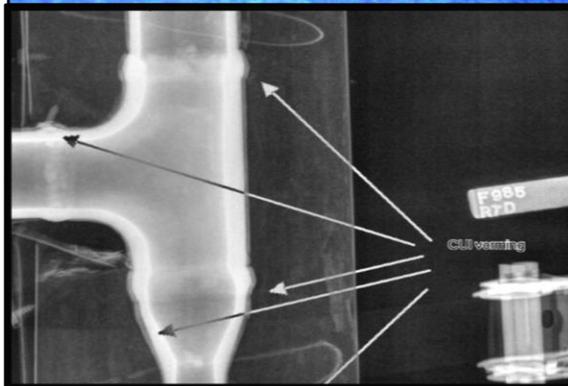
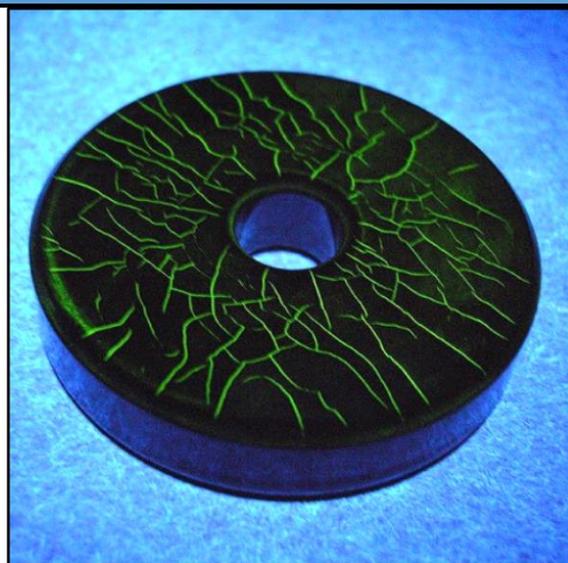


# LOM 3084 –INSPEÇÃO E ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS



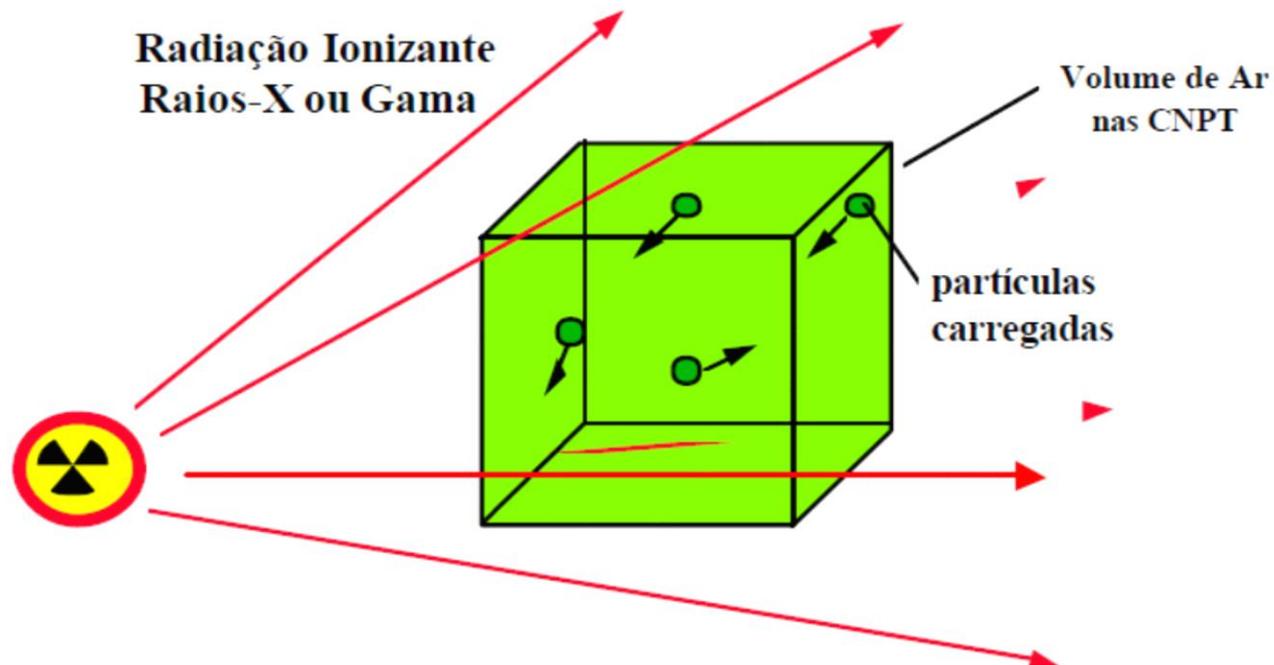
**Prof.Dr. Cassius Olivio F. T. Ruchert**

## REFERÊNCIAS:

- **APOSTILAS-ABENDE-RICARDO ANDREUCCI;**
- **APOSTILAS DO CURSO DE SR-CETRE;**
- **METALS HANDBOOK, VOL.17;**
- **MATERIAL DA GE INPECTION TECHNOLOGIES.**

**DOSE**

**Prof.Dr. Cassius Olivio F. T. Ruchert**



A unidade antiga de exposição era o Roentgen \* ( R ) ,  
usada para radiação X ou Gama , no ar , e valia:

$$R = 2,58 \times 10^{-4} \text{ C/kg.}$$

## Taxa de Exposição

A unidade antiga de taxa de exposição era o R/h , usada para radiação X ou Gama no ar , e valia:

$$1\text{R/h} = 258 \mu\text{C/kg.h}$$

## Dose Absorvida:

$$1 \text{ J / kg} = 1 \text{ Gray (Gy)}$$

Nas unidades antigas a dose era medida em rads , que valia:

$$1 \text{ rad} = 100 \text{ ergs/g} \text{ ou seja } 1 \text{ Gy} = 100 \text{ rads}$$

*dose equivalente “H”*

unidade de dose equivalente é o **Sievert (Sv)** = 1 Joule / kg

$$H = D \times Q \times N$$

- "Q" que pode variar de 1 a 20 (P/R-X e  $\gamma = 1$ );
- "N" é igual a 1.

