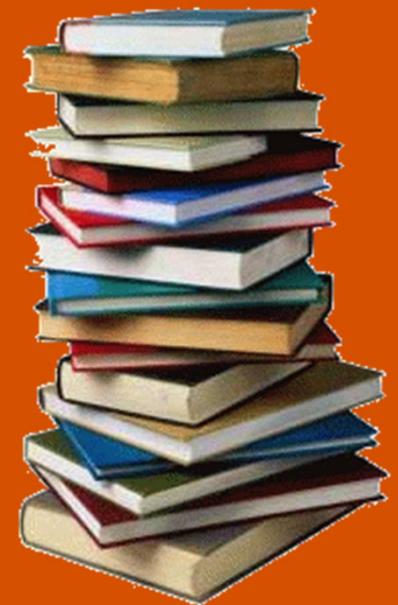
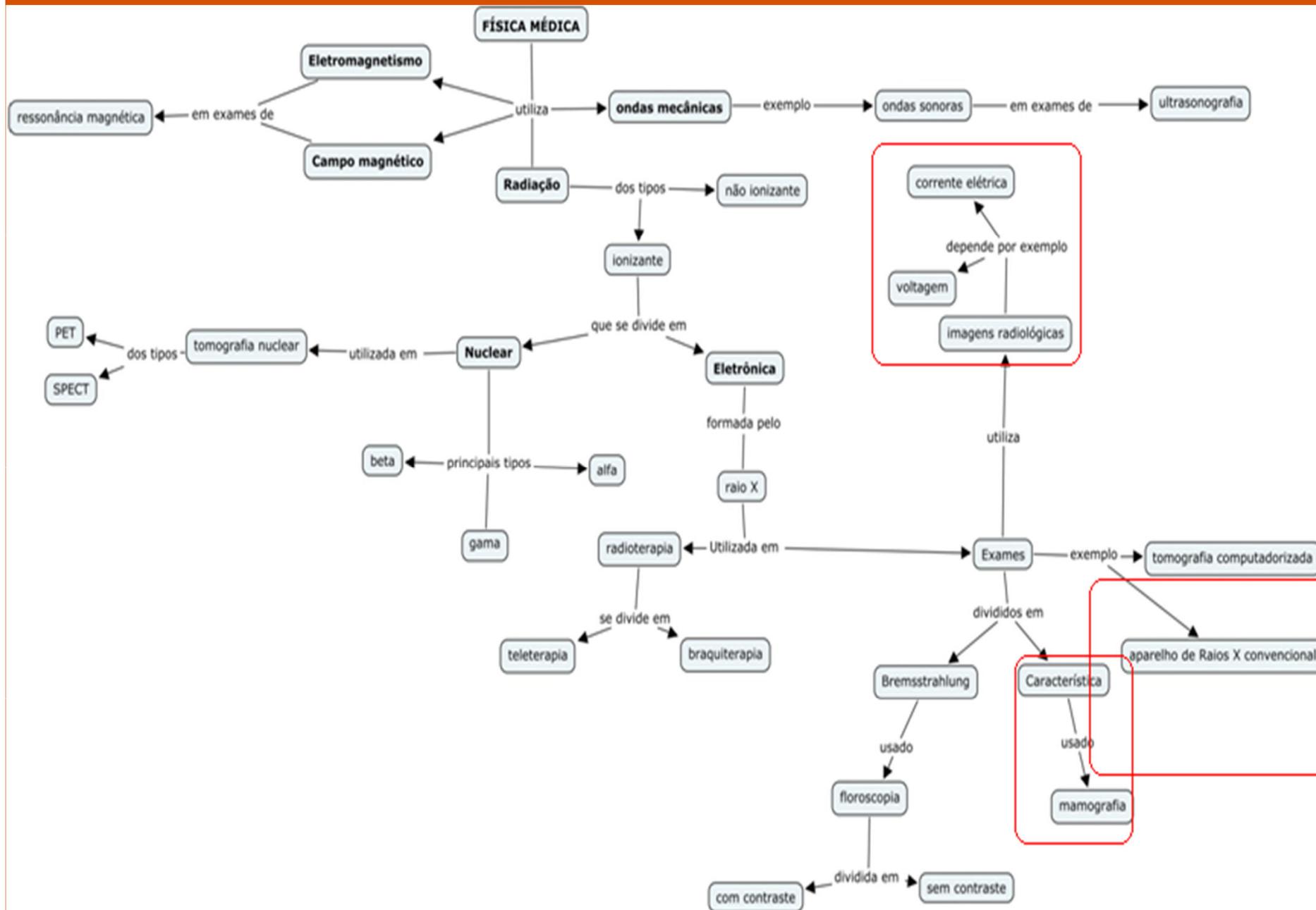


# APLICAÇÕES DO ELETROMAGNETISMO, ÓPTICA, ONDAS, DA FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA NA MEDICINA

**Mestranda: Mara Fernanda Parisoto**  
**Orientador: Marco Antonio Moreira**  
**Consultor: José Tullio Moro**



# Mapa conceitual do curso

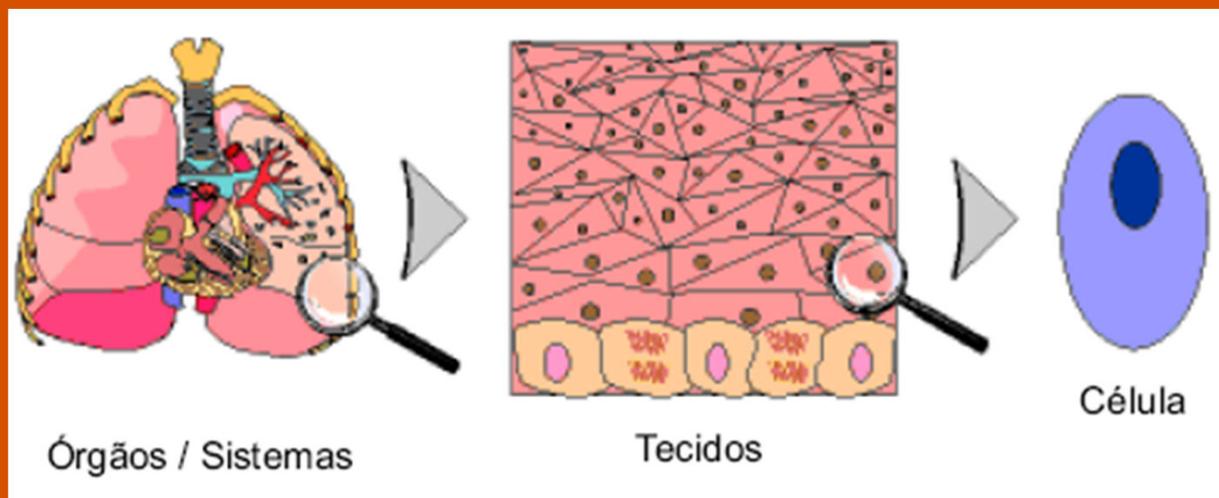


# ASSUNTOS

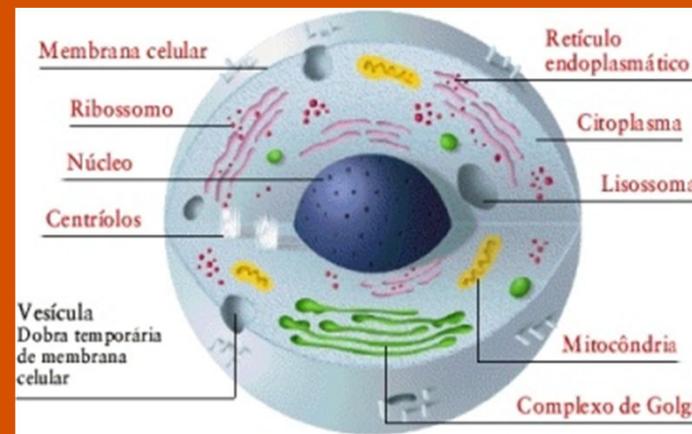
- **Interação da radiação com a matéria.**
- **Meia vida.**
- **Unidades de medida das radiações. (Grandezas e Unidades para Radiação Ionizante).**
- **Exposição natural e acidentes nucleares.**
- **Funcionamento máquina de raio-X convencional.**
- **Funcionamento da mamografia.**
- **Imagens radiográficas.**

# Situação Problema

- Suponham que vocês possuem o seguinte problema: vocês precisam destruir células cancerígenas de um paciente, estamos em um hospital equipado para tanto. a) Qual tipo de radiação deve-se utilizar? Por quê? Justifique através de explicações físicas. b) Quais os procedimentos de segurança que teríamos que fazer?



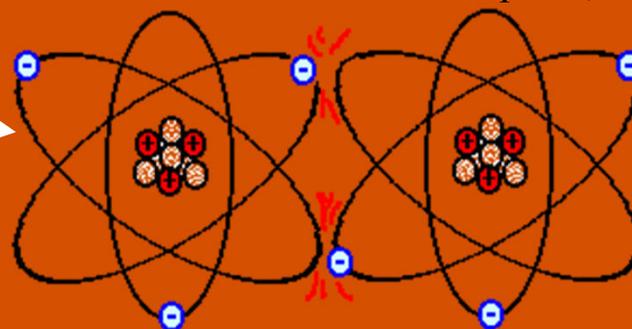
Fonte: Ruiperez, 1978.



