



*Apostila educativa*

# ***Aplicações da Energia Nuclear***

*Por*

***ELIEZER DE MOURA CARDOSO***

*Colaboradores:*

*Ismar Pinto Alves*

*Cláudio Braz*

*Sonia Pestana*



**Comissão Nacional de Energia Nuclear**

**Rua General Severiano, 90 - Botafogo - Rio de Janeiro - RJ - CEP 22294-900**

**<http://www.cnen.gov.br>**



## **ÍNDICE**

---

**OS BENEFÍCIOS DA ENERGIA NUCLEAR E DAS RADIAÇÕES, 3**

**TRAÇADORES RADIOATIVOS, 4**

**A MEDICINA NUCLEAR, 4**

**OS RADIOISÓTOPOS NA MEDICINA, 6**

**A RADIOTERAPIA, 6**

**APLICAÇÕES NA AGRICULTURA, 9**

**APLICAÇÕES NA INDÚSTRIA, 12**

**OS RAIOS-X, 15**

---



## OS BENEFÍCIOS DA ENERGIA NUCLEAR E DAS RADIAÇÕES

Infelizmente são pouco divulgados os grandes benefícios da energia nuclear.

A cada dia, novas técnicas nucleares são desenvolvidas nos diversos campos da atividade humana, possibilitando a execução de tarefas impossíveis de serem realizadas pelos meios convencionais.

A medicina, a indústria, particularmente a farmacêutica, e a agricultura são as áreas mais beneficiadas.

Os isótopos radioativos ou **radioisótopos**, devido à propriedade de emitirem radiações, têm vários usos. As radiações podem até atravessar a matéria ou serem absorvidas por ela, o que possibilita múltiplas aplicações. Mesmo em quantidades cuja massa não pode ser determinada pelos métodos químicos, a radiação por eles emitida pode ser detectada. Pela absorção da energia das radiações (em forma de calor) células ou pequenos organismos podem ser destruídos. Essa propriedade, que normalmente é altamente inconveniente para os seres vivos, pode ser usada em seu benefício, quando empregada para destruir células ou microorganismos nocivos.

A propriedade de penetração das radiações possibilita identificar a presença de um radioisótopo em determinado local.



## TRAÇADORES RADIOATIVOS

As radiações emitidas por radioisótopos podem atravessar a matéria e, dependendo da energia que possuam, são detectadas (“percebidas”) onde estiverem, através de aparelhos apropriados, denominados **detectores de radiação**. Dessa forma, o deslocamento de um radioisótopo pode ser acompanhado e seu percurso ou “caminho” ser “traçado” num mapa do local. Por esse motivo, recebe o nome de **traçador radioativo**.

**Traçadores Radioativos** - Radioisótopos que, usados em “pequeníssimas” quantidades, podem ser “acompanhados” por detectores de radiação.

## MEDICINA NUCLEAR

A **Medicina Nuclear** é a área da medicina onde são utilizados os radioisótopos, tanto em diagnósticos como em terapias.

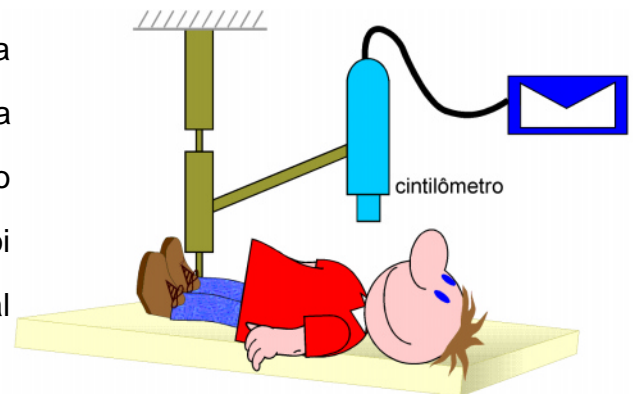
Radioisótopos administrados a pacientes passam a emitir suas radiações do lugar (no caso, órgão) onde têm preferência em ficar.

Um exemplo prático bem conhecido é o uso do **iodo-131 (I-131)**, que emite partícula beta, radiação gama e tem meia-vida de oito dias.

