

Centro Universitário São Miguel



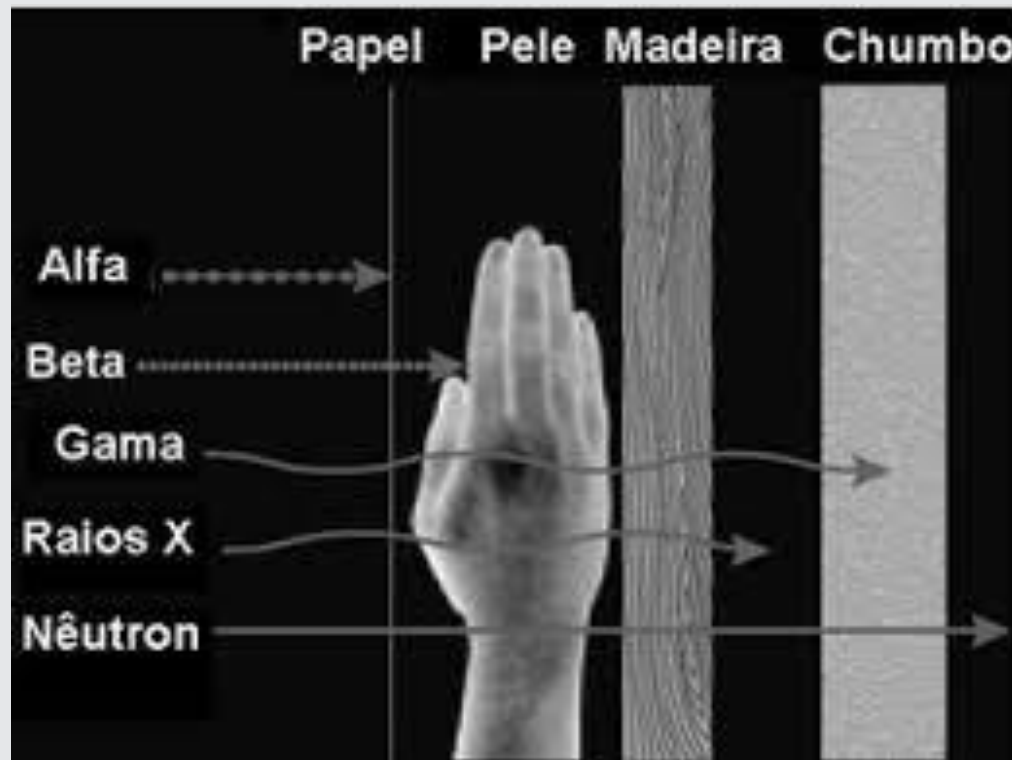
Biofísica

Radioatividade e Radiações em
Biologia

Prof. M.Sc. Yuri Albuquerque

RADIOATIVIDADE E RADIAÇÕES EM BIOLOGIA

O fenômeno da **Radioatividade** consiste na emissão espontânea de partículas ou energia pelo núcleo de um átomo. As partículas mais comuns são a alfa e a beta, e a energia é sempre a radiação gama.



RADIOATIVIDADE E RADIAÇÕES EM BIOLOGIA

Podem ocorrer fenômenos secundários nos elétrons orbitais, com ejeção de elétrons ou Raio X orbital. Os átomos que assim se comportam são denominados **Radioisótopos** ou **Radionuclídeos**.

A radioatividade existe em átomos naturais e átomos preparados artificialmente, e constitui um fenômeno de alta significância científica, técnica, industrial e, especialmente, social. Seu impacto na civilização é tão grande, que ainda está mal avaliado.



RADIOATIVIDADE E RADIAÇÕES EM BIOLOGIA

Natureza dos Fenômenos Radioativos. Forças Nucleares do Processo

Os núclídeos radioativos possuem excesso de **Matéria**, ou **Energia**, no núcleo. Conforme a Termodinâmica, esses elementos tendem a um estado mínima de energia, ejetando o excesso de Matéria ou Energia. Esse excesso de Matéria ou Energia deve ser entendido em termos relativos.

Por exemplo, o iodo-127 não é radioativo, mas o iodo-125 e o iodo-131 são. Pode-se dizer que o iodo-125 tem "**excesso**" de **prótons**, e o iodo-131 tem "**excesso**" de **nêutrons**. O bromo 80 (por núclídeo se denomina um átomo de composição definida em prótons, nêutrons e energia, tendo existência demonstrável por métodos físicos e químicos.) tem "**excesso**" de energia sobre o bromo 80.