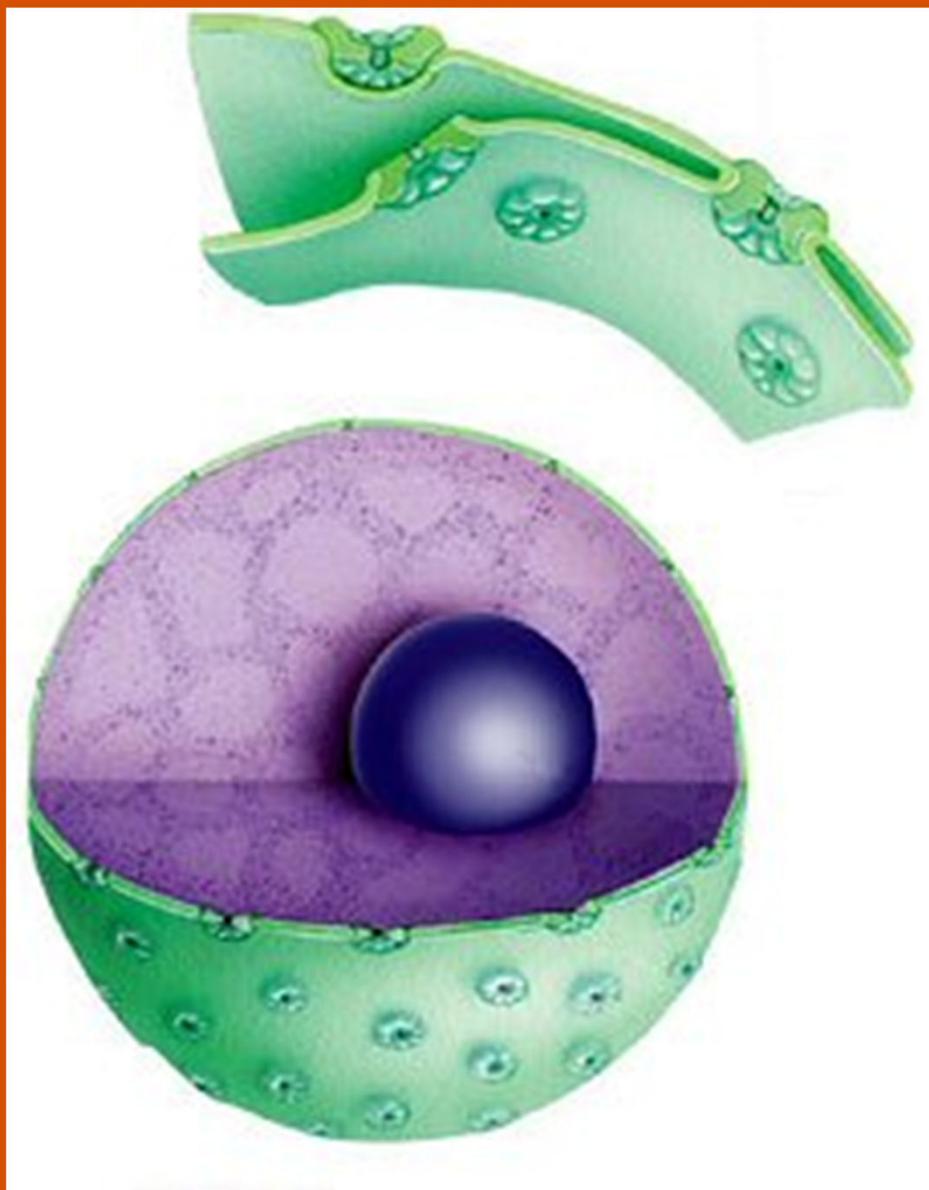
Fonte: Ruiperez, 1978.



Fonte: Ruiperez, 1978.



Fonte: Ruiperez, 1978.



Fonte: Ruiperez, 1978.

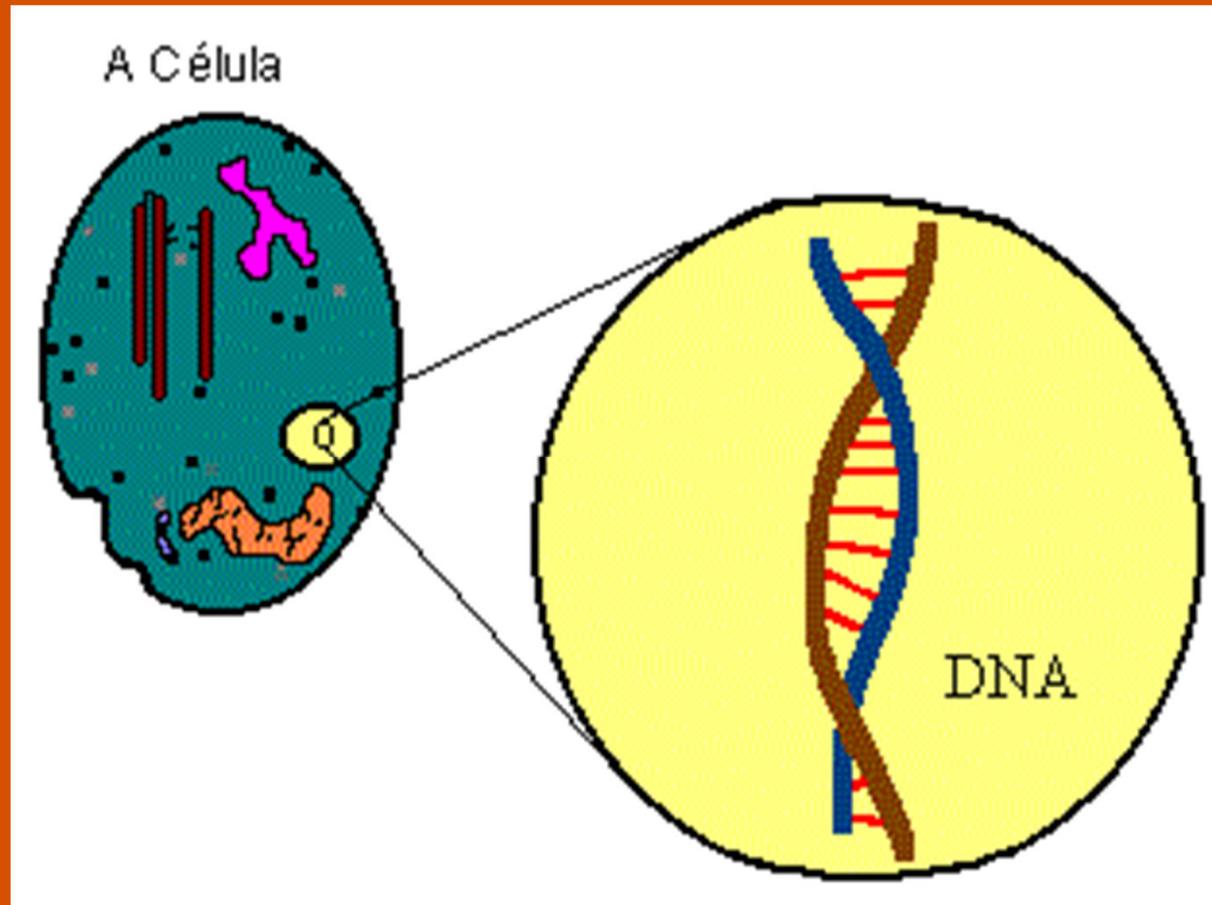
**Núcleo**

**FUNÇÃO**

**DA**

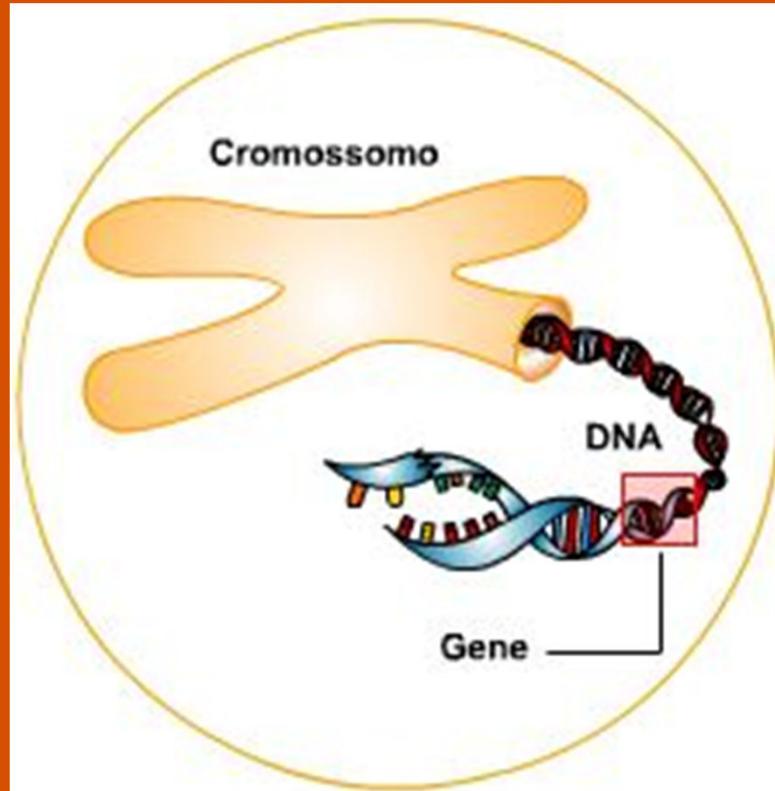
**MEMBRANA**

- Os cromossomos consistem de ácido desoxirribonucléico (DNA) e proteína.