Nas unidades antigas a dose equivalente era medida em Rem \*  
e valia: 1 Rem\* = 100 ergs/g ou seja 1 Sv = 100 Rem .

$$1 \text{ mSv} = 100 \text{ mRem}$$

$$1 \text{ nSv} = 0,1 \text{ } \mu\text{Rem}$$

$$1 \text{ } \mu\text{Sv} = 0,1 \text{ mRem}$$

\* Rem corresponde à abreviação de “Roentgen Equivalent Man “ ou seja os efeitos da exposição quando liberada no homem

**Taxa de Dose Equivalente**

**Sv / h**

Fatores de Ponderação “Q”

<u>Radiação Interna ou Externa</u>	<u>Fator Q</u>
Para Raios X , Gama e elétrons .....	1
Neutrons, Prótons, partículas de resto de massa maior que uma unidade de massa atômica de energia desconhecida ....	10
Partículas $\alpha$ e múltiplas partículas carregadas com energia desconhecida .....	20

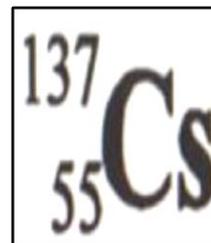
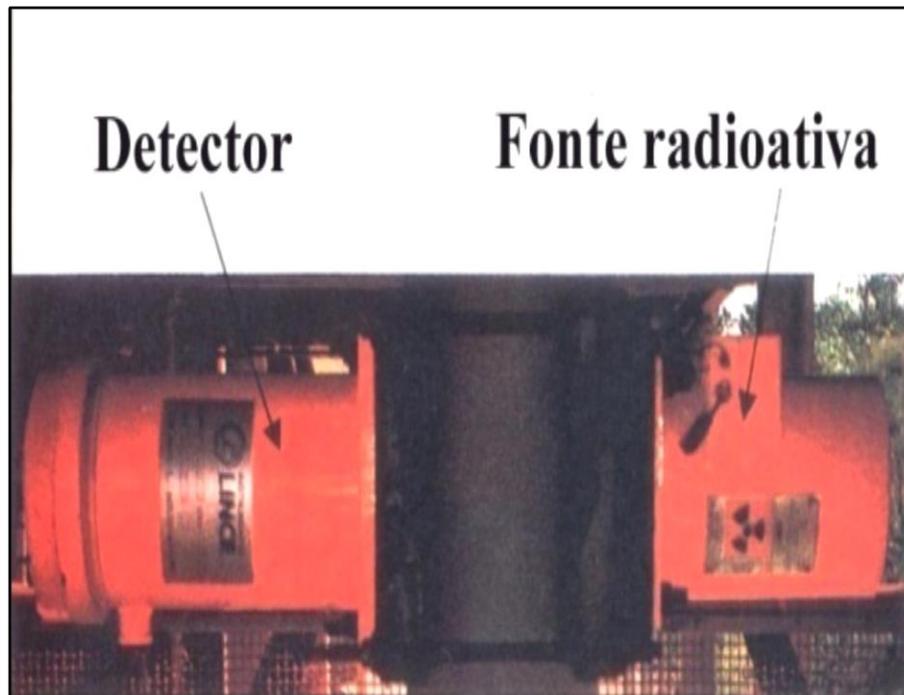
**Prof.Dr. Cassius Olivio F. T. Ruchert**

# APLICAÇÃO DAS RADIAÇÕES

**Prof.Dr. Cassius Olivio F. T. Ruchert**

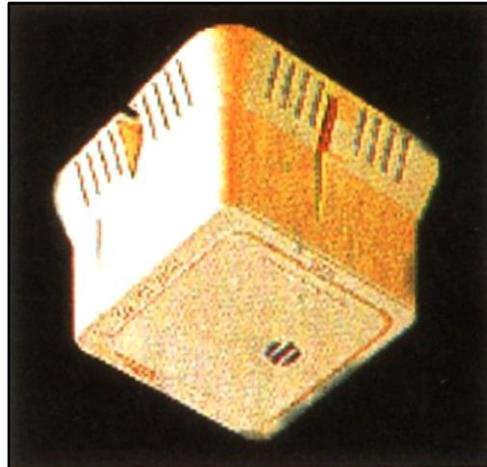
# ALÉM DA APLICAÇÃO EM RADIOGRAFIA OU GAMAGRAFIA





**Medidor de Densidade**

**Prof.Dr. Cassius Olivio F. T. Ruchert**



241  
95Am

**Detector de Fumaça**

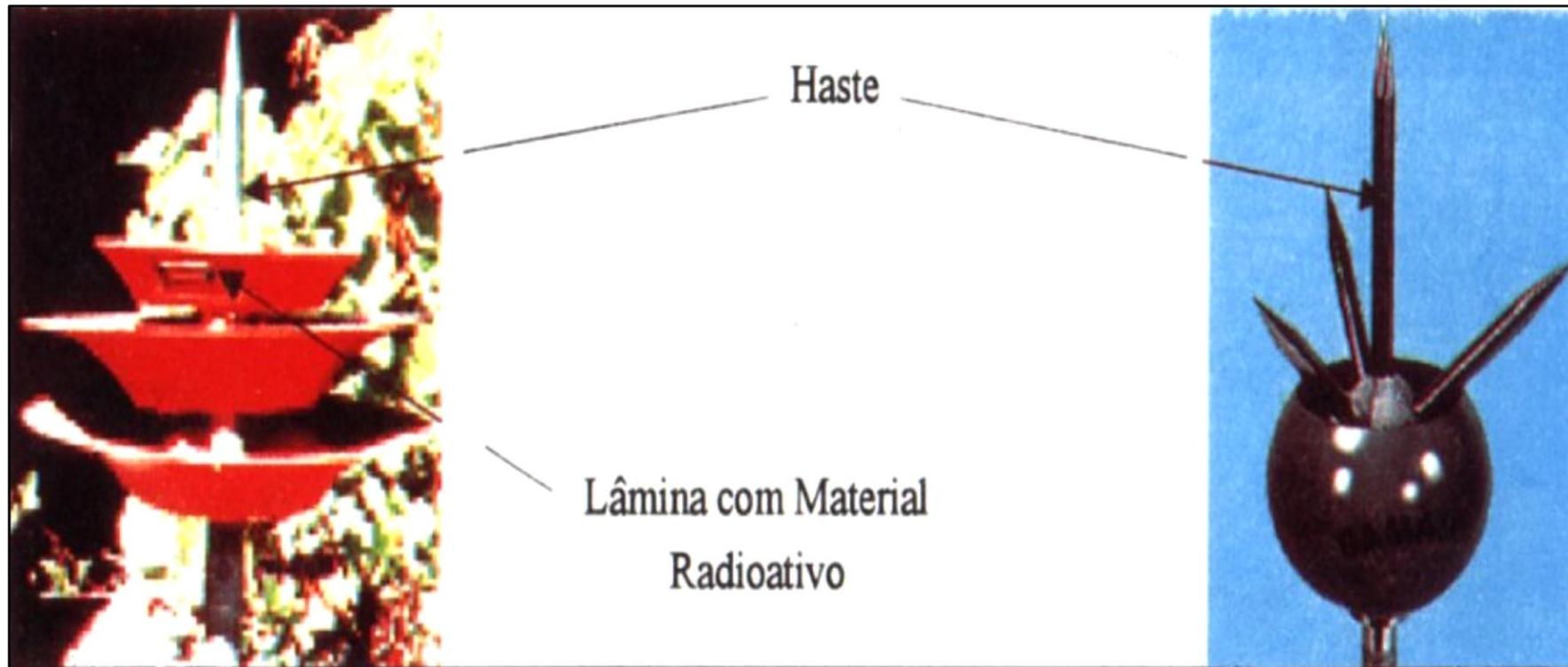
**Prof.Dr. Cassius Olivio F. T. Ruchert**



