

Curso de Verão 2018 – IF-USP

INTRODUÇÃO À FÍSICA MÉDICA

Elisabeth M. Yoshimura e.yoshimura@if.usp.br
 e Ricardo A. Terini rterini@if.usp.br
 Paulo R. Costa pcosta@if.usp.br

Bloco F – Conjunto Alessandro Volta

Grupo de Dosimetria das Radiações e Física Médica
GDRFM - IFUSP

Curso de Verão 2018 – IF-USP

INTRODUÇÃO À FÍSICA MÉDICA

Programa básico:

- Breve Histórico sobre a Física Médica
- Efeitos biológicos da radiação e Proteção Radiológica
- Diagnóstico por imagens: radiologia e medicina nuclear
- Radioterapia: Introdução, teleterapia e braquiterapia
- O Físico Médico: formação e campo de trabalho atual e futuro

Curso de Verão 2018 – IF-USP

Efeitos biológicos da radiação e Proteção Radiológica

- Interação da radiação com a matéria
- E se a matéria é o meio biológico??
- Tipos de efeitos biológicos
- Dá para viver sem radiação?
- Como nos protegemos?

Elisabeth Mateus Yoshimura e.yoshimura@if.usp.br
 Bloco F – Conjunto Alessandro Volta – sl. 108 GDRFM - IFUSP

Curso de Verão 2018 – IF-USP

Histórico das Radiações Ionizantes

Estudo da Radioatividade (1908 e 1921)

Modelo Atômico (1922)

Descoberta do Núcleo

Desenvolvimento de Detectores

Constituintes do Núcleo (1938)

Laue - natureza dos RX (1912)

Radioatividade artificial I. Curie e F. Joliot - Fermi (1934 e 1938)

Compton - natureza dos RX (1927)

Radioatividade e Raios X na Física:

Início da Física Nuclear
 Desenvolvimento de detectores e da metrologia
 Avanços em equipamentos
 Proteção Radiológica.

Radiação Ionizante

Fótons de energia maior que 12,4 eV – raios X e raios γ .

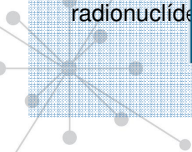
- Fontes naturais: cósmica e da crosta da Terra.
- Fontes artificiais: gerados pela indústria e radionúcleos.

Partículas Carregadas velozes: elétrons, prótons, íons.

- Fontes naturais: partículas alfa e beta.
- Fontes artificiais: reatores nucleares, aceleradores de partículas em geral.

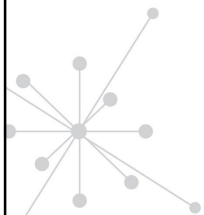
Nêutrons de qualquer energia

- Fontes naturais: cósmica (Sol); cosmogênica; fissão de radionúcleos naturais.
- Fontes artificiais: reatores nucleares; aceleradores de partículas em geral.




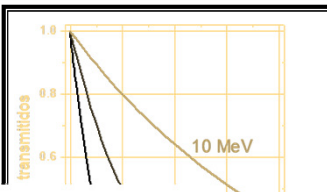
Radiação Ionizante

Interação da Radiação Ionizante com a Matéria




Atenuação exponencial número de fótons: $N=N_0 e^{-\mu x}$

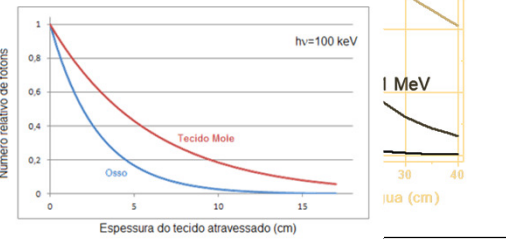




transmissão

10 MeV





h ν =100 keV

Tecido Mole

Osso

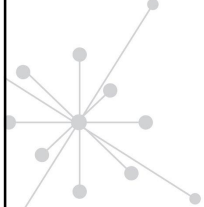
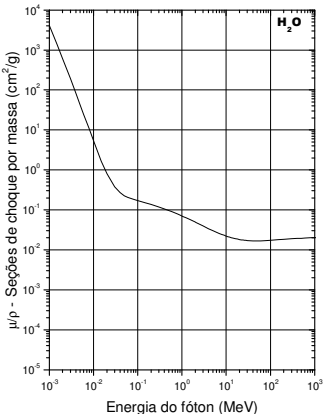
Espeçura do tecido atravessado (cm)

1 MeV

30 40

µa (cm)