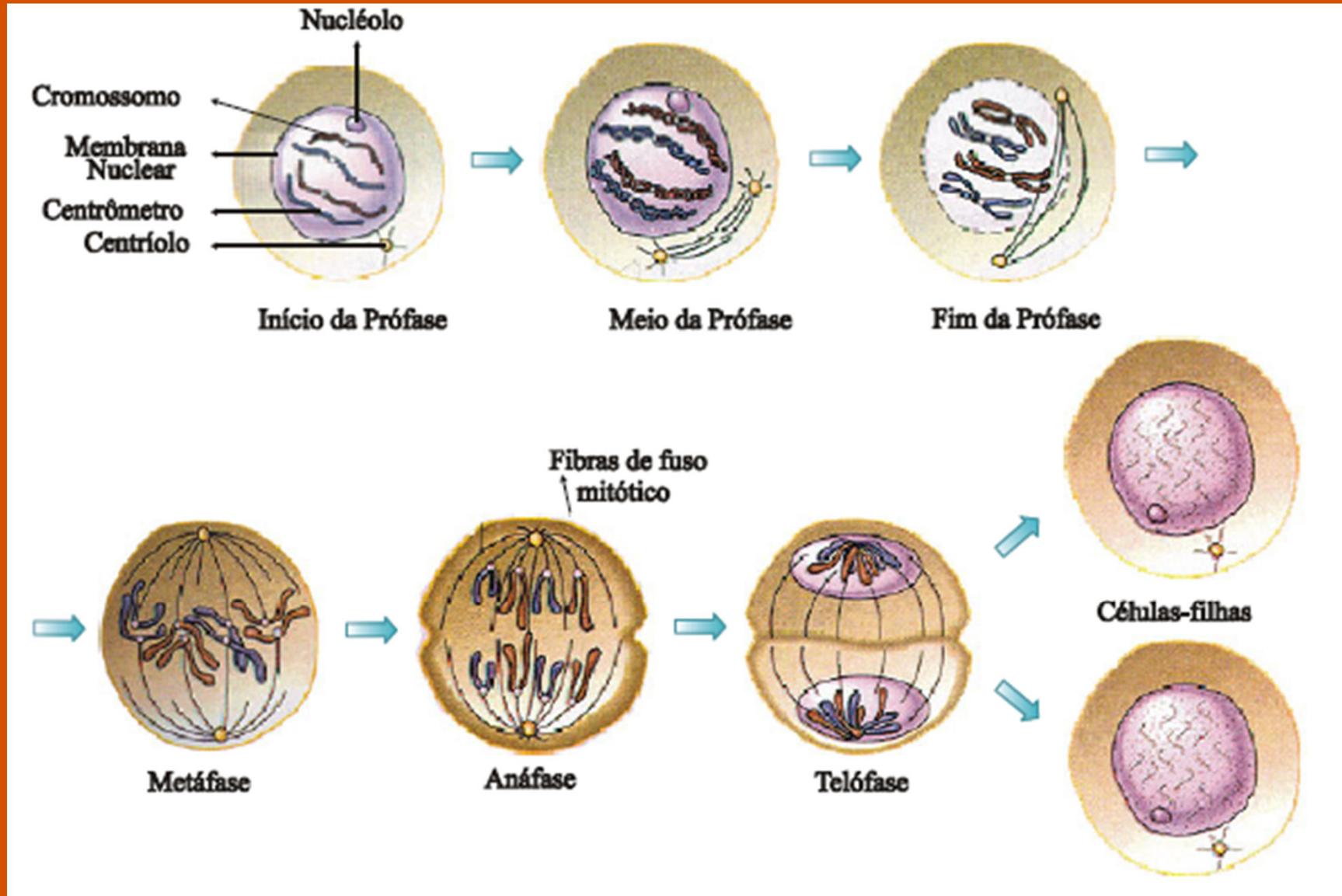
Fonte: Ruiperez, 1978.

# CROMOSSOMO



Fonte: Ruiperez, 1978.

# • Reprodução celular: Mitose X Meiose



Fonte: Ruiperez, 1978.

# Modificação celular



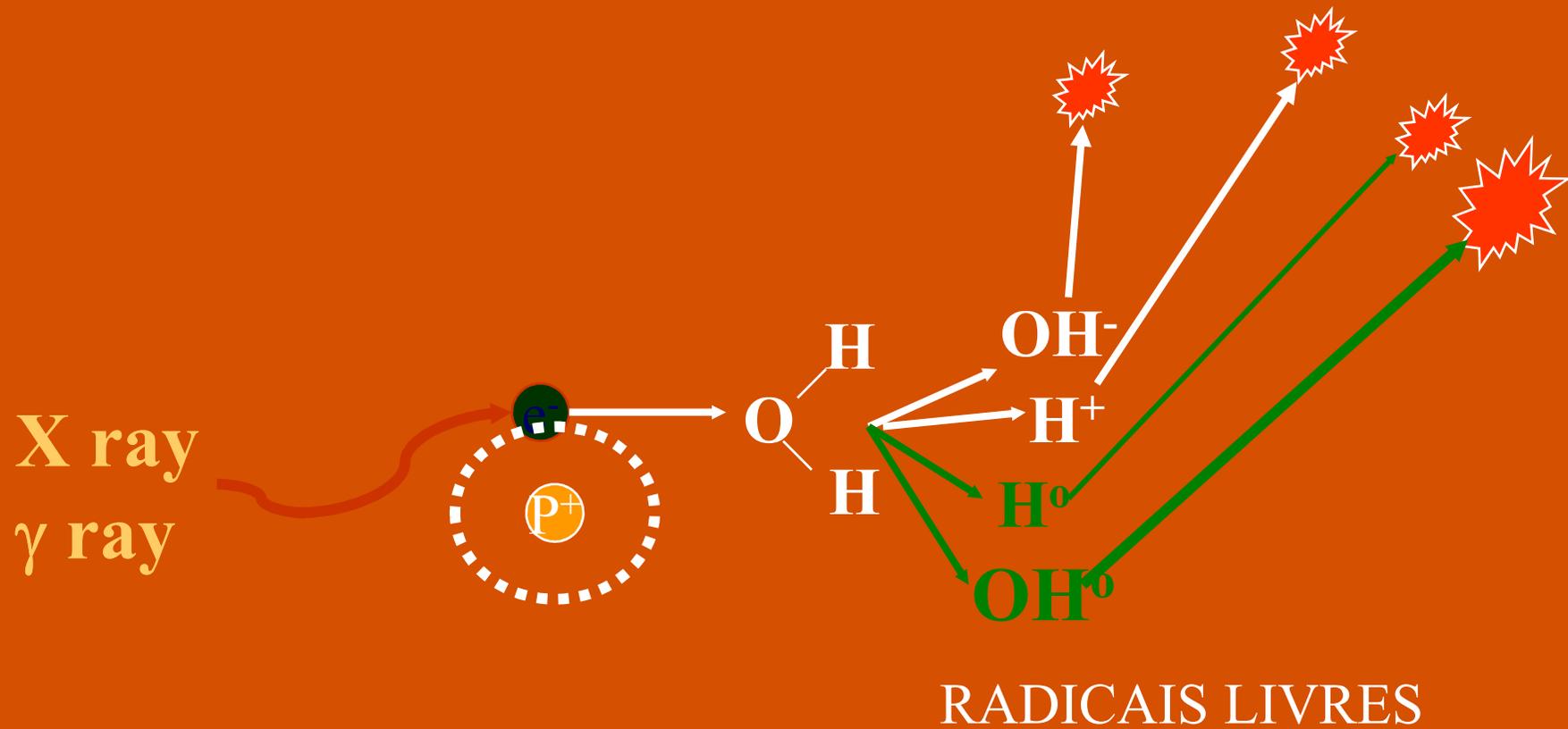
**Célula normal.**  
Fonte: Ruiperez, 1978.