O elemento iodo, radioativo ou não, é absorvido pelo organismo humano preferencialmente pela glândula tireóide, onde se concentra. O funcionamento da tireóide influi muito no comportamento das pessoas e depende de como o iodo é por ela absorvido.

O fato de ser radioativo não tem qualquer influência no comportamento de um elemento químico em relação aos demais elementos.

Para diagnóstico de tireóide, o paciente ingere uma solução de iodo-131, que vai ser absorvido pela glândula. “Passando” um detector pela frente do pescoço do paciente, pode-se observar se o iodo foi muito ou pouco absorvido em relação ao normal (padrão) e como se distribui na glândula.

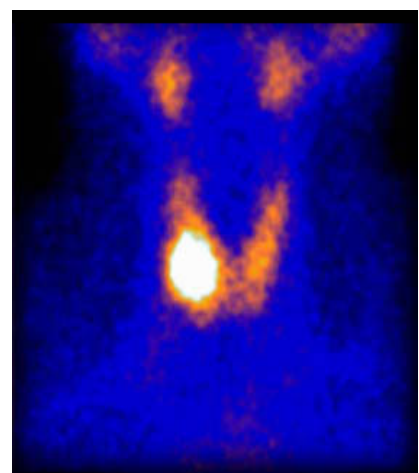


O detector é associado a um mecanismo que permite obter um “desenho” ou **mapeamento**, em preto e branco ou colorido, da tireóide.

Um diagnóstico, no caso um **radiodiagnóstico**, é feito por comparação com um **mapa padrão** de uma tireóide normal.

A mesma técnica é usada para mapeamento de fígado e de pulmão.

*Exemplo de radiodiagnóstico da tireóide, utilizando-se o Iodo-131. A área mais brilhante indica maior concentração do radioisótopo.*



## OS RADIOISÓTOPOS NA MEDICINA

Os radiofármacos usados em medicina no Brasil são, em grande parte, produzidos pelo Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN, da CNEN, em São Paulo.

O tecnécio-99 (Tc-99m) é utilizado, para obtenção de mapeamentos (cintilografia) de diversos órgãos:

- cintilografia renal, cerebral, hepato-biliar (fígado), pulmonar e óssea;
- diagnóstico do infarto agudo do miocárdio e em estudos circulatórios;
- cintilografia de placenta.



*Gerador de Tecnécio*

Outro radioisótopo, o Samário-153 (Sm-153), é aplicado (injetado) em pacientes com metástase óssea, como paliativo para a dor.

Esses produtos são distribuídos semanalmente pelo IPEN para os usuários.

## A RADIOTERAPIA

A radioterapia teve origem na aplicação do elemento **rádio** pelo casal Curie, para destruir células cancerosas, e foi inicialmente conhecida como “Curieterapia”. Posteriormente, outros radioisótopos passaram a ser usados, apresentando um maior rendimento.

O iodo-131 também pode ser usado em terapia para eliminar lesões, identificadas nos radiodiagnósticos da tireóide, aplicando-se, no caso, uma dose maior do que a usada nos diagnósticos.

O iodo radioativo apresenta as características ideais para aplicação em Medicina, tanto em diagnóstico como em terapia:

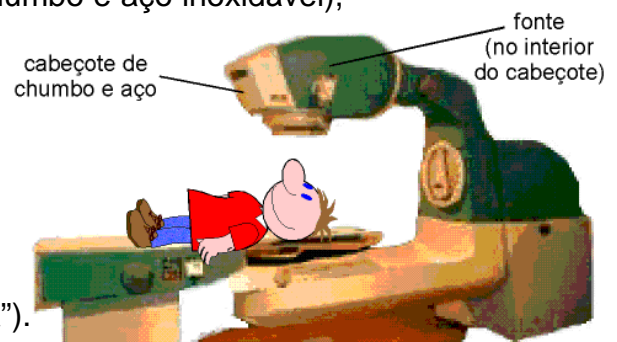
- tem meia-vida curta;
- é absorvido preferencialmente por um órgão (a tireóide);
- é eliminado rapidamente do organismo;
- a energia da radiação gama é baixa.