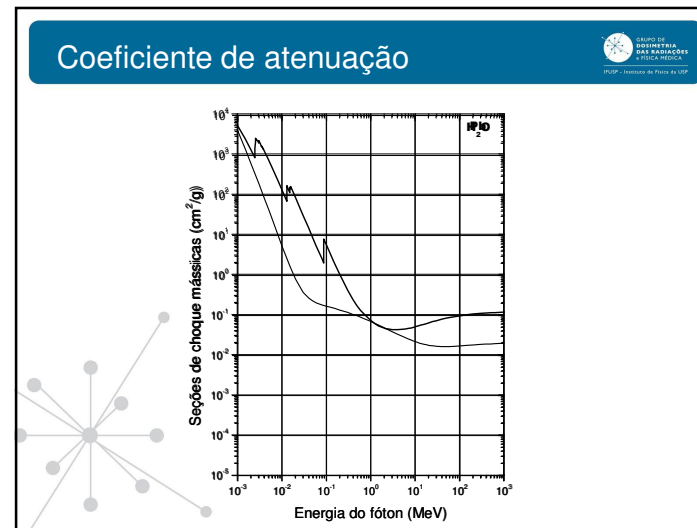
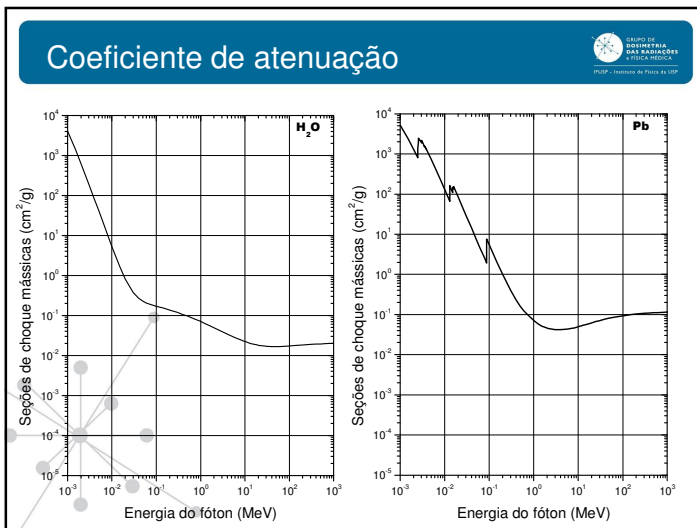
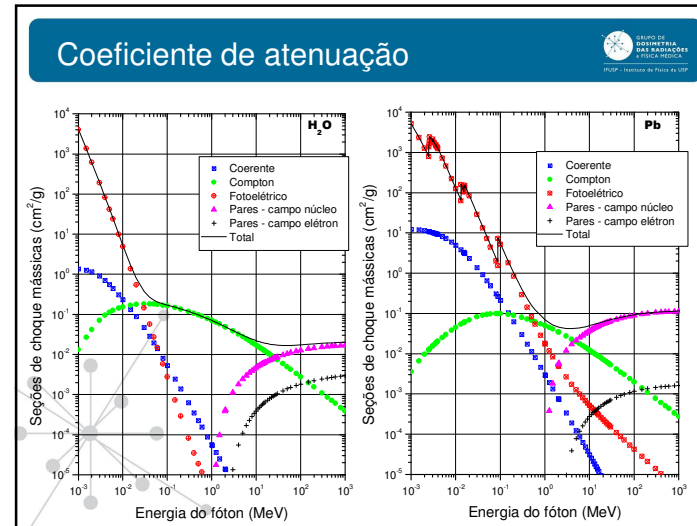
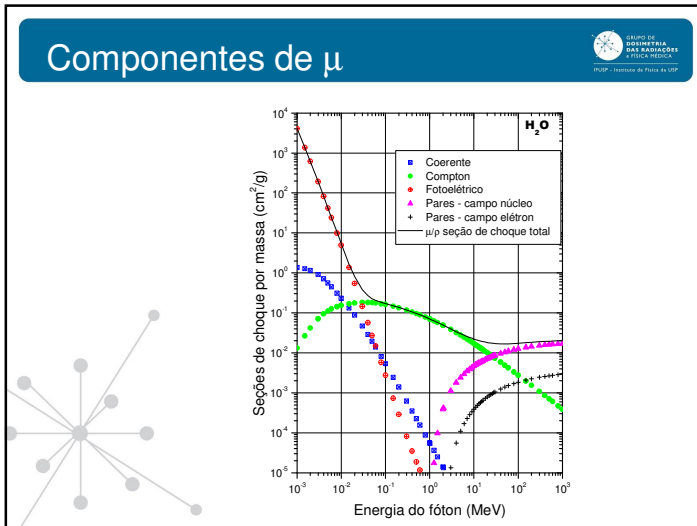
Coeficiente de atenuação: μ