**Célula cancerígena.**  
Fonte: Ruiperez, 1978.

# **Morte celular**

# AÇÃO INDIRETA



Fonte: [www.ipen.br](http://www.ipen.br)

# RADICAIS LIVRES



Radicais livres

H • agente redutor; OH• agente oxidante

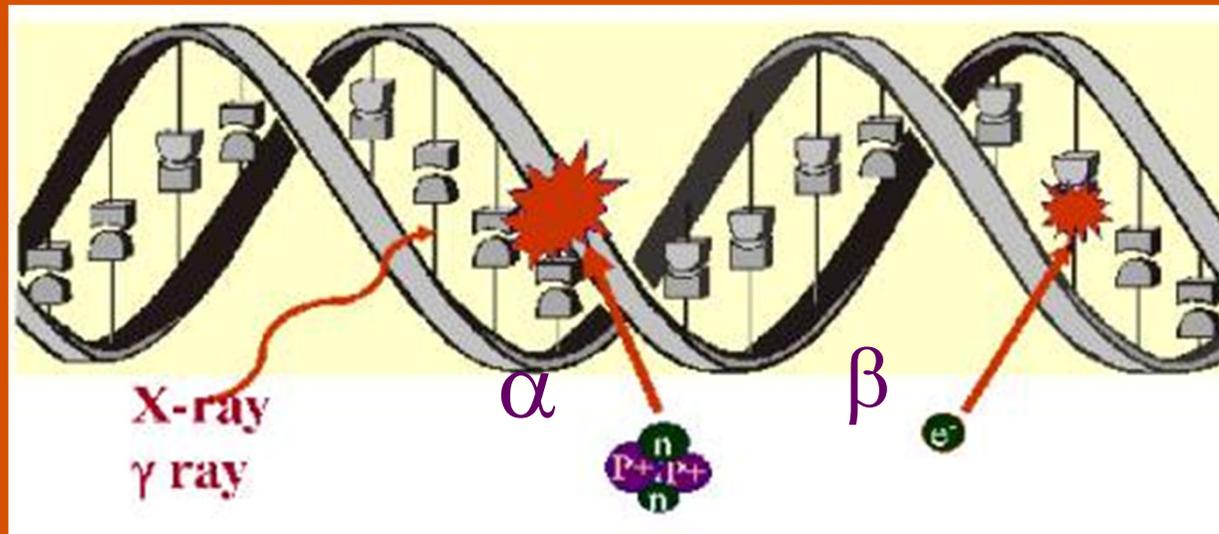
# RADIÓLISE DA ÁGUA



**OS RADICAIS PODEM SE RECOMBINAR,  
ORIGINANDO POR EXEMPLO:**



# AÇÃO DIRETA



Fonte: [www.ipen.br](http://www.ipen.br)

**Absorção de energia suficiente para romper membrana e romper estrutura de DNA**

# Efeitos biológicos das radiações ionizantes

- A radiação perde energia para o meio provocando ionizações
- Os átomos ionizados podem gerar:

**Alterações moleculares**



**Danos em órgãos ou tecidos**



**Manifestação de efeitos biológicos**

# **Classificação dos efeitos biológicos**

**Classificam-se conforme variação quanto:**

- ao tempo de manifestação**
- ao tipo de célula atingida**
- à quantidade de energia depositada**

# **Classificação dos efeitos biológicos quanto tempo de manifestação**

**Efeitos Agudos:**

# **Classificação dos efeitos biológicos quanto tempo de manifestação**

**Efeitos Tardios:**

# **Classificação dos efeitos biológicos quanto tipo de célula atingida**

**Efeitos Somáticos:**

**Classificação dos efeitos biológicos  
quanto  
tipo de célula atingida**

**Efeitos Genéticos (hereditários):**

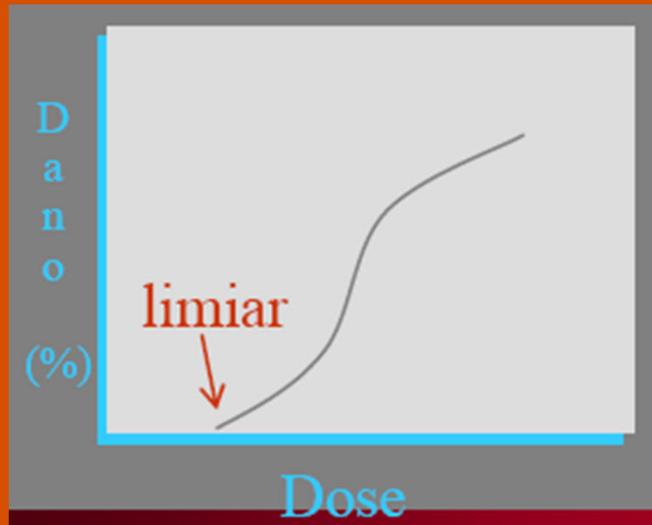
# **Classificação dos efeitos biológicos quanto quantidade de energia depositada**

**Efeitos Estocásticos:**

# **Classificação dos efeitos biológicos quanto quantidade de energia depositada**

**Efeitos Determinísticos (não-estocásticos):**

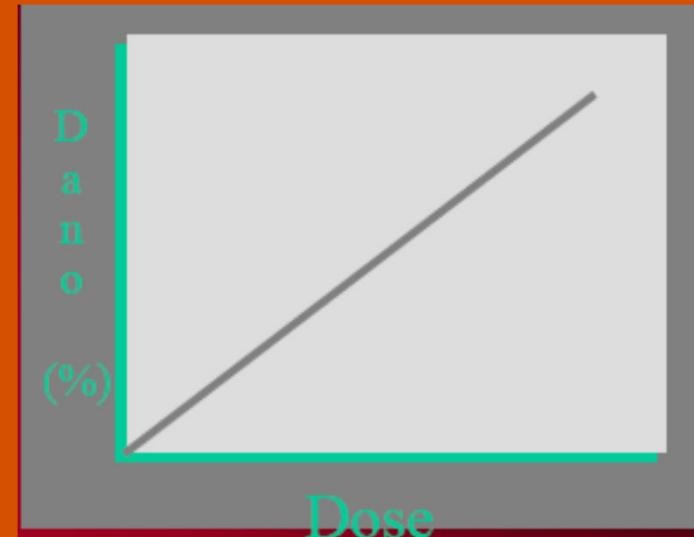
# Classificação dos efeitos biológicos quanto quantidade de energia depositada



Fonte: [www.ipen.br](http://www.ipen.br)

## DETERMINÍSTICOS

a gravidade do efeito aumenta com o aumento da dose



Fonte: [www.ipen.br](http://www.ipen.br)

## ESTOCÁSTICOS

não existe um limiar de dose

o dano é proporcional a dose

# Características gerais dos efeitos biológicos das radiações ionizantes

**ESPECIFICIDADE**

# Características gerais dos efeitos biológicos das radiações ionizantes

## TEMPO DE LATÊNCIA

# **Características gerais dos efeitos biológicos das radiações ionizantes**

## **REVERSIBILIDADE**

# Características gerais dos efeitos biológicos das radiações ionizantes

## TRANSMISSIBILIDADE

# ORGANIZADOR PRÉVIO

- <http://www.youtube.com/watch?v=isXe78uZbVQ>

# MEIA VIDA

$$T_{1/2} = 0,693 / \lambda$$

# PIE (Predizer Interagir e Explicar)

[http://phet.colorado.edu/simulations/sims.php?sim=Alpha\\_Decay](http://phet.colorado.edu/simulations/sims.php?sim=Alpha_Decay)

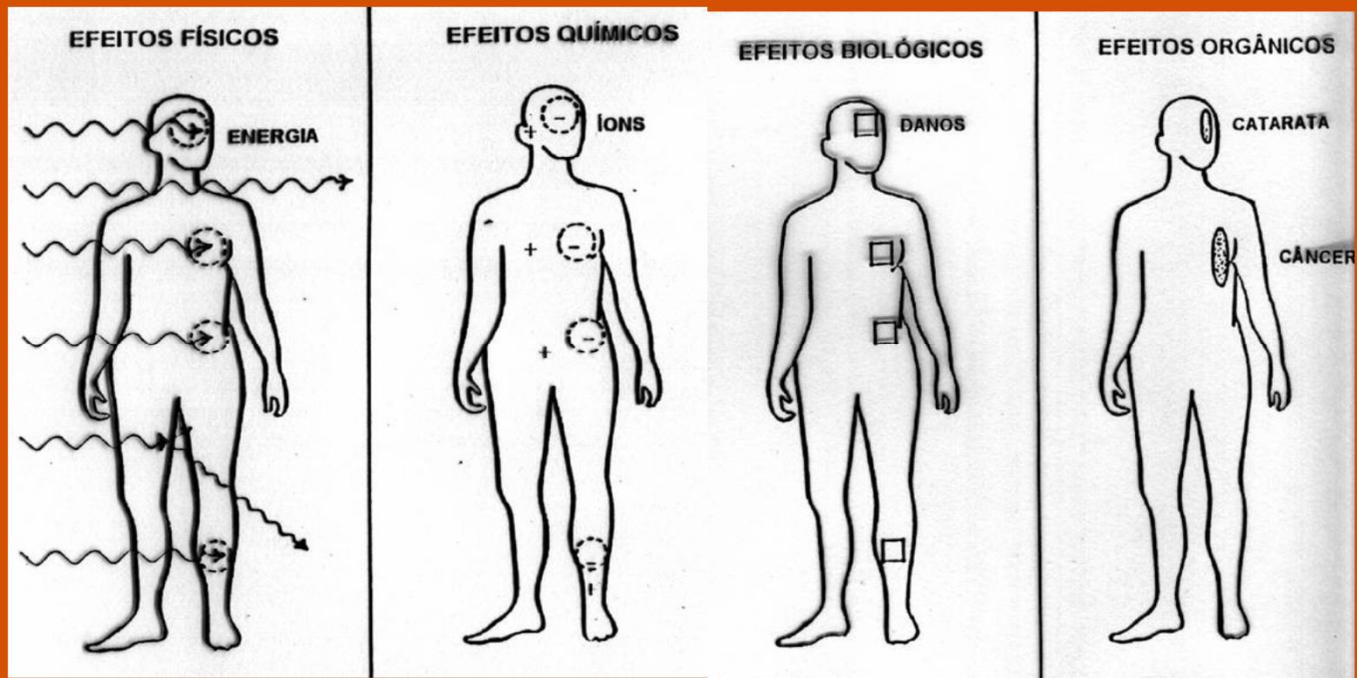
- O que acontece com o peso atômico quando chega na meia vida do Polônio?
- O que acontece se passo de 10 a 20 átomos de Polônio com a meia vida?
- O que acontece com o tempo de decaimento se passo de 10 a 20 átomos de Polônio?