**Medidores de Nível**

**Prof.Dr. Cassius Olivio F. T. Ruchert**



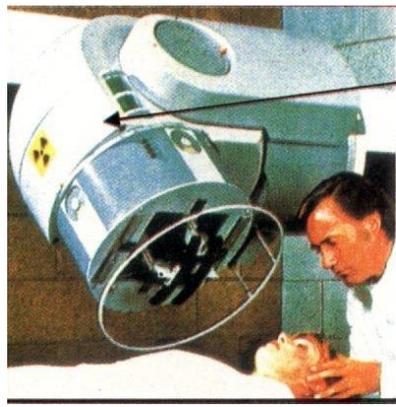


**Prof.Dr. Cassius Olivio F. T. Ruchert**



$^{125}_{53}\text{I}$

Densitometria Óssea



Cabeçote

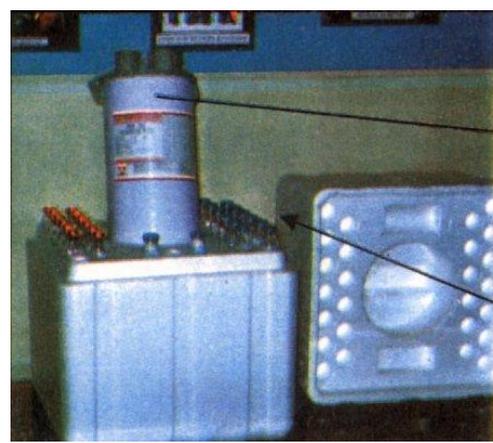
$^{60}_{27}\text{Co}$

Radioterapia



Diagnóstico/Produção  
Tecnécio