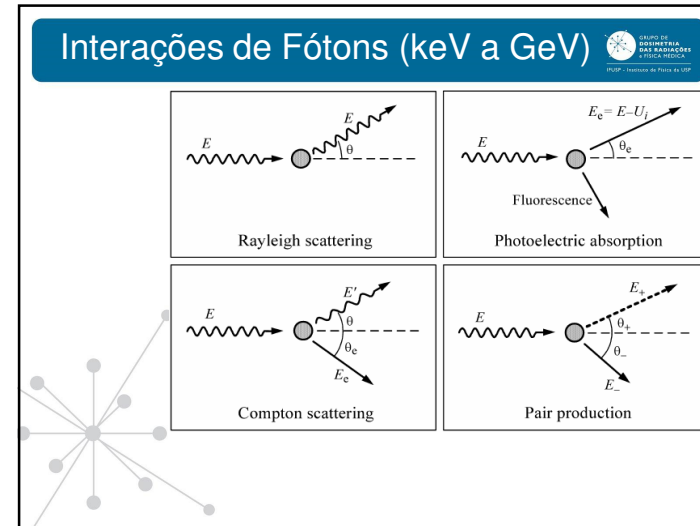
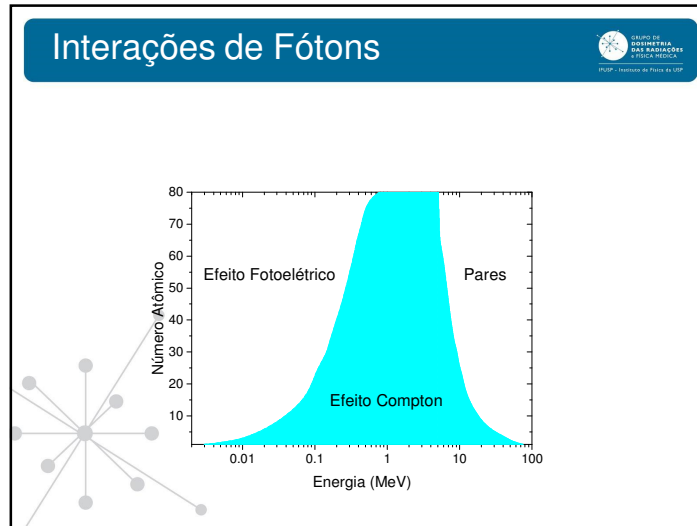



μ/p - Seções de choque por massa (cm^2/g)

H₂O

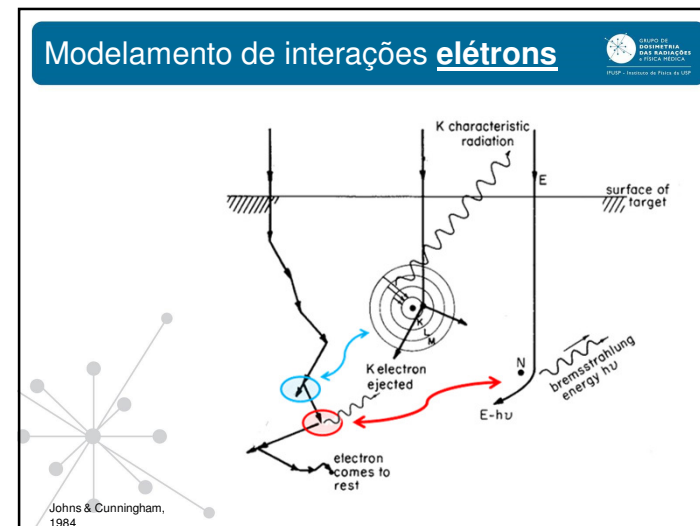
Energia do fóton (MeV)