Fontes radiativas (= fontes de radiação) de césio-137 e cobalto-60 são usadas para destruir células de tumores, uma vez que estas são mais sensíveis à radiação do que os tecidos normais (sãos).

**Radioterapia** = tratamento com fontes de radiação.

Um dos aparelhos de radioterapia mais conhecidos é a **Bomba de Cobalto**, usada no tratamento contra o câncer, e que nada tem de “bomba” (não explode). Trata-se de uma fonte radiativa de cobalto-60 (Co-60), encapsulada ou “**selada**” (hermeticamente fechada) e blindada, para impedir a passagem de radiação. Até bem pouco tempo, para este fim, eram utilizadas fontes de césio-137, que foram substituídas pelas de cobalto-60, que, entre outras razões técnicas, apresentam maior rendimento terapêutico.

No momento da utilização, a fonte é deslocada de sua posição “segura”, dentro do **cabeçote de proteção** (feito de chumbo e aço inoxidável), para a frente de um orifício, que permite a passagem de um **feixe de radiação**, concentrado sobre a região a ser “tratada” ou **irradiada**. Após o uso, a fonte é recolhida para a posição de origem (“segura”).



Deve ficar bem claro que

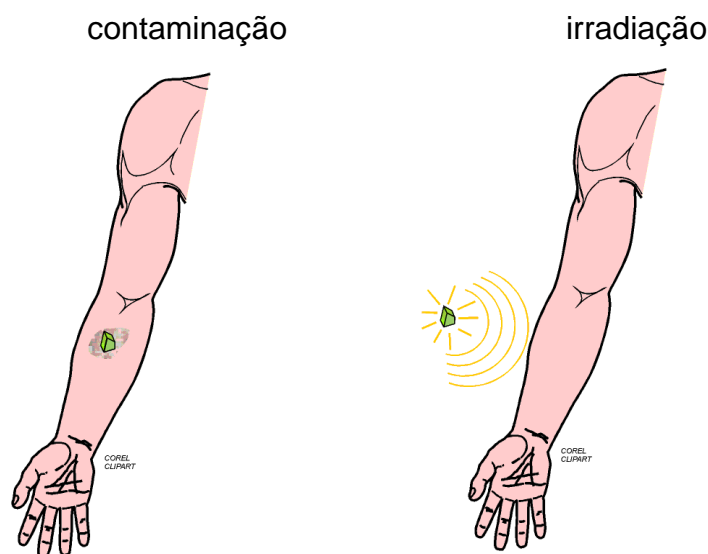
um objeto ou o próprio corpo, quando irradiado  
(exposto à radiação) por uma fonte radiativa,  
**NÃO FICA RADIOATIVO.**

É muito comum confundir-se **irradiação** com **contaminação**.

A **contaminação** se caracteriza pela **presença de um material indesejável em determinado local.**

A **irradiação** é a **exposição de um objeto ou de um corpo à radiação.**

Portanto, pode haver irradiação sem existir contaminação, ou seja, sem contato entre a fonte radiativa e o objeto ou corpo irradiado. No entanto, havendo contaminação radioativa (= presença de material radioativo), é claro que haverá irradiação do meio contaminado. Não se deve confundir o efeito (construtivo ou destrutivo) da radiação com o fato de tornar radioativo um material, só possível por outros processos (em Reatores Nucleares ou aceleradores de partículas).

