a seguinte reação:

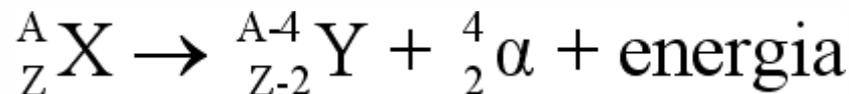


Ou seja, um **próton** se transforma em um **nêutron** e emite um **pósitron**, que apresenta as mesmas características do **elétron**, exceto sua carga, que é positiva. Nesse caso, o núcleo apresenta excesso de prótons, que tenta compensar reduzindo sua quantidade e aumentando a quantidade de nêutrons.  $\nu$  é uma partícula sem carga e sem massa, chamada **antineutrino**, que completa o balanço energético do processo.

Por exemplo:

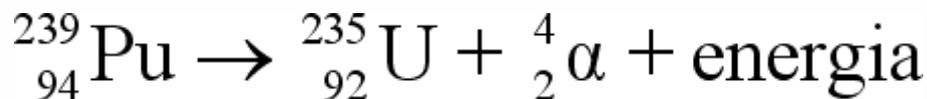


- O decaimento alfa, em que uma partícula  ${}_2^4\alpha$  é emitida. Em termos de núcleo atômico, ocorre a seguinte reação:

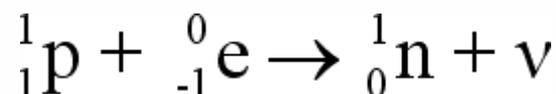


Ou seja, ocorre a emissão de uma partícula alfa, que contém 2 **prótons** e 2 **nêutrons**. Nesse caso, o núcleo apresenta excesso de prótons e nêutrons. A partícula alfa acelera o processo de estabilização do núcleo, aumentando o número de partículas nucleares alteradas ao mesmo tempo. A **energia** em questão é geralmente emitida na forma de radiação eletromagnética, ou seja, **radiação gama** ( $\gamma$ ). A radiação gama acompanha tanto a emissão alfa quanto a emissão beta.

Por exemplo:

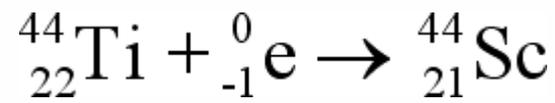


- Na **captura eletrônica**, o núcleo captura um elétron, geralmente da camada k do átomo. Em termos de núcleo atômico, ocorre a seguinte reação:



Ou seja, ocorre no núcleo a interação do **elétron** capturado com um **próton**, formando um **nêutron**. Esse processo compete com o decaimento  $\beta^+$  e não se observa emissão de nenhuma partícula do núcleo. Contudo, o **orbital S** desocupado pelo elétron capturado é preenchido pelo decaimento de um elétron mais externo, que, por sua vez, emite radiação eletromagnética na forma de **raios X**. Essa é a chamada **captura K**.

Por exemplo:



A Tabela a seguir apresenta algumas partículas subatômicas e suas principais características.

	<b>Tipo</b>	<b>Grau de penetração</b>	<b>Velocidade</b>	<b>Partícula</b>
$\alpha$	Não penetrante	10% $c$	${}_{2}\alpha^4$	
$\beta$	Moderado	<90% $c$	${}_{-1}\text{e}^0$	
$\gamma$	Muito penetrante	$c$	Fóton	
$\beta^+$	Moderado	<90% $c$	${}_{1}\text{e}^0$	
$p$	Baixa	10% $c$	${}_{1}\text{p}^1$	
$n$	Muito penetrante	>10% $c$	${}_{0}\text{n}^1$	