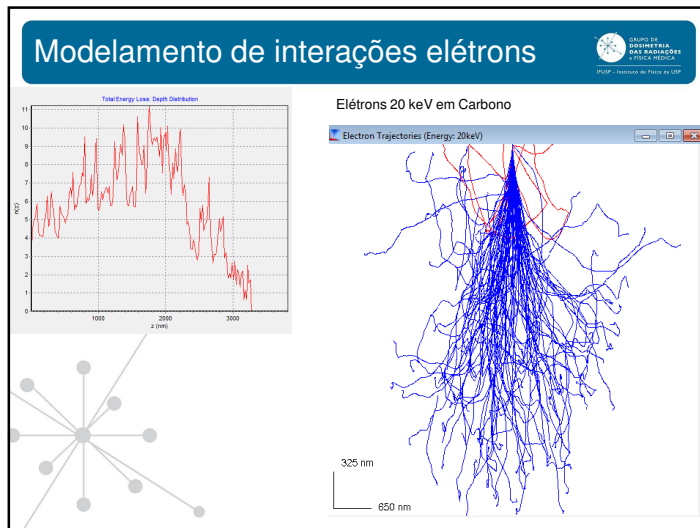




Dependência aproximada das seções de choque das interações de fótons com energia de fóton e número atômico do meio

Efeito	Dependência de $h\nu$	Coefficiente	Dependência de Z
Esp. Coerente	$(h\nu)^{-2}$	$\sigma_{coe} \propto \sigma_{coe}$	Z^2
		σ_{coe}/ρ	Z^3
Esp. Compton	$h\nu$ baixo - cresce lento	$\sigma \propto \sigma$	Z^1
	$h\nu$ alto - decresce lento	σ/ρ	Z^0
Efeito Fotoelétrico	$(h\nu)^{-3}$	$\tau \propto \tau$	$Z^{1.5}$
		τ/ρ	$Z^{2.5}$
Produção de par	$h\nu$ baixo - $\ln(h\nu)$	$\kappa \propto \kappa$	Z^2
	$h\nu$ alto - $h\nu^0$	κ/ρ	Z^1

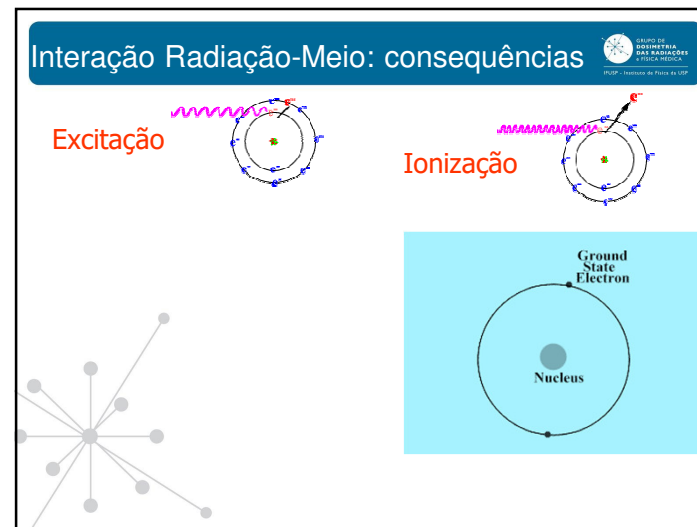
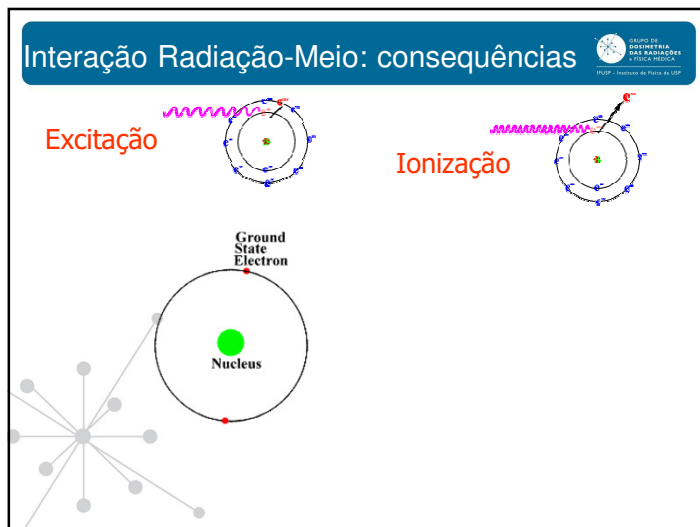




Resumo de interações: partículas carregadas

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO INSTITUTO DE FÍSICA DE CARLOS DE CARVALHO

Partícula Carregada	Interações Possíveis	O que muda no meio de interação	Radiação ionizante produzida
Elétrons, Póstrons e Íons Pesados	Colisão inelástica com o átomo (colisão suave)	Excitação e eventual ionização de átomos em camada de valência	Partícula primária com pequena mudança de direção, eventualmente um elétron rápido (secundário).
	Colisão com elétron fortemente ligado (colisão dura)	ionização (camada interna) e excitação do átomo.	Partícula primária, elétron rápido (secundário), raios X característicos, elétrons Auger.
Elétrons e Póstrons	Choque elástico com o núcleo	Recuo do núcleo	Partícula primária com mesma energia e outra trajetória.
	Choque inelástico com o núcleo	Recuo do núcleo	Partícula primária e radiação de freamento (<i>Bremsstrahlung</i>).
Póstrons	Aniquilação com um elétron do meio	ionização e excitação do átomo.	Dois fótons de aniquilação, cada um com $h\nu \geq 0.511$ MeV.
Todos	Reação Nuclear	Núcleo modificado (Z ou A) e excitado.	Partículas subnucleares, raios gama de desexcitação nuclear.