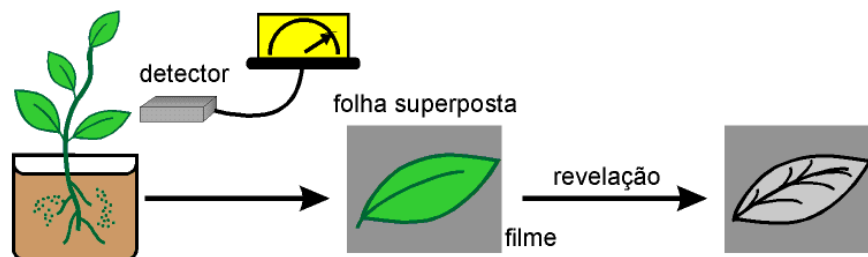




## APLICAÇÕES NA AGRICULTURA

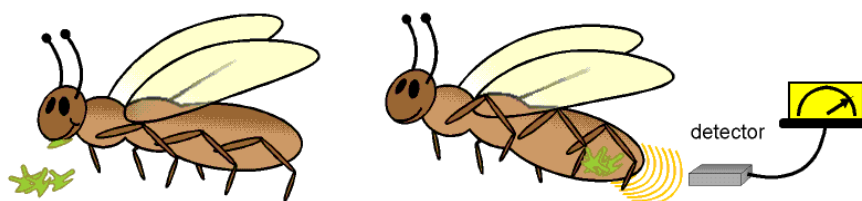
É possível acompanhar, com o uso de traçadores radioativos, o metabolismo das plantas, verificando o que elas precisam para crescer, o que é absorvido pelas raízes e pelas folhas e onde um determinado elemento químico fica retido.

Uma planta que absorveu um traçador radioativo pode, também, ser “radiografada”, permitindo localizar o radioisótopo. Para isso, basta colocar um filme, semelhante ao usado em radiografias e abreugrafias, sobre a região da planta durante alguns dias e revelá-lo. Obtém-se o que se chama de **auto-radiografia** da planta.

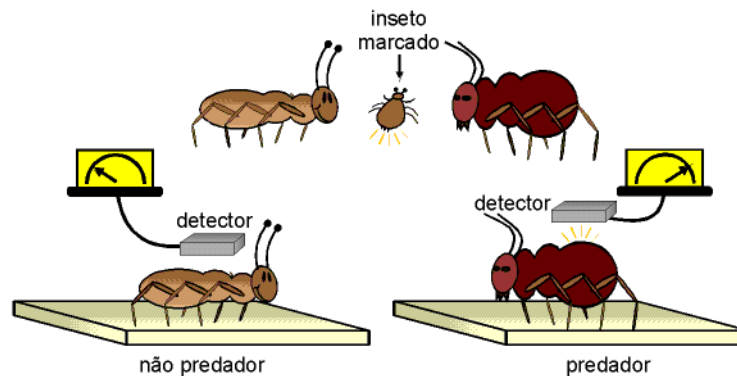


A técnica do uso de traçadores radioativos também possibilita o estudo do comportamento de insetos, como abelhas e formigas.

Ao ingerirem radioisótopos, os insetos ficam **marcados**, porque passam a “emitir radiação”, e seu “raio de ação” pode ser acompanhado. No caso de formigas, descobre-se onde fica o formigueiro e, no caso de abelhas, até as flores de sua preferência.