$^{99m}_{43}\text{Tc}$  -  $^{99}_{42}\text{Mo}$



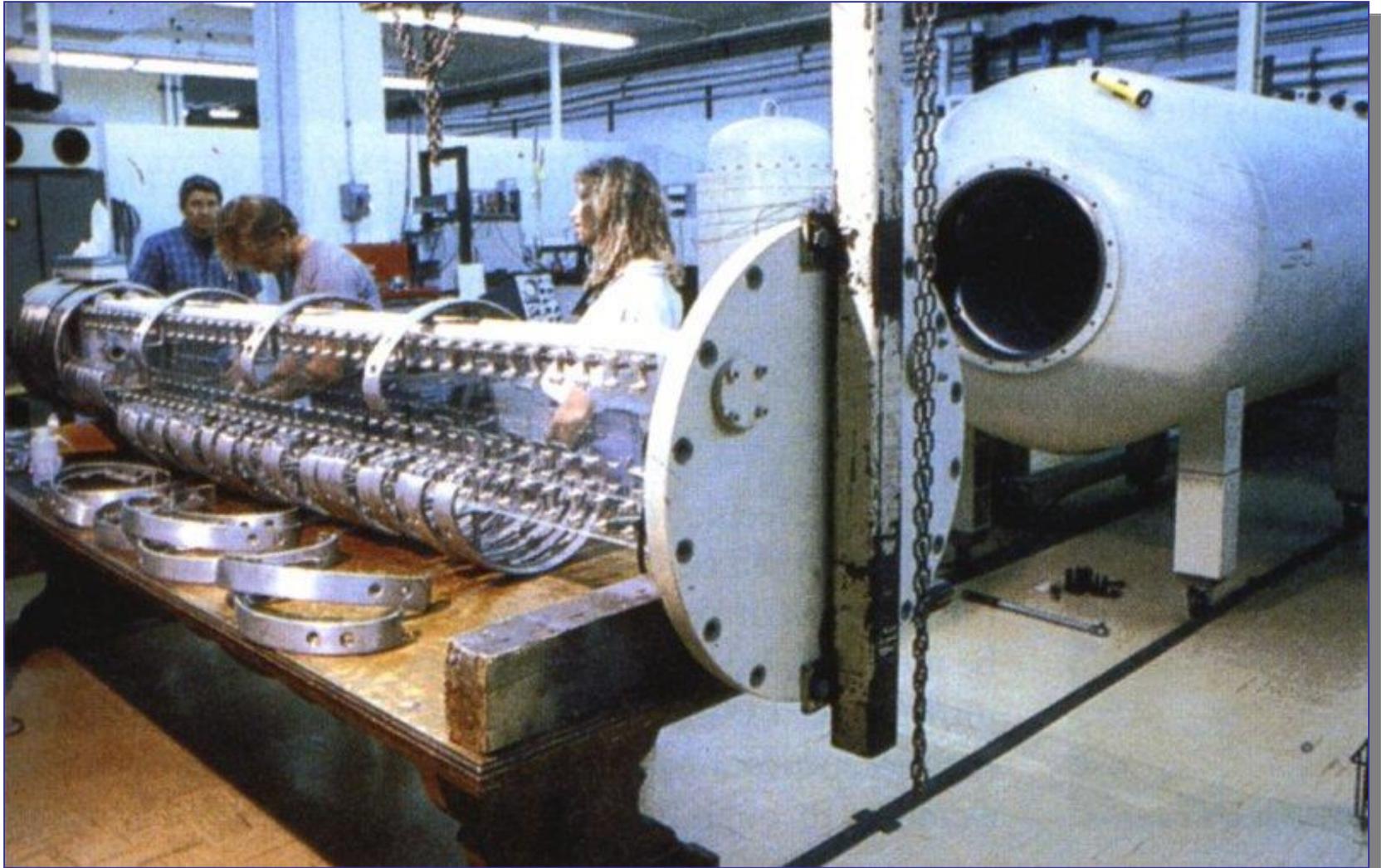
Gerador de Tecnécio

Kit Completo



Detalhe: Corte Transversal do Gerador

# Nucleocronologia por carbono -14



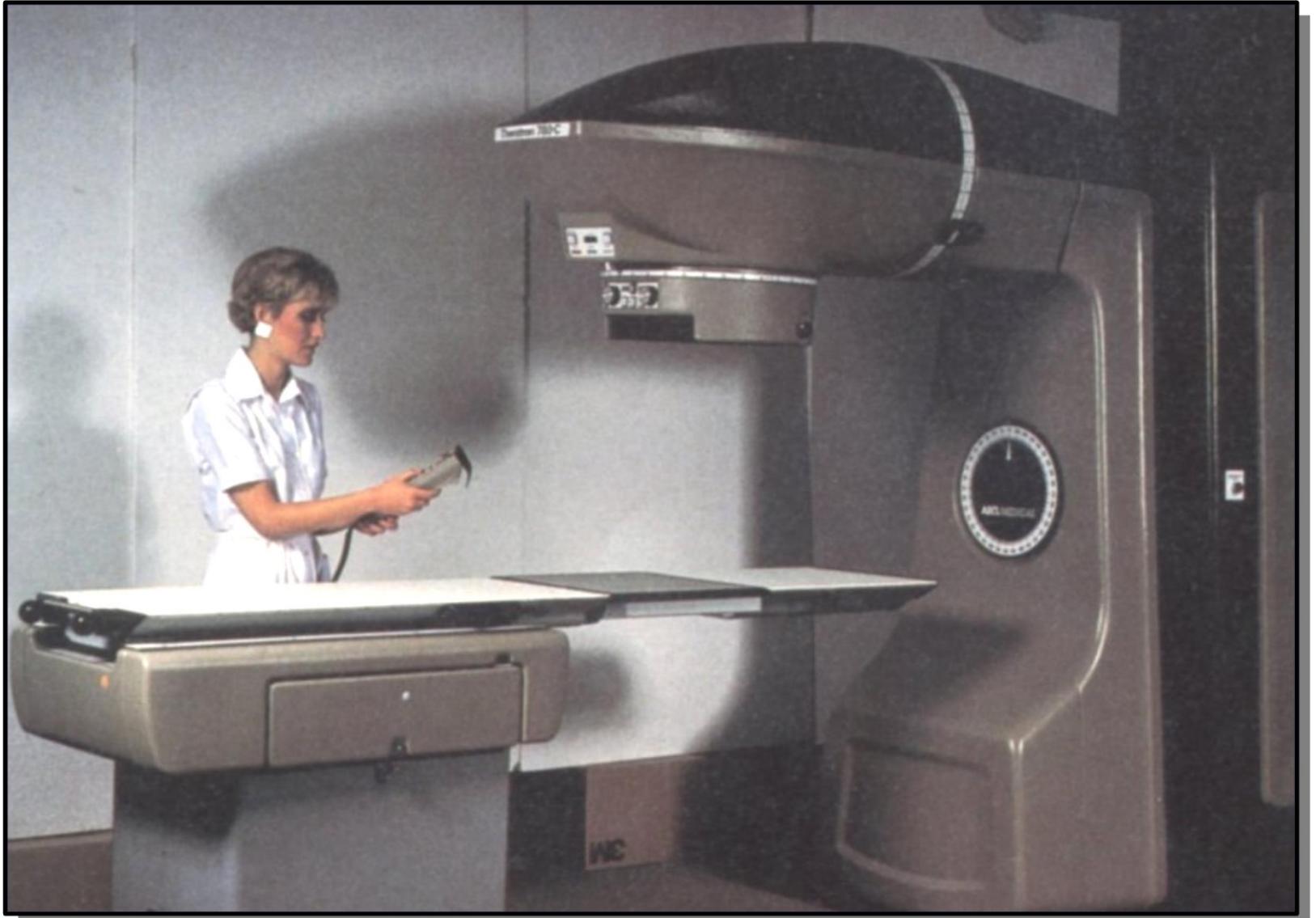
# Produção de radiofármacos



# Produção de radiofármacos

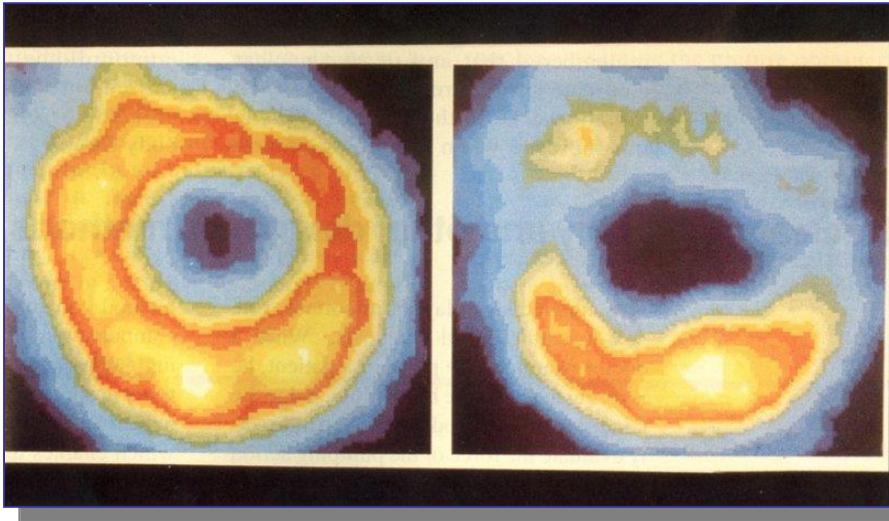