Interação Radiação-Meio: consequências

Excitação

Ionização

Ground State Electron
Nucleus

Dose Absorvida

Grandeza física que avalia a quantidade de energia transferida ao meio devido à irradiação com RI

$$D = \frac{dE_{ab}}{dm}$$

Qualquer tipo de RI, qualquer energia, qualquer meio.
Unidade no SI: $\frac{J}{kg}$, recebe o nome especial *gray*: $1Gy = \frac{1J}{kg}$

Radiação: Grandezas e Unidades

International Commission on Radiation Units and Measurements (ICRU)

Grandezas Físicas

Fluência, Φ
Exposição, X
Kerma, K
Dose absorvida, D

Definidas a partir das interações radiação - matéria

Definidas para situações de laboratório, validadas por medida e cálculos - aproximações para PR

Equivalente de dose ambiental, $H^*(d)$
Equivalente de dose direcional, $H^*(d,\Omega)$
Equivalente de dose pessoal, $H_p(d)$

Grandezas Operacionais

comparadas por medidas e cálculos (utilizando w_R , w_T e simuladores antropomórficos)

calculadas utilizando fatores que levam em conta efeito biológico

Dose absorvida no órgão/tecido (T), D_T
Dose equivalente no órgão/tecido (T), H_T
Dose efetiva, E

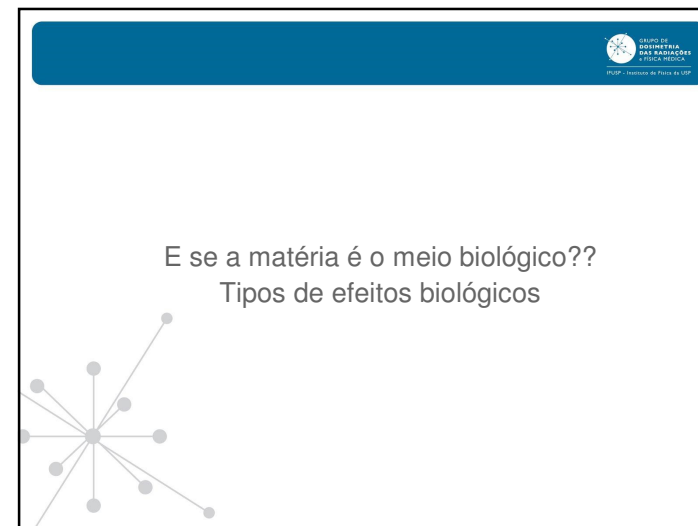
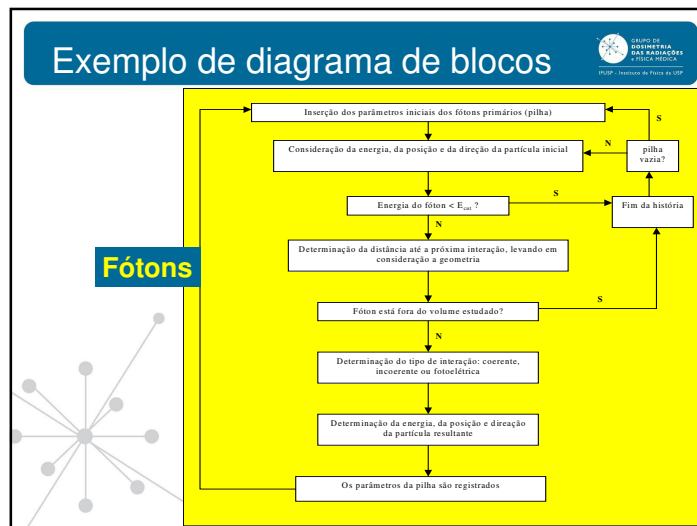
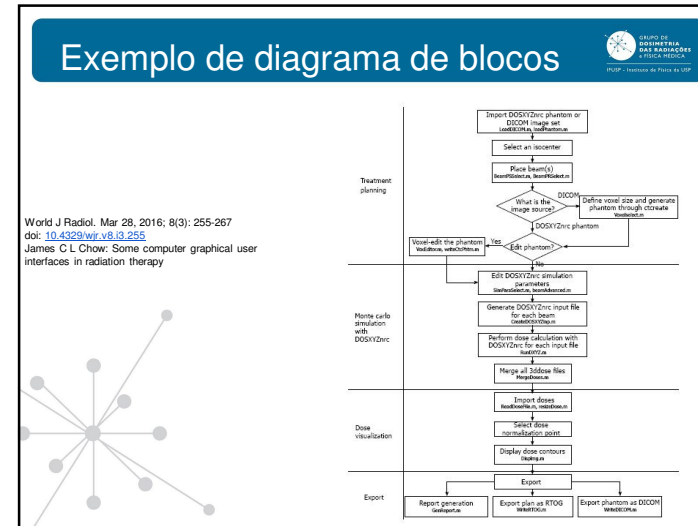
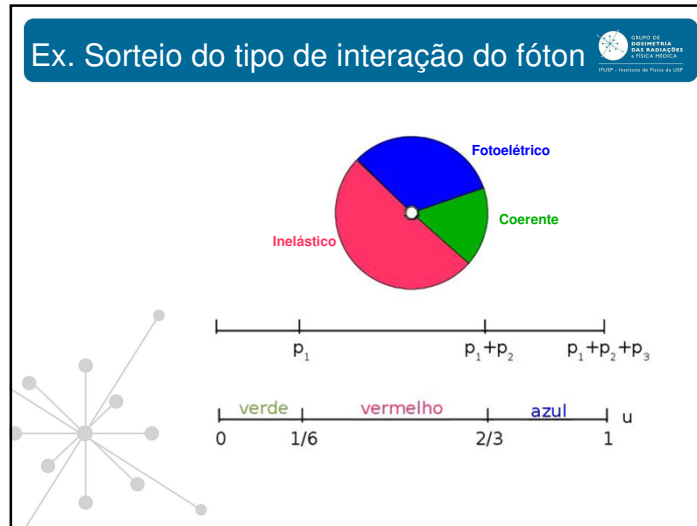
Grandezas Proteção Radiológica