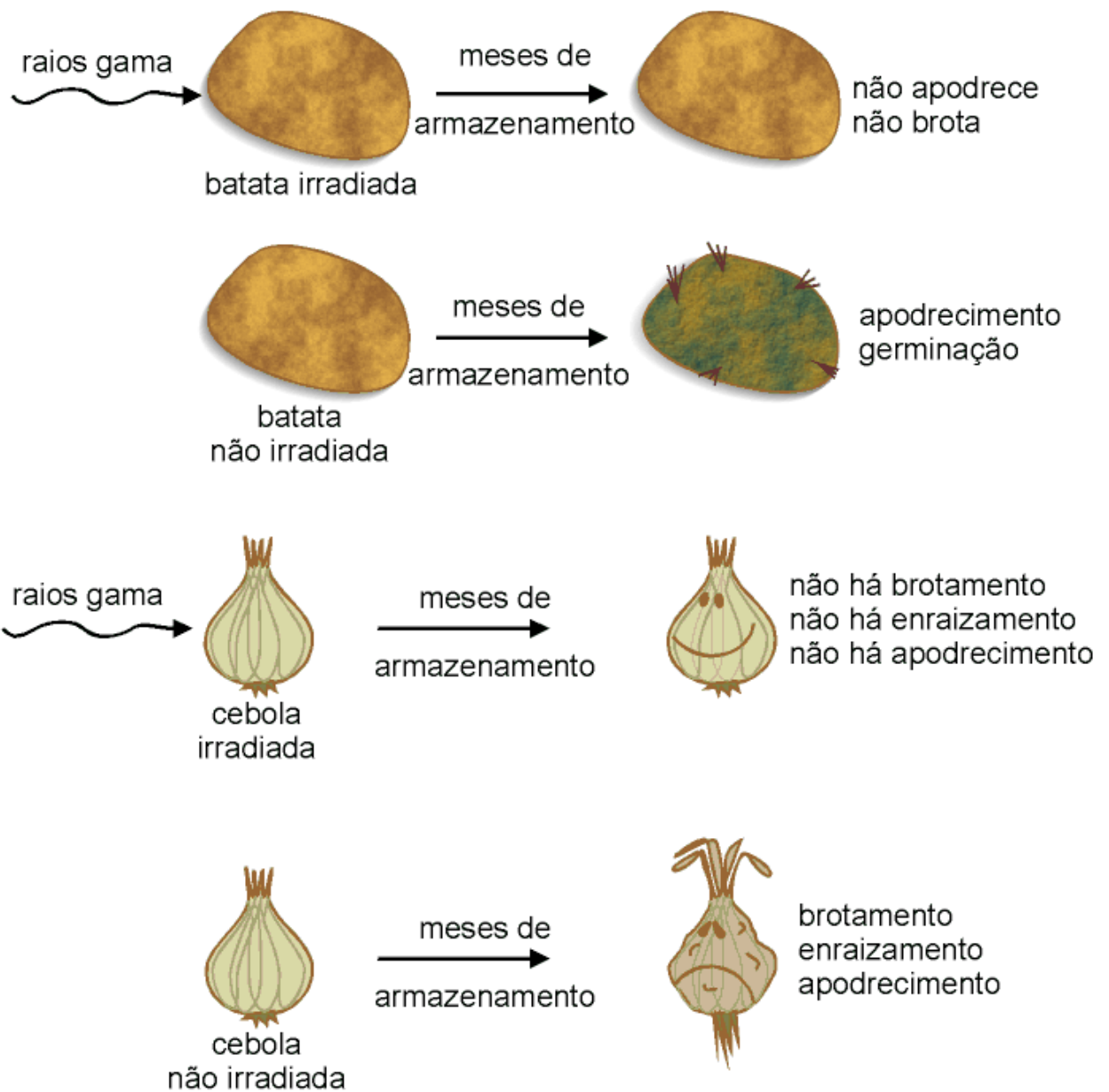
A “marcação” de insetos com radioisótopos também é muito útil para eliminação de pragas, identificando qual predador se alimenta de determinado inseto indesejável. Neste caso o predador é usado em vez de inseticidas nocivos à saúde.



Outra forma de eliminar pragas é esterilizar os respectivos “machos” por radiação gama e depois soltá-los no ambiente para competirem com os normais, reduzindo sua reprodução sucessivamente, até a eliminação da praga, sem qualquer poluição com produtos químicos.

Em defesa da alimentação e do meio ambiente, pode-se, também, determinar se um agrotóxico fica retido nos alimentos ou quanto vai para o solo, para a água e para a atmosfera.

Ainda no campo dos alimentos, uma aplicação importante é a irradiação para a conservação de produtos agrícolas, como batata, cebola, alho e feijão. Batatas irradiadas podem ser armazenadas por mais de um ano sem murcharem ou brotarem.