# Energia dos diferentes tipos de radiação

Comprimento de onda (m)	Energia do fóton (eV)	Radiação
superior a $3 \times 10^{-1}$	inferior a $4,1 \times 10^{-6}$	Ondas de radiofrequência
$3 \times 10^{-1} \rightarrow 3 \times 10^{-3}$	$4,1 \times 10^{-6} \rightarrow 4,1 \times 10^{-4}$	Microondas
$3 \times 10^{-3} \rightarrow 7,6 \times 10^{-7}$	$4,1 \times 10^{-4} \rightarrow 1,6$	Infravermelha
$7,6 \times 10^{-7} \rightarrow 4 \times 10^{-7}$	1,6 $\rightarrow$ 3,1	Luz visível
$4 \times 10^{-7} \rightarrow 10^{-8}$	3,1 $\rightarrow$ 123,2	Ultravioleta
inferior a $10^{-8}$	superior a 123,2	Raios X e $\gamma$

A-400  $\rightarrow$  320nm  
 B-320  $\rightarrow$  290 nm  
 C-290  $\rightarrow$  200nm

# Seqüência de eventos



Fonte: [www.ipen.br](http://www.ipen.br)

# UNIDADES

**RAD** → unidade de dose absorvida sendo essa definida pela razão  $\overline{d\epsilon}/dm$ , onde  $\overline{d\epsilon}$  é a energia média distribuída pela radiação à massa  $dm$ .

**GRAY** → nova unidade de dose absorvida usada em substituição ao rad.

$$1\text{Gy} = 100\text{ rad}$$

**ROENTGEN** → unidade de exposição e está relacionada à habilidade de Raios X ionizarem o ar; para Raios X e  $\gamma$ , uma exposição de 1 R resulta numa dose absorvida de 1 rad em água ou tecido mole. Hoje usamos o Sv.  $1\text{ Sv} = 100\text{ R}$

**ELETRON VOLT** → é a energia adquirida por um elétron ao atravessar uma diferença de potencial de 1 V.

$$1\text{ eV} = 1,6 \times 10^{-19}\text{ J}$$

**CURIE** → é uma unidade de taxa de decaimento radioativo de um nuclídeo que possui  $3,7 \times 10^{10}$  desintegrações/segundo.

$$1 \text{ Ci} = 3,7 \times 10^{10} \text{ desint./s}$$

**BEQUEREL** → unidade de atividade

$$A = \frac{dN}{dt}$$

$$1 \text{ bq} = 3,7 \times 10^{-10} \text{ Ci}$$

**MEIA - VIDA** → tempo médio para que metade dos átomos de um elemento radioativo decaiam.

$$T_{1/2} = (\ln 2) / \lambda, \text{ onde } \lambda \text{ é a constante de decaimento.}$$

$$\ln 2 = 0,68$$

## Fator de peso da radiação

- É o fator de peso de cada radiação R que permite converter a dose absorvida no tecido, em dose equivalente no tecido, devido a radiação do tipo R. Representada por W. O fator de peso dos fótons, dos elétrons e muons de todas as energias é 1.

- **Dose equivalente:** É a soma ponderada das doses equivalentes em todos os tecidos e órgãos T, devido a radiação R. Medida em Sievert.  $Sv = JKg^{-1}$
- $1C/Kg = 38,76 Sv$

$$H_T = \sum_R w_R D_{TR}$$

## Equivalente de dose

- É o produto da dose absorvida  $D$  num ponto no tecido pelo fator de qualidade:
  - $H=DQ$
- Onde  $Q$  é o fator de conversão de dose absorvida num tecido ou órgão em equivalente de dose em um tecido ou órgão.

# Exposição

$$X = \frac{dQ}{dm}$$

# RELAÇÕES DE UNIDADE

	Antiga	Nova	Símbolo	Relação
Dose	rad	gray	Gy	1 rad = 1cGy
Dose equivalente	rem	sievert	Sv	1 rem = 0,01 Sv
Radioatividade	Ci	bequerel	Bq	1 Ci = 3,7 x 10 <sup>10</sup> Bq

Fonte: Ramos (2002).

# DOSES LIMITES

TRABALHADORES: 50 mSv/ano ou média de  
20mSv/5 anos

PÚBLICO: 1 mSv/ano

Fonte: RIO GRANDE DO SUL (1998).

# VALORES DE EXPOSIÇÃO NATURAL

**RADÔNIO:** 0,2 a 500 mSv/ano; ( $^{222}\text{Ra}$  libera radônio)

**BG NATURAL:** 1 a 2 mSv/ano podendo chegar a 20 mSv/ano

**MATERIAL DE CONSTRUÇÃO:** 0,2 a 1 m Sv/ano

**USINA NUCLEAR:** 0,001 a 0,01 mSv/ano

**RX DE TÓRAX:** 0,05 a 0,2 mSv/exame

**LEITE PODE CONSUMIR ATÉ :** 100 Bq/l

**CARNE PODE CONSUMIR ATÉ:** 300 bq/kg (podendo chegar a 1000 em alguns países)

Fonte: [www.ipen.br](http://www.ipen.br)

# Exposição humana à radiação - acidentes nucleares

<b>BOMBA DE NAGAZAKI</b>	
73.884	Mortes
74.909	Feridos
11.574	Casas queimadas
5.509	Casa metade destruídas
50.000	Casas parcialmente destruídas

<b>ACIDENTE DE CHERNOBIL</b>	
2	Mortos em 1 dia
29	Mortos em 2-120
200	Sobreviventes
400.000	Não afetados porém expostos

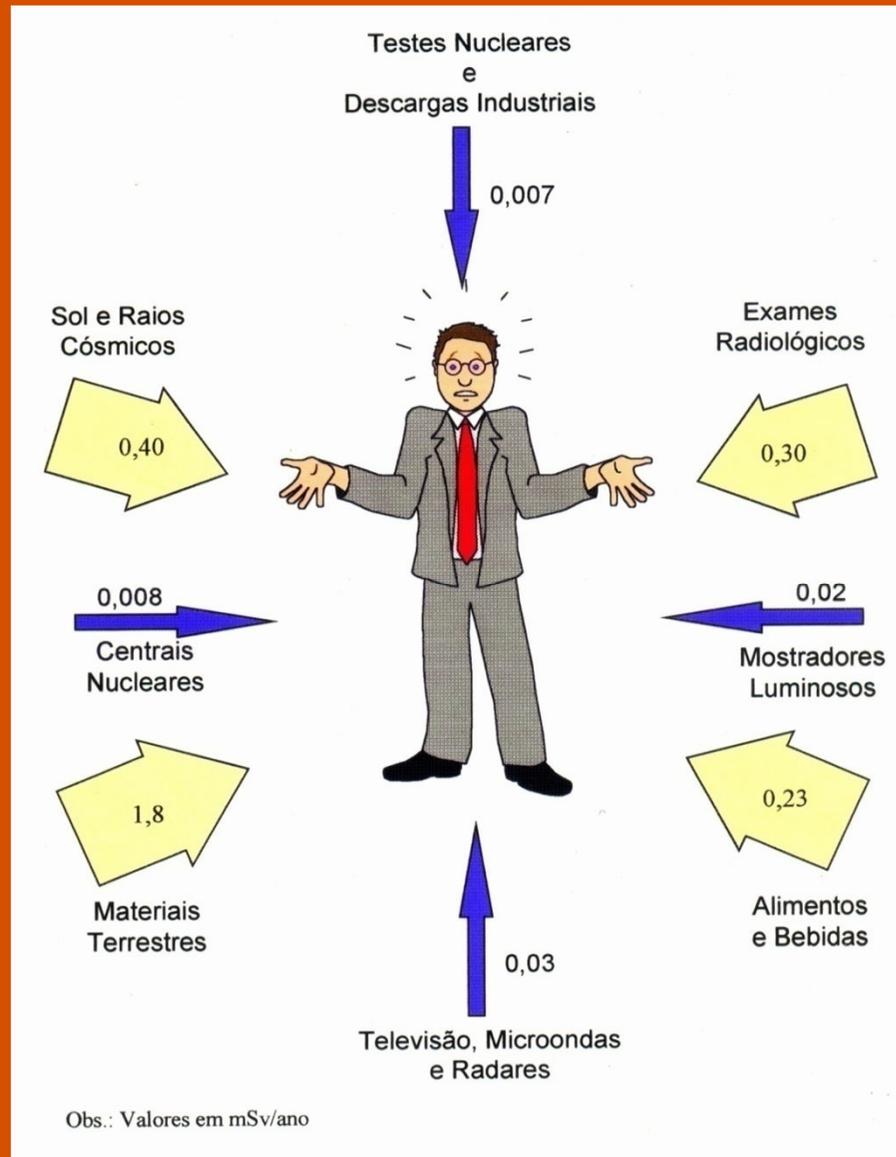
Fonte: [www.ipen.br](http://www.ipen.br)