# Radioterapia

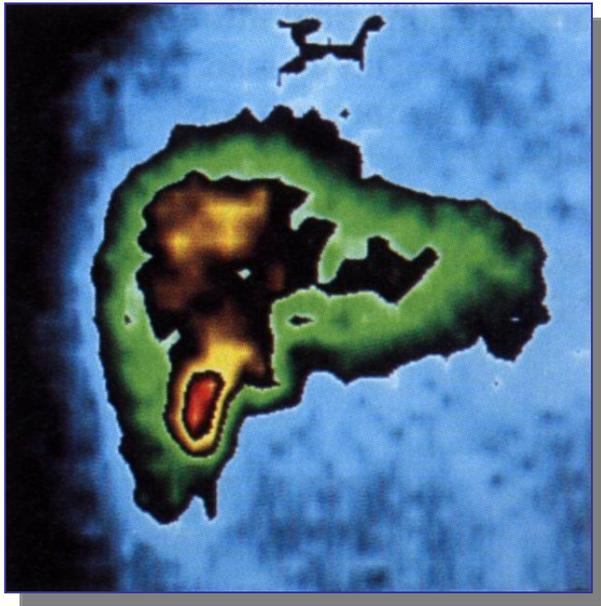


# Tomografia positrônica



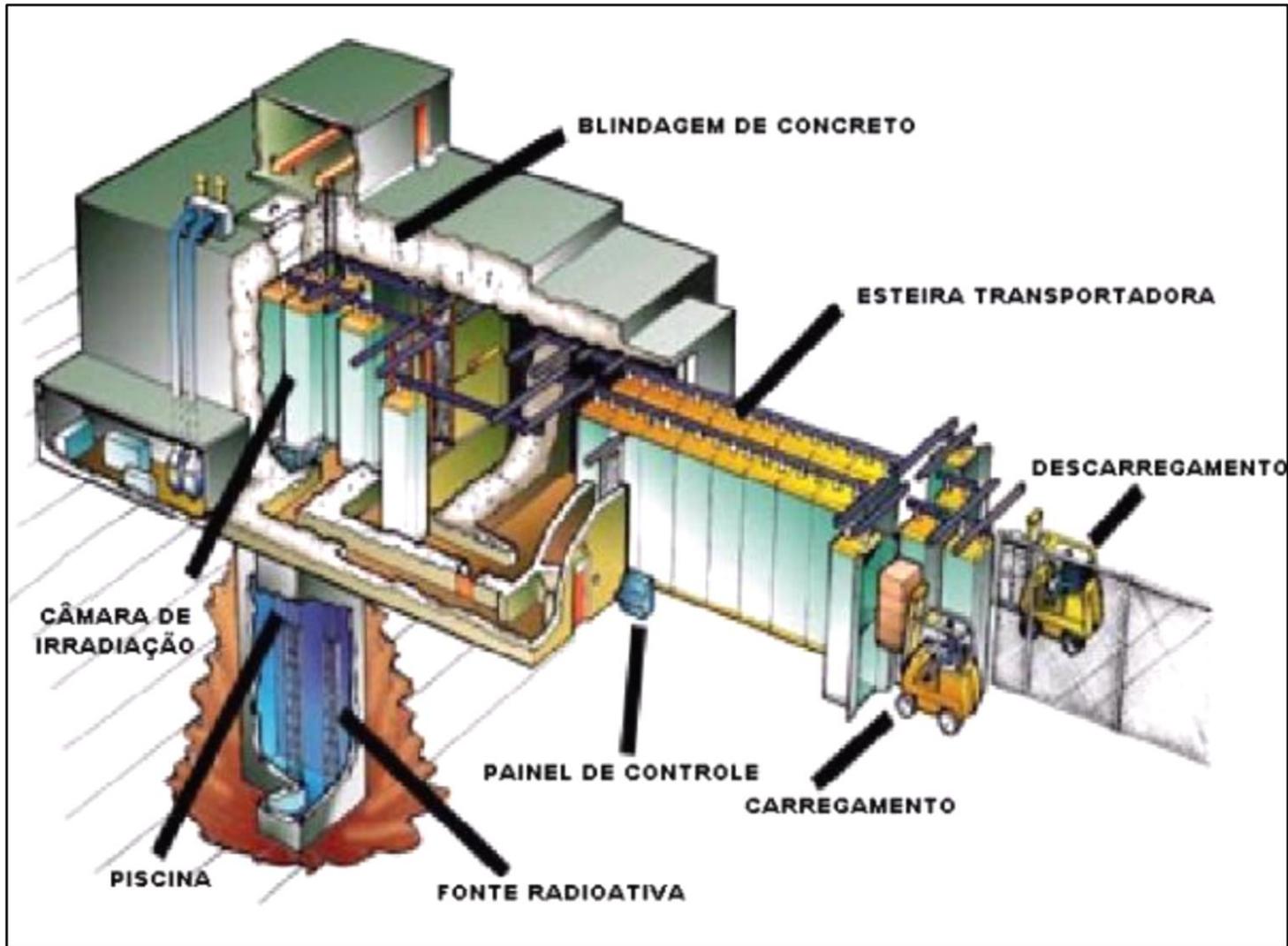


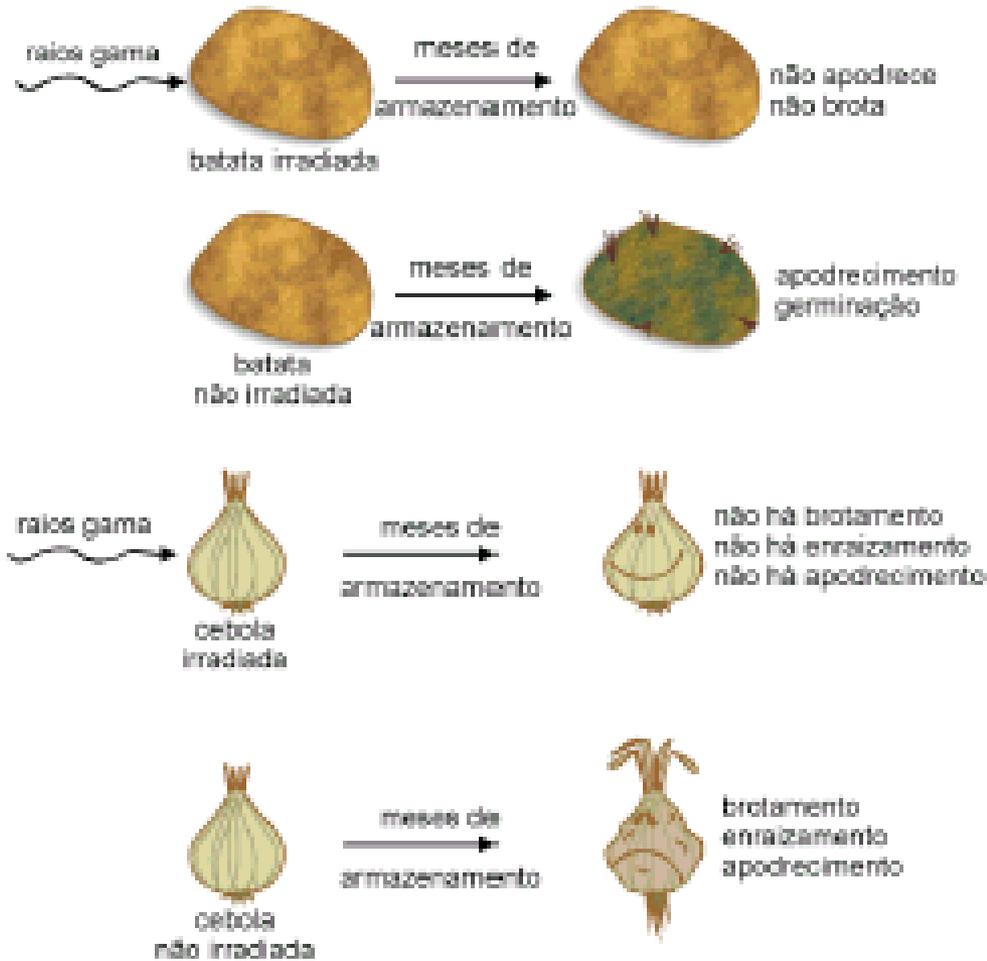
**Imagem de coração em tomografia de pósitron**



**Escaniamento de iodin-123**

# Irradiação de alimentos





Fonte: Apostila “Aplicações da Energia Nuclear”, Comissão Nacional de Energia Nuclear.