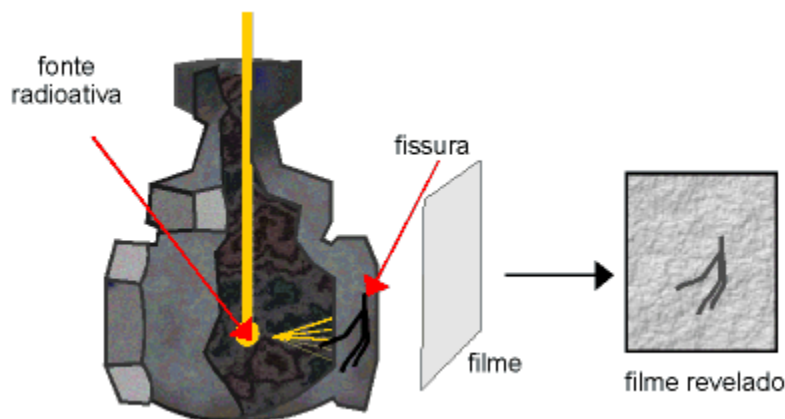
## APLICAÇÕES NA INDÚSTRIA

A aplicação de radioisótopos mais conhecida na indústria é a radiografia de peças metálicas ou gamagrafia industrial.

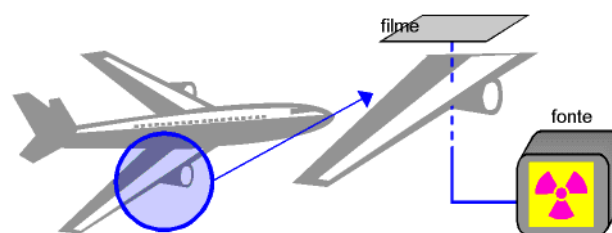
### Gamagrafia

Impressão de radiação gama em filme fotográfico.

Os fabricantes de válvulas usam a gamagrafia, na área de Controle da Qualidade, para verificar se há defeitos ou rachaduras no corpo das peças.

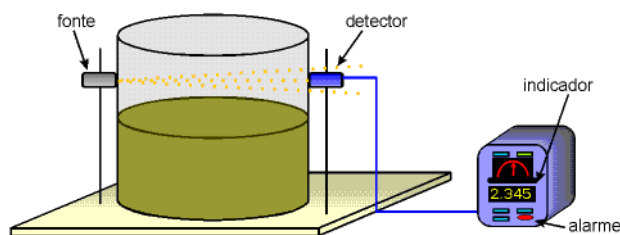


As empresas de aviação fazem inspeções freqüentes nos aviões, para verificar se há “fadiga” nas partes metálicas e soldas essenciais sujeitas a maior esforço (por exemplo, nas asas e nas turbinas) usando a gamagrafia.



Para ter-se indicação de nível de um líquido em um tanque, coloca-se uma fonte radiativa em um dos lados e, no lado oposto, um detector ligado a um dispositivo (aparelho) de indicação ou de medição.

Quando o líquido alcança a altura da fonte, a maior parte da radiação emitida pela fonte é absorvida por ele e deixa de chegar ao detector, significando que o líquido atingiu aquele nível. O mesmo artifício serve para indicar um nível mínimo de líquido desejado em um tanque. Nesse caso, a fonte e o detector devem ser colocados na posição adequada e, quando o líquido atingir esse ponto, deixará de absorver a radiação, que chegará ao detector com maior intensidade.



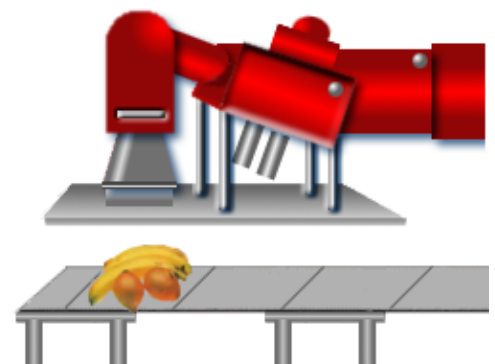
Em geral, acrescenta-se um sistema de alarme, para soar ao ser atingido esse nível. No caso de indicação de nível máximo ocorrerá o contrário, isto é, a radiação chegará ao detector com menor intensidade.

A Indústria Farmacêutica utiliza fontes radioativas de grande porte para esterilizar seringas, luvas cirúrgicas, gaze e material farmacêutico descartável, em geral. Seria praticamente impossível esterilizar, pelos métodos convencionais que necessitam de altas temperaturas, tais materiais, que se deformariam ou se danificariam de tal forma que não poderiam ser mais utilizados.