relacionados por calibração e cálculos

Grandezas de Monitoração (área e individual)
Calibração de instrumentos (detectores)


Transporte de radiação Método de Monte Carlo

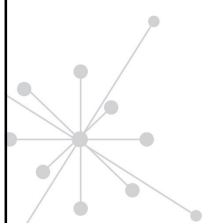
- Abordagem probabilística para a solução do problema de propagação de radiação em meios extensos.
- Em cada ponto do espaço se considera a energia que é transportada: adicionam-se em cada ponto as contribuições de radiação incidente, espalhada, primária ou secundária, para obter a energia radiante e energia absorvida em cada ponto.
- Equações não têm solução analítica.
- As interações da radiação são processos aleatórios, e se conhecem as distribuições de probabilidades
- "Sorteio" de distância até interação; de processo de interação; de parâmetros da interação: ângulo de espalhamento, energia transferida no volume, ângulo e energia de partículas secundárias etc.



Radiação e meio Biológico

A célula e o material genético





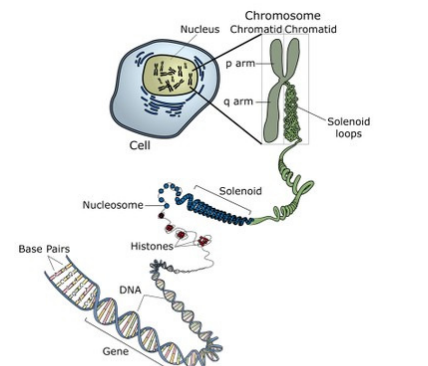

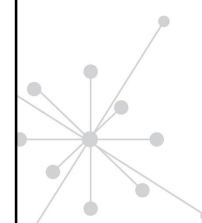


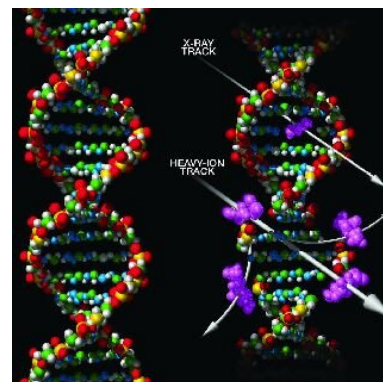
Image adapted from: National Human Genome Research Institute.