# DETECÇÃO DA RADIAÇÃO

**Prof.Dr. Cassius Olivio F. T. Ruchert**



CIRCUIT CHECK  
10X  
1X  
1/2X  
1/10X

O.G.D. ITEM NO. CDV-717  
MODEL NO. 1 SER. NO. 200198  
THE VICTOREEN INSTRUMENT CO.  
CLEVELAND, OHIO

RADIUM METER

US-CF-C



Detetor Geiger Muller digital, atua numa faixa de energia de 40 keV até 3 MeV com precisão de  $\pm 20\%$ , possui escalas automáticas de 1  $\mu\text{Sv/h}$  até 9,99 mSv/h , com peso de 500 gramas

**Prof.Dr. Cassius Olivio F. T. Ruchert**

# Medindo a Radioatividade

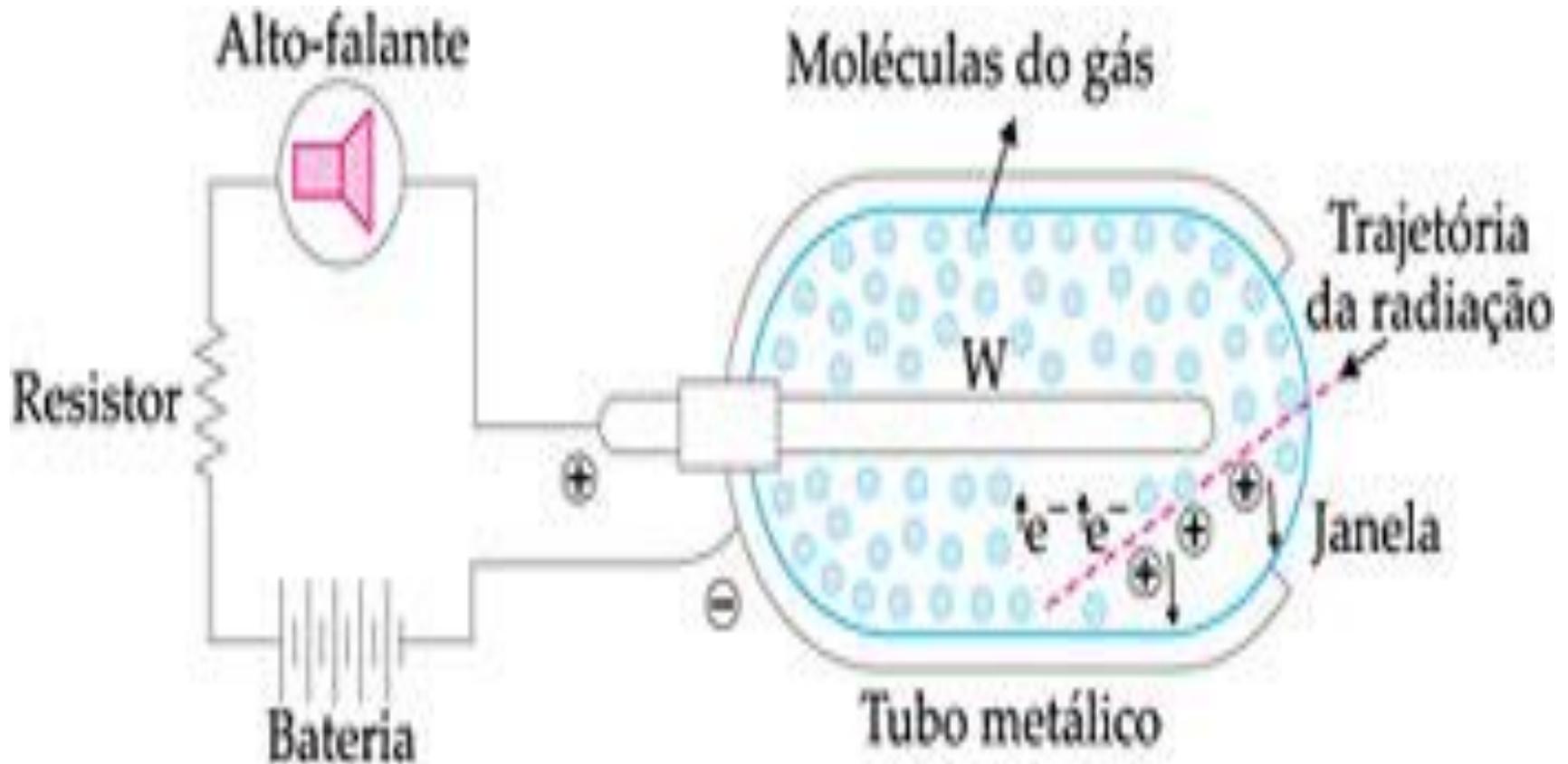
---



**A radiação entra no tubo e produz ionização das moléculas gasosas, gerando uma corrente elétrica, cuja intensidade é registrada.**

**Contador de Geiger-Müller**

# Medindo a Radioatividade



**Contador de Geiger-Müller**

# Medidas das Radiações Nucleares

Uso da ionização e excitação produzida pela radiação nos gases, líquidos ou sólidos.

Contador: detector de radiação(responde à chegada da partícula) + sistema eletrônico (converte a resposta do detector num sinal elétrico)

Tipos de detectores:

.

1. Emulsão Fotográfica: + antiga, H. Becquerel

A radiação aumenta a sensibilidade dos haletos de prata.