*Exemplos de produtos  
esterilizados  
através da irradiação*



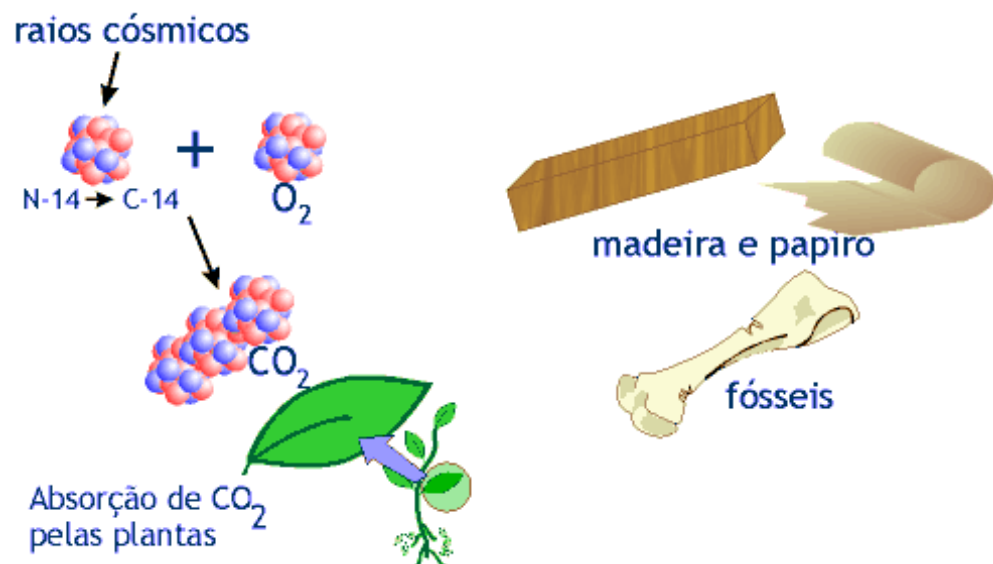
*Os alimentos a  
serem irradiados  
passam por uma  
esteira sob o  
irradiador*



## DATAÇÃO POR CARBONO-14

O C-14 resulta da absorção contínua dos nêutrons dos raios cósmicos pelos átomos de nitrogênio nas altas camadas da atmosfera.

Esse isótopo radioativo do carbono se combina com o oxigênio, formando o CO<sub>2</sub>, que é absorvido pelas plantas.



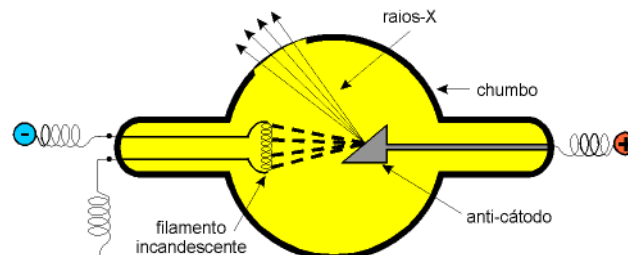
Fósseis de madeira, papiros e animais contêm C-14, cuja meia-vida é de 5.600 anos. Isso significa que, a cada 5.600 anos, a atividade do C-14 é reduzida à metade. Medindo-se a proporção de C-14 que ainda existe nesses materiais é possível saber a “idade” deles. Foi assim, por exemplo, que se determinou a idade dos Pergaminhos do Mar Morto.

## OS RAIOS-X

Os raios-X são radiações da mesma natureza da radiação gama (ondas eletromagnéticas), com características idênticas. Só diferem da radiação gama pela origem, ou seja, os raios-X não saem do núcleo do átomo.