RADIOATIVIDADE E RADIAÇÕES EM BIOLOGIA

Radioatividade Natural e Artificial

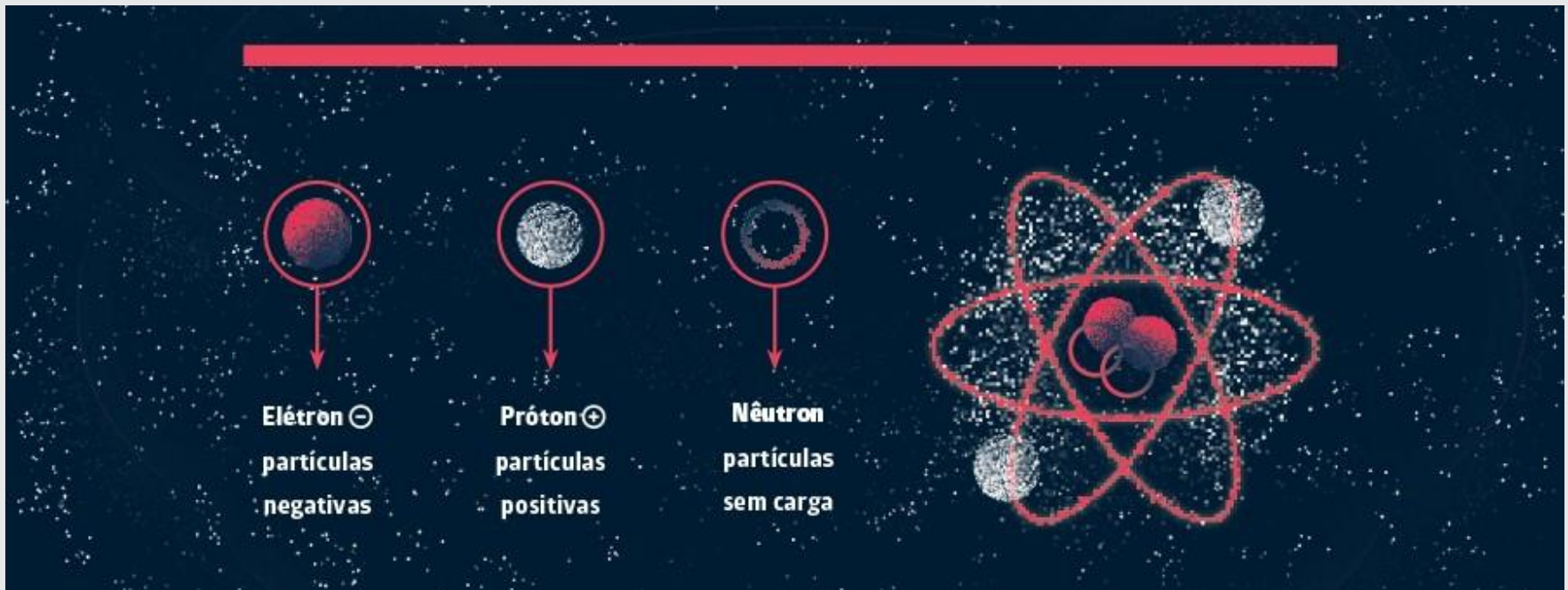
A radioatividade é encontrada em átomos recolhidos da natureza, ou em átomos preparados artificialmente. A radioatividade natural remonta a formação dos átomos, e pode ter milhões de anos. Se existem átomos radioativos naturais, cuja radioatividade dura pouco tempo, e porque se originaram de precursores de vida mais longa.

A produção artificial de radioisótopos é extremamente importante para a ciência, e eles são fabricados em pilhas atômicas, reatores atômicos e aceleradores de partículas. Explosões nucleares e fusão nuclear também geram radioisótopos.

RADIOATIVIDADE E RADIAÇÕES EM BIOLOGIA

Forças Nucleares

As envolvidas na radioatividade são as forças fracas, e a emissão de partículas, ou energia, não significa que o átomo se **desintegrou**, embora essa expressão seja usada para exprimir a radioatividade. A desintegração só ocorre em alguns átomos.



RADIOATIVIDADE E RADIAÇÕES EM