2. Detectores baseados na ionização de gases

- Câmara de ionização
- Contador proporcional
- Contador Geiger Muller

**3. Detectores baseados na excitação de cristais ou detectores de cintilação**

**Nal(Tl); ZnS; Antraceno**

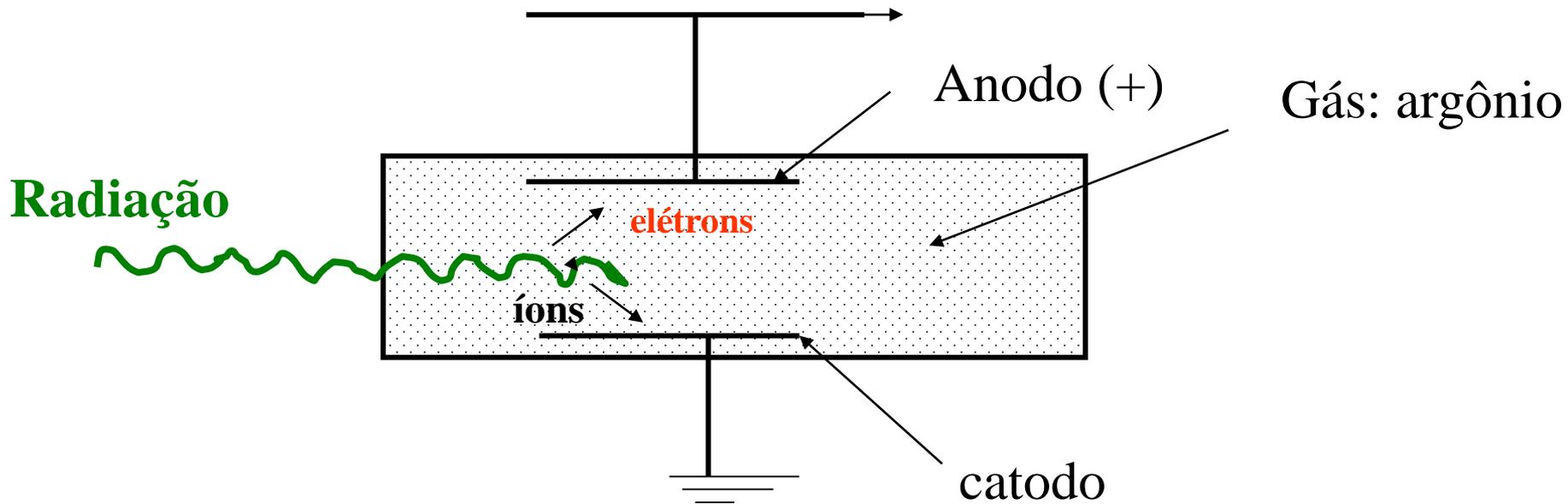
**4. Detectores semicondutores ou detectores do estado sólido**

**Ge(Li) ; Ge hiperpuro**

**Detectores de barreira de superfície ( Partícula alfa)**

**5. Detectores para nêutrons :BF<sub>3</sub>**

## Câmara de Ionização - Princípio



A interação das partículas ou da radiação com o gás provoca a formação de pares de íons ( ionização) e os elétrons e os íons são atraídos para eletrodos opostos de sinal oposto.

Produção de corrente elétrica que depende do número de pares de íons ( tipo e intensidade da fonte de radiação)

## **Contador de cintilação**

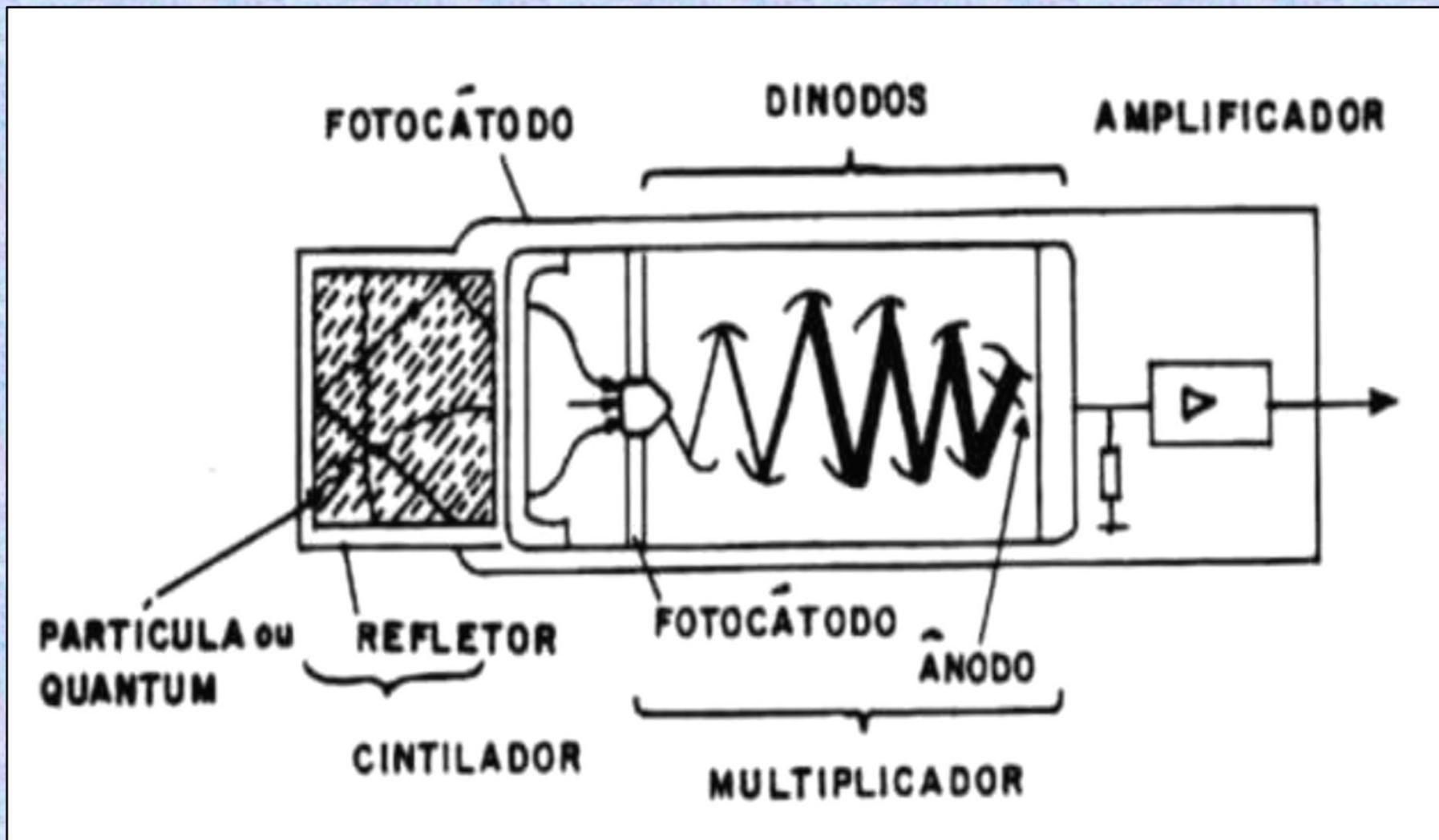
**Baseia se na propriedade de certas substâncias de transformar a energia da radiação incidente em quanta de luz ( Luminescência).**

**Os quanta de luz , por sua vez, ao incidir no fotocatodo vão liberar elétrons que vão produzir elétrons secundários até um fator de multiplicação de  $10^5$  a  $10^7$ .**