**Raios-X não são energia nuclear**

Os raios-X são emitidos quando elétrons, acelerados por alta voltagem, são lançados contra átomos e sofrem frenagem, perdendo energia. Não têm, pois, origem no núcleo do átomo



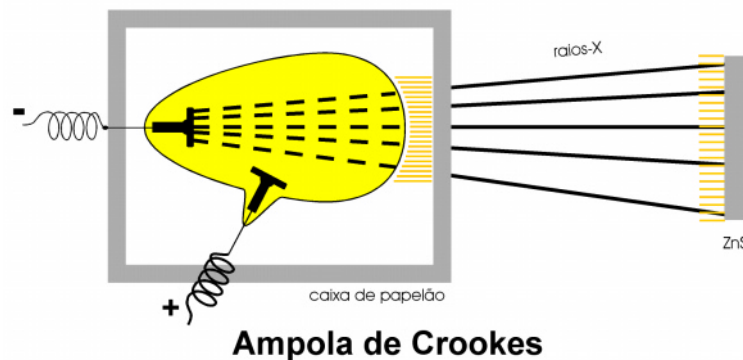
**Raios-X são energia atômica**

Toda energia nuclear é atômica, porque o núcleo pertence ao átomo, mas nem toda energia atômica é nuclear.

Outro exemplo de energia atômica e não nuclear é a energia das reações químicas (liberadas ou absorvidas).

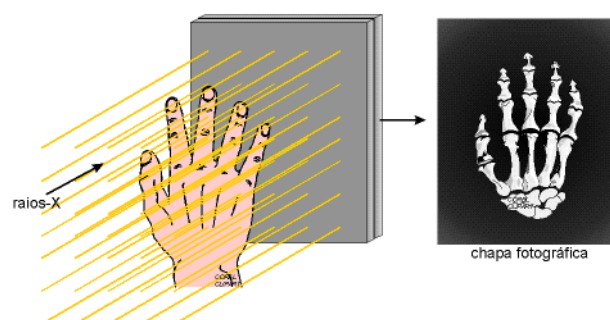
## A DESCOBERTA DOS RAIOS-X

O físico alemão Roentgen (pronúncia portuguesa: rêntgüen) observou que saíam raios misteriosos de uma ampola de Crookes (físico inglês), capazes de atravessar folhas de papelão. Por isso, ele os chamou de raios “X” .



A ampola de Edison, que ficou conhecida como lâmpada incandescente, depois de aperfeiçoada, deu origem à ampola de Crookes, usada por Roentgen. Atualmente, a ampola mais famosa é o tubo de televisão.

A descoberta de Roentgen permitiu “fotografar” o interior de muitos objetos e o corpo humano, opacos à luz mas transparentes aos raios-X.



Quando se eleva a voltagem de alimentação da ampola ou “tubo” de raios-X, eles se tornam mais penetrantes.

As primeiras aplicações dos aparelhos de raios-X ocorreram na Medicina, para diagnóstico de fraturas ósseas e, logo após, na Odontologia, para diagnóstico de canais dentários.



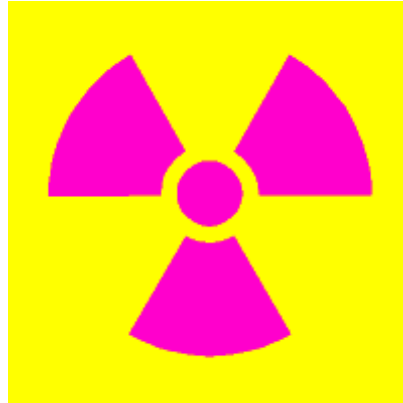


Foram desenvolvidos aparelhos mais potentes para uso em radiografia industrial (semelhante à gamagrafia). As principais desvantagens de tais aparelhos, para a indústria, são as seguintes:

- as peças têm que ser levadas até eles, uma vez que é impraticável deslocar os aparelhos (de grande porte) e acessórios;
- depende de fonte de alimentação (energia elétrica);
- têm limitações, impostas pela forma das peças a serem radiografadas.

**Os aparelhos de Raios-X não são radioativos.  
Só emitem radiação quando estão ligados , isto é,  
em operação.**

Em relação ao ser humano, os raios-X requerem os mesmos cuidados que a radiação gama e, por isso, não podem ser usados indiscriminadamente.



Símbolo da presença de radiação\*.  
Deve ser respeitado, e não temido.

*\* Trata-se da presença de radiação acima dos valores encontrados no meio ambiente, uma vez que a radiação está presente em qualquer lugar do planeta.*