# Exposição humana à radiação - acidentes nucleares

<b>BOMBA DE HIROSHIMA</b>		<b>BOMBA DE NAGAZAKI</b>
45.000	Mortos em 1 dia	22.000
19.000	Mortos em 2-120 dias	17.000
72.000	Sobreviventes	25.000
119.000	Não afetados	110.000
255.000	População	174.000

Fonte: [www.ipen.br](http://www.ipen.br)

# Qual a exposição natural que sofremos diariamente?



Fonte: [www.ipen.br](http://www.ipen.br)

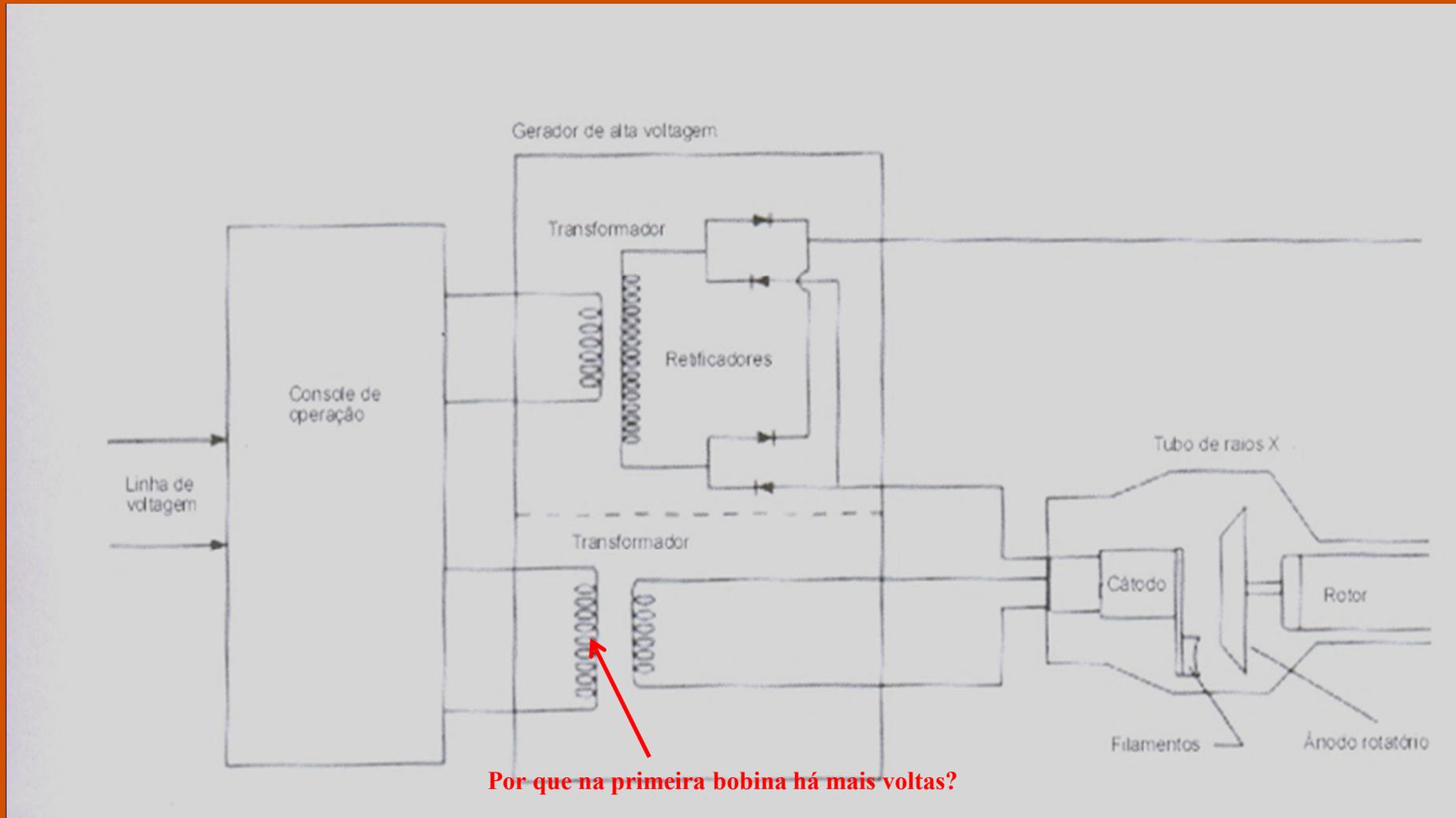
# MÁQUINA DE RAIOS X



Fonte: <http://novastecnologiassaude.blogspot.com>

Fonte: <http://www.searadaciencia.ufc.br>

# GERADOR DE RAIOS X



Fonte: Dimenstein, 2002.

$$V= Ri$$

# TRANSFORMADORES



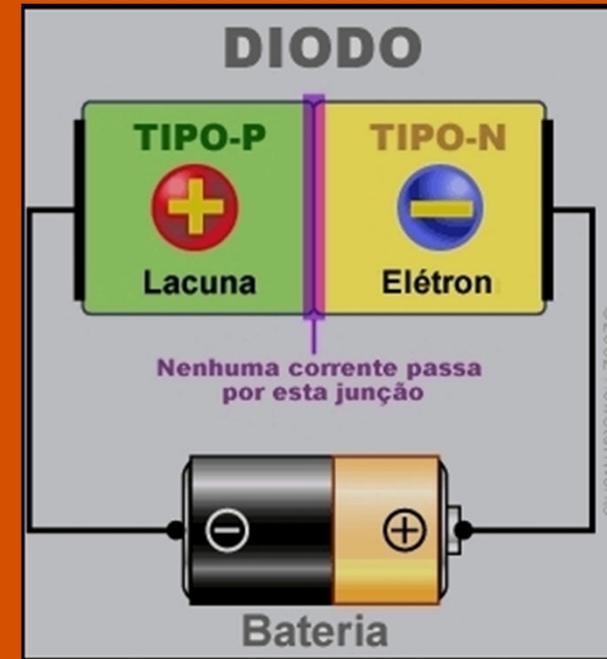
Fonte: [www.deltapltda.com.br](http://www.deltapltda.com.br)

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

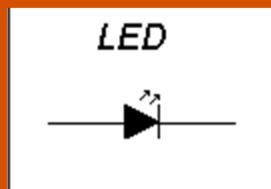
# OS DIODOS



Fonte: <http://www.prof2000.pt>



Fonte: <http://www.diaadia.pr.gov.br>



Fonte: <http://dicroled.com>



Fonte: <http://dicroled.com>

# SEMICONDUCTORES

Simulação:

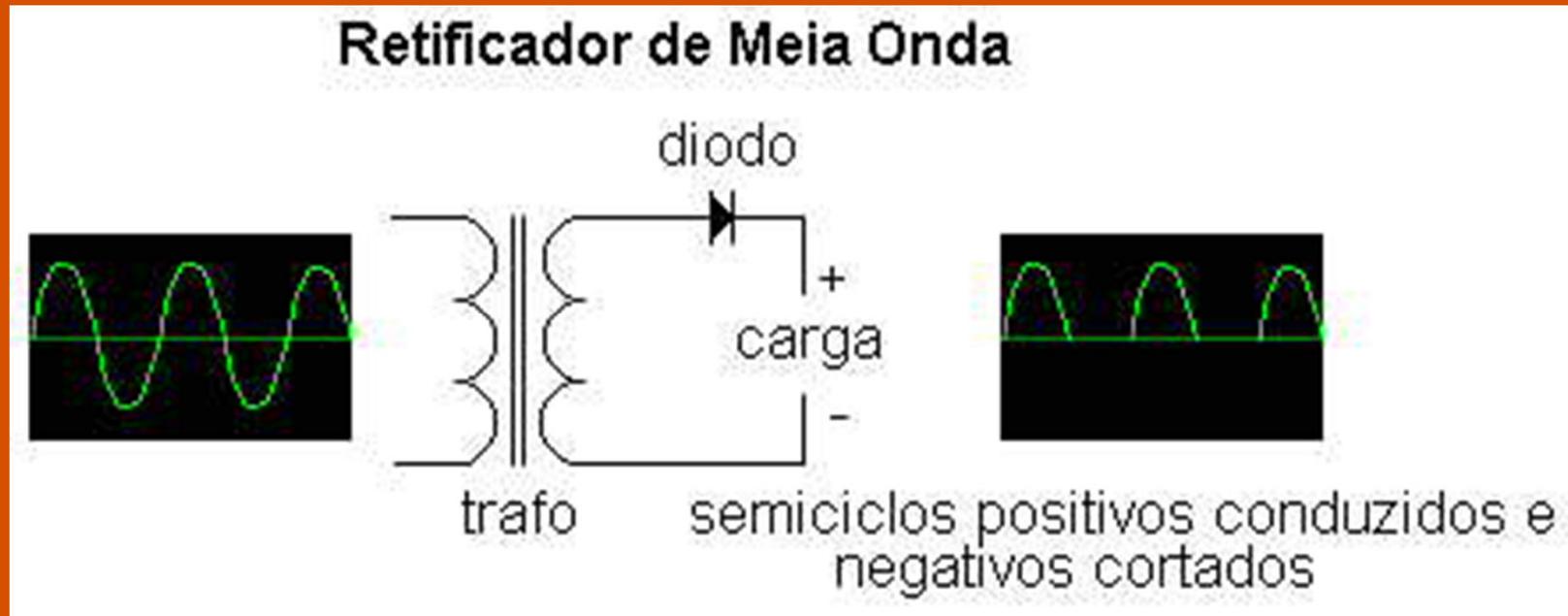
<http://phet.colorado.edu/simulations/sims.php?sim=Semiconductors>

O que irá ocorrer se colocarmos p nos dois? Explique.

O que irá ocorrer se colocarmos n nos dois? Explique.

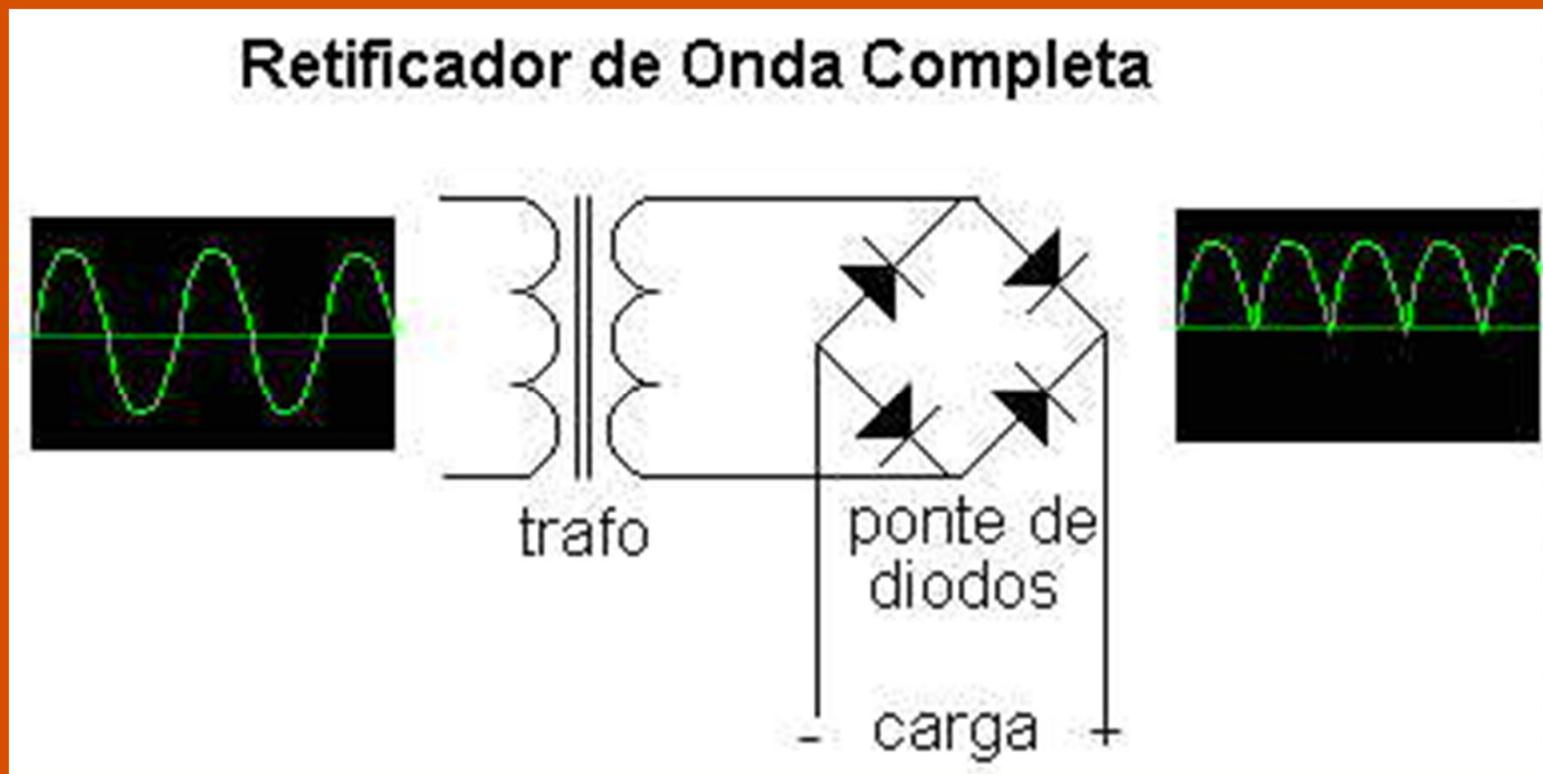
O que irá acontecer se colocarmos n em um e p no outro? Explique.