**Uso de cristais inorgânicos com propriedade de luminescência**

**Possibilidade de medir o número e energia das partículas**

**Cintiladores: substancias orgânicas (antraceno, estilbeno) e inorgânicas ( NaI(Tl), ZnS ( Ag), CsI(Tl) ).**



Representação esquemática de um detector cintilador

# Detectores apropriados para cada tipo de radiação

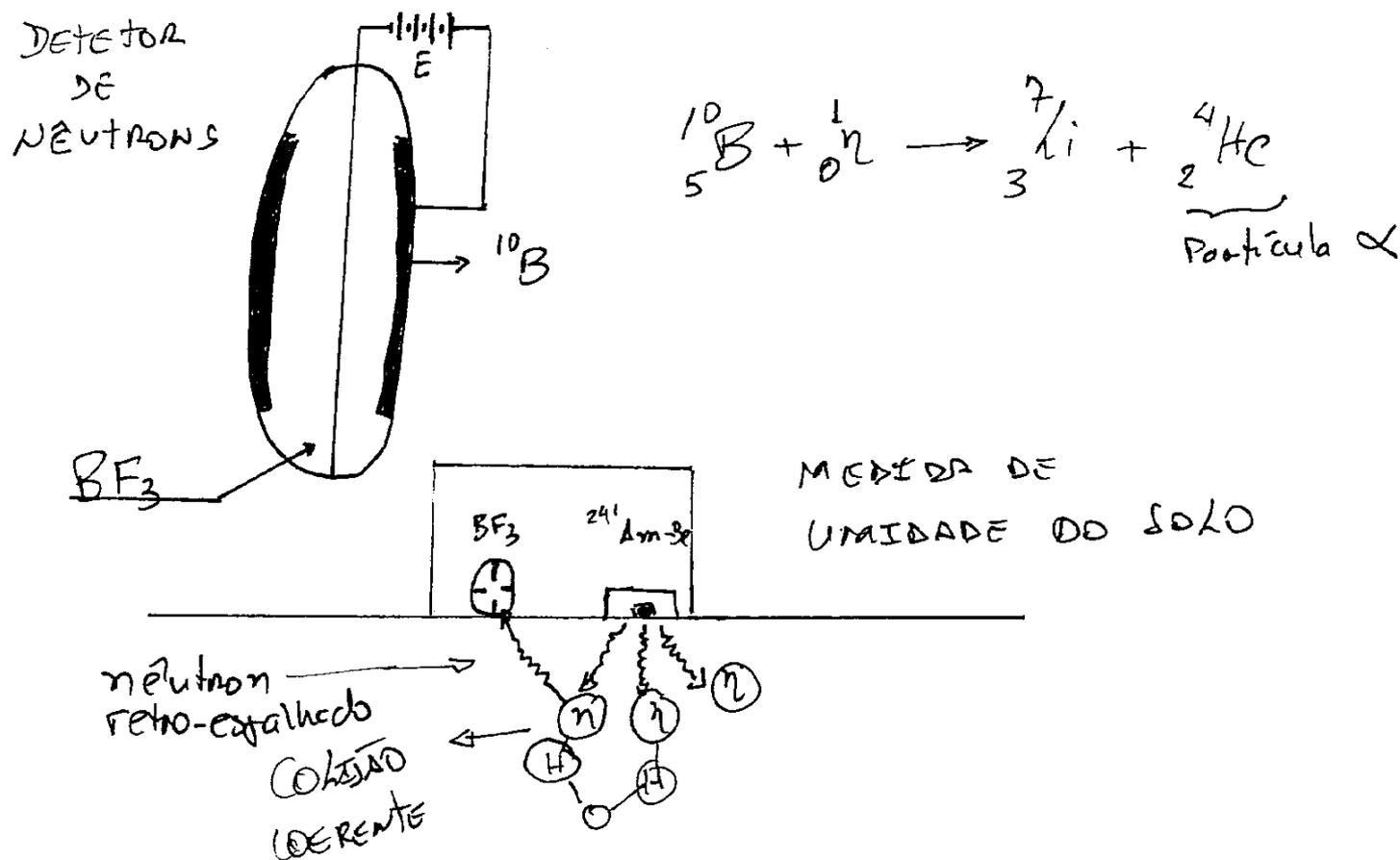
Tipo de radiação	Câmara de ionização	Contador proporcional	Contador Geiger Muller	Cintilador	Cristal Semicondutor
$\alpha$	Apropriado	Muito Aprop.	Não Aprop	Apropriado (Cintilador líquido)	Apropriado
$\beta$ de $E > 1$ MeV	Não Aprop.	Apropriado	Muito Aprop.	Apropriado (Cristal orgânico)	Não Aprop
$\beta$ de $E < 0,5$ MeV	Não Aprop.	Apropriado	Não Aprop	Muito Aprop. (Cintilador Orgânico)	Não Aprop
$\gamma$ de $E > 0,1$ MeV	Não Aprop.	Não Aprop	Não Aprop	Muito Aprop.	Muito Aprop.
$\gamma$ de $E < 0,1$ MeV	Não Aprop.	Não Aprop	Apropriado (Tubo Cont Raios X)	Apropriado	Muito Aprop.

# Medidores Nucleares

- São dispositivos que usam fontes de radiação associadas a um detector, numa geometria tal que permite por atenuação ou espalhamento da radiação, saber se o material medido está ou não presente no nível pré-estabelecido;
- São constituídos de uma fonte e um detector;
- Existem muitos tipos de medidores e muitas aplicações.

## MEDIDOR NUCLEAR DE UMIDADE DO SOLO

Transmutação: um elemento se transforma em outro pela captura de um nêutron .Ex: O Boro(A=10) captura um nêutron térmico(E=0,025eV),emite uma partícula alfa, e se transforma em Lítio(A=7)



# Medidor de Nível

- Para materiais de grande espessura e dimensões, utiliza-se fontes de maior atividade e radiação gama com maior energia. Por exemplo, Ra-226, Co-60, Cs-137, com atividade entre 1 a 5 Curies, para silos e depósitos;
- Para materiais de baixa densidade e pequenas dimensões, como medidores de nível de latas, espessuras de papel, pesagem de cigarros, detectores de fumaça, utiliza-se o Am-241 e o Sr-90, com atividades entre 100 a 300 mCi, e as radiações gama de baixa energia, beta de alta energia ou alfa;
- Os riscos de acidentes são reduzidos devido à baixa atividade das fontes e os arranjos mecânicos de construção. Entretanto, não se pode ser negligente com fontes com atividade da ordem de Curie;
- **No distribuidor (“Tandish”) do lingotamento contínuo é utilizado medidor de nível de Co-60.**



**FIM**

**Prof.Dr. Cassius Olivio F. T. Ruchert**