Radiação e meio Biológico

Ionizações / excitações no DNA






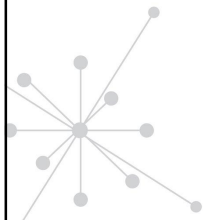


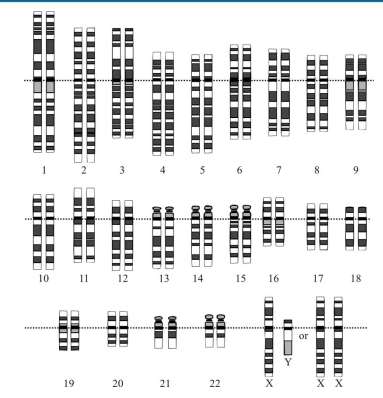
http://www.fr.sott.net/articles/show/143252-Repair-Shops-for-Broken-DNA

Radiação e meio Biológico

O cariótipo humano – células somáticas






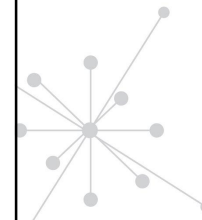


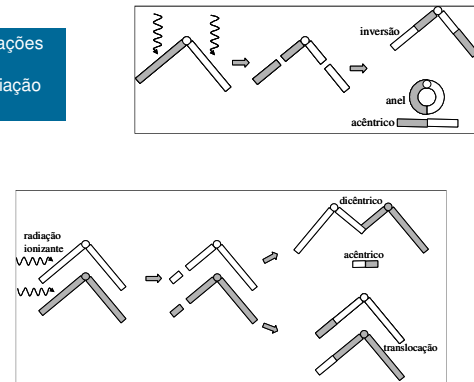
Fonte: [Human Genome Project](http://www.human-genome-project.org)

Radiação e meio Biológico


Exemplos de alterações em cromossomas, causados pela radiação ionizante







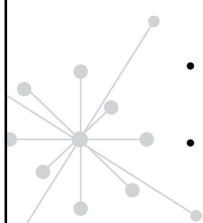
Radiação e meio Biológico




GRUPO DE SIMETRIA DAS RADIAÇÕES FÍSICA MÉDICA
RPPM - Instituto de Física da USP

Mudanças produzidas no DNA das células:

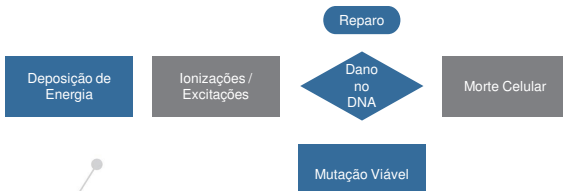
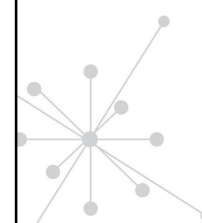
- Não são exclusivas (outros agentes)
- Podem ser reparadas (mecanismo de reparo celular)
- Célula afetada pode não ser viável (morte ou não-divisão)
- Célula pode reproduzir-se com o dano.