# CIRCUITOS RETIFICADORES



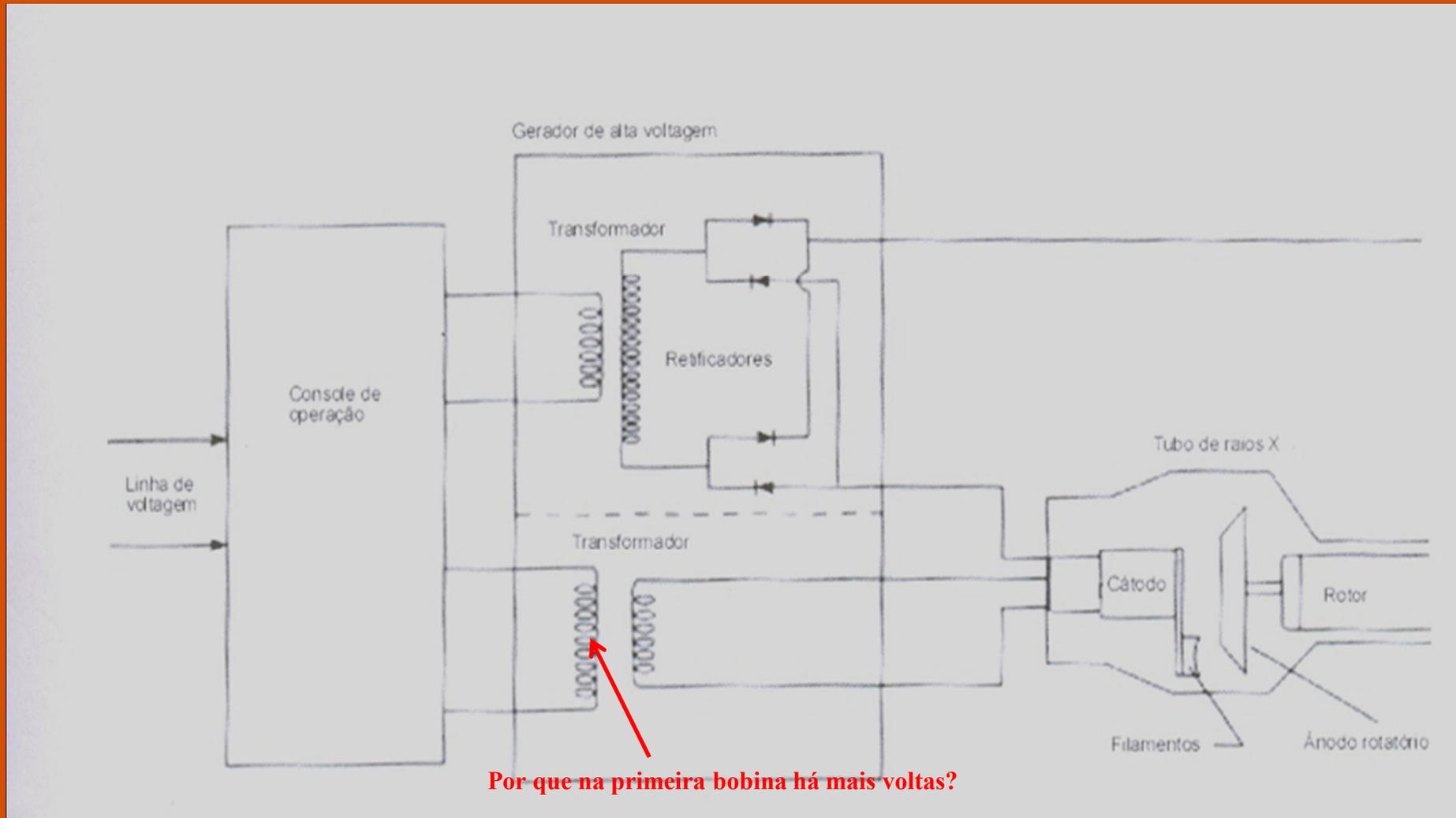
Fonte: <http://www.electronica-pt.com>

# CIRCUITOS RETIFICADORES



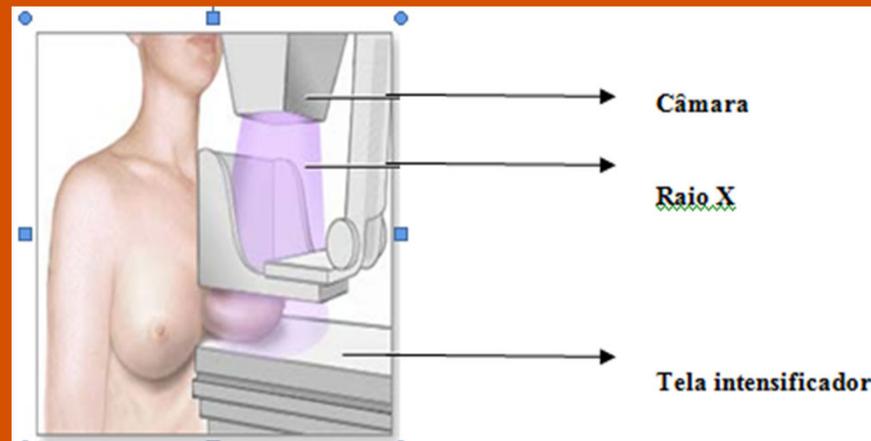
Fonte: [http://ivairsouza.com/circuitos\\_retificadores.html](http://ivairsouza.com/circuitos_retificadores.html)

# GERADOR DE RAIOS X



Fonte: Dimenstein, 2002.

# Mamógrafo X Aparelho de Raios X convencional

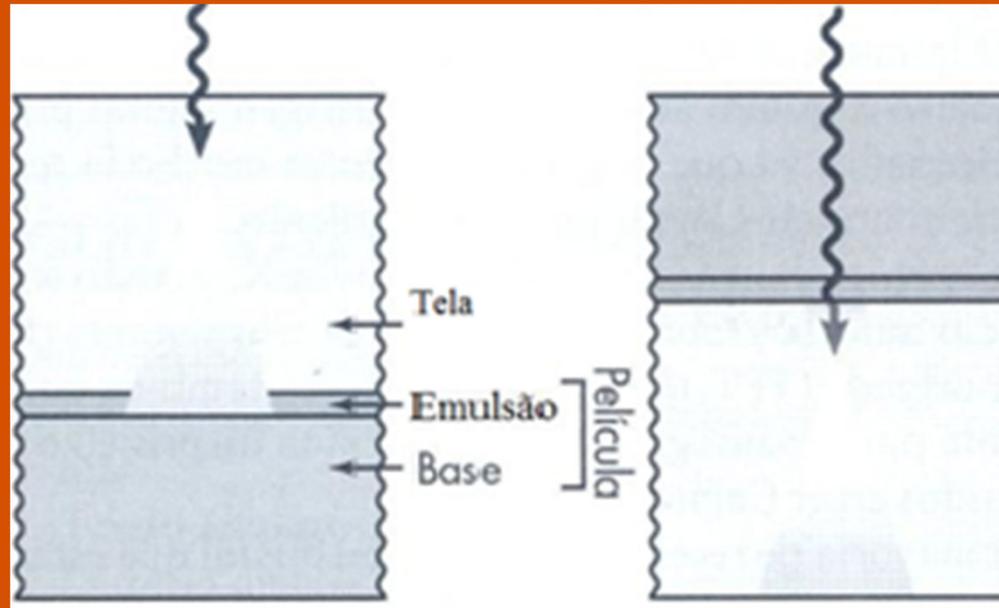


Fonte: [www.bordadodemurmurios.blogspot.com](http://www.bordadodemurmurios.blogspot.com)

Fonte: <http://novastecnologiassaude.blogspot.com>

# COMBINAÇÃO TELA-PELÍCULA

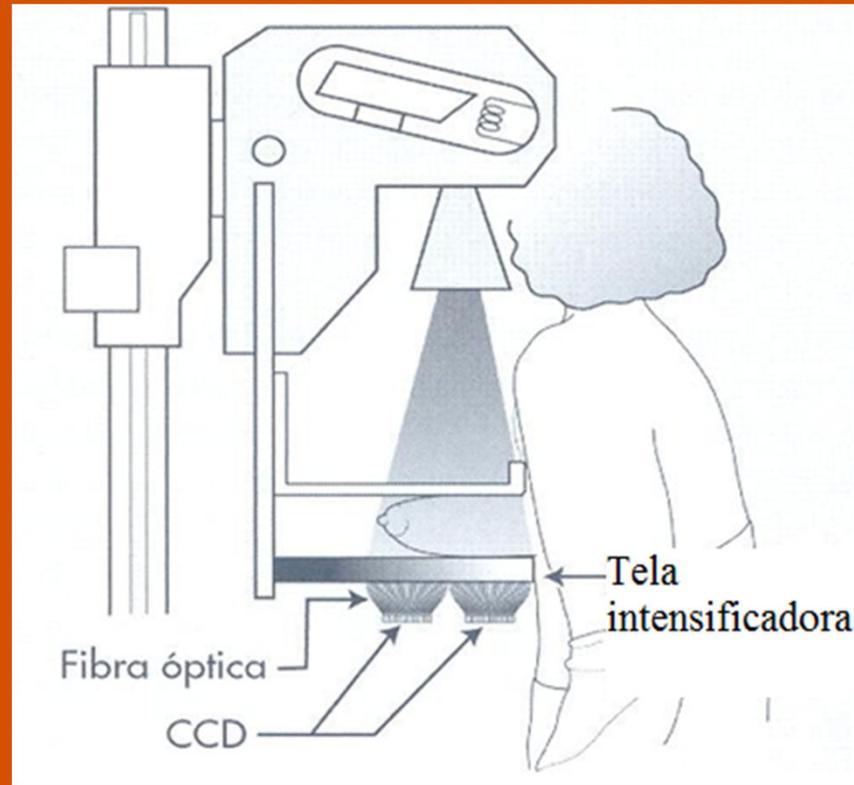
Incorreto



Correto

Fonte: Bushong, 2007.

# COMPONENTES DO MAMÓGRAFO



Fonte: Bushong, 2007.

# RELAÇÃO ENTRE kVp e mA

Devemos usar kVp ou mA maiores?

Exame com Raios X do joelho para diferentes valores de kVp mantendo mA constante.



**Fonte:** Dimenstein, 2005.

Exame com Raios X do joelho para diferentes valores de mA mantendo kVp constante.



**Fonte:** Dimenstein, 2005.

# Partes formadoras da imagem radiográfica



a) filme radiográfico



b) chassi



c) écran.

Fonte: [www.fsc.ufsc.br](http://www.fsc.ufsc.br)

# Densidade radiográfica X Densidade anatômica



**Fonte:** [www.brasilecola.com/fisica/raios-x.htm](http://www.brasilecola.com/fisica/raios-x.htm)

# Situação Problema

- Suponham que vocês possuem o seguinte problema: vocês precisam destruir células cancerígenas de um paciente, estão em um hospital equipado para tanto. a) Qual tipo de radiação deve-se utilizar? Por quê? Justifique através de explicações físicas. b) Quais os procedimentos de segurança que teríamos que fazer?

# GRUPOS

1. Efeito Fotoelétrico, Efeito Compton.
2. Produção e aniquilação de pares; Efeitos químicos, biológicos, físicos e orgânicos.
3. Unidades de Medidas das Radiações e suas Relações.
4. Exposição natural e Efeitos Biológicos das Radiações ionizantes.
5. A Máquina de Raios X convencional e da mamografia.
6. Imagens radiográficas.

## Algumas Referências

BUSHONG, Stewart C. Bushong. **Manual de Radiologia para Técnicos**. 8º ed. Houston: Elsevier Mosby, 2002.

DIMENSTEIN, Renato; NETTO, Thomaz Ghilardi. **Bases físicas e tecnológicas aplicadas aos Raios X**. 2º ed. São Paulo: Editora Senac, 2005.

DURÁN, José Enrique Rodas. **Biofísica: Fundamentos e Aplicações**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2003.

OKUNO, Emico; CALDAS, Iberê L. **Física para Ciências Biológicas e Biomédicas**. São Paulo: HARBRA, 1982.

[www.ipen.br](http://www.ipen.br)