Efeitos Biológicos da Radiação



GRUPO DE SIMETRIA DAS RADIAÇÕES FÍSICA MÉDICA
RPPM - Instituto de Física da USP

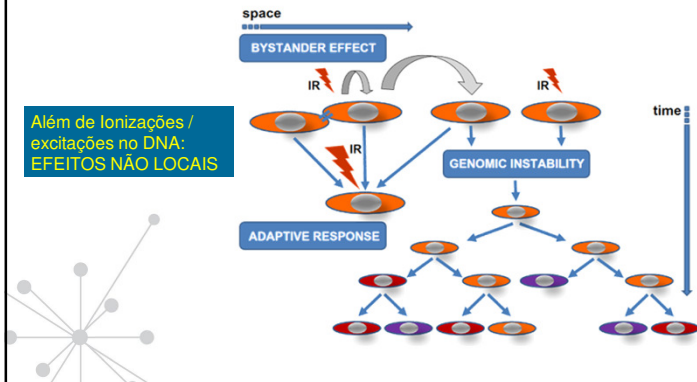



Radiação e meio Biológico

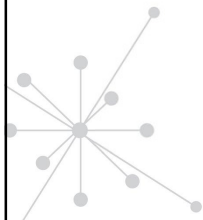


GRUPO DE SIMETRIA DAS RADIAÇÕES FÍSICA MÉDICA
RPPM - Instituto de Física da USP

Além de ionizações / excitações no DNA: EFEITOS NÃO LOCAIS



Cancer Letters 356 (2015) 126–136



Radiação e meio Biológico



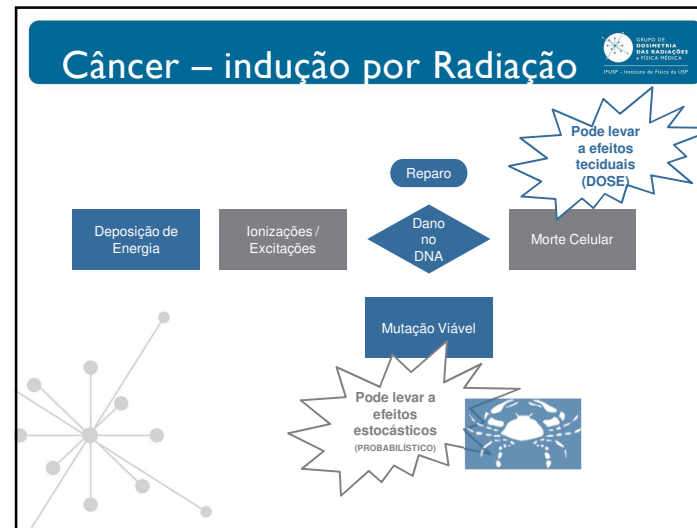
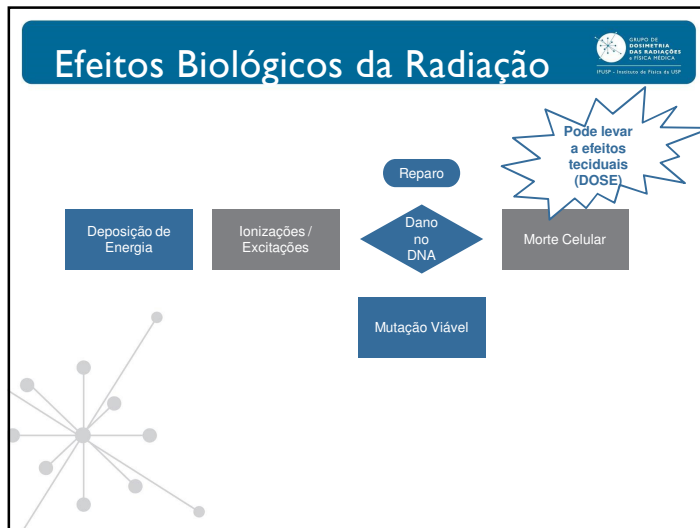
GRUPO DE SIMETRIA DAS RADIAÇÕES FÍSICA MÉDICA
RPPM - Instituto de Física da USP

Além de ionizações / excitações no DNA: EFEITOS NÃO LOCAIS



J. Radiol. Prot. 36 (2016) R23
J J Burt et al





Dosimetria em Física Médica

- Indução de câncer é
- Matar células

DOSE ABSORVIDA (quantidade de energia depositada pela radiação, por unidade de massa) é GRANDEZA METROLÓGICA e se relaciona ao sucesso do tratamento em radioterapia e à segurança do emprego das RI em diversas áreas da Medicina (radiologia diagnóstica, medicina nuclear) e de outros ramos de atividade.

aumenta com a energia depositada pela RI.

Dá para viver sem radiação Ionizante?

GRUPO DE DOSIMETRIA DAS RADIAÇÕES E FÍSICA MÉDICA
IFUSP - Instituto de Física da USP

Como nos protegemos?



GRUPO DE DOSIMETRIA DAS RADIAÇÕES E FÍSICA MÉDICA
IFUSP - Instituto de Física da USP

Proteção Radiológica



Formas de proteger a população e o ambiente dos efeitos danosos da radiação ionizante, que é empregada em várias atividades humanas.


- Legislação específica
- Atuação de especialistas
- Treinamento
- Divulgação

Fontes de informação: sobreviventes Hiroshima/Nagasaki; acidentes.




GRUPO DE DOSIMETRIA DAS RADIAÇÕES E FÍSICA MÉDICA
IFUSP - Instituto de Física da USP

Proteção Radiológica



Princípios:

- Toda exposição à radiação deve ser justificada
- Uma vez justificada, os procedimentos devem ser otimizados
- Trabalhadores ocupacionalmente expostos têm limitação de doses (e têm meios de verificar a dose recebida)
- A população não pode ser exposta a níveis de radiação muito acima da radiação de fundo (exceção – exposições médicas)









GRUPO DE DOSIMETRIA DAS RADIAÇÕES e FÍSICA MÉDICA

IFUSP - Instituto de Física da USP




Obrigada!

Elisabeth M. Yoshimura
e.yoshimura@if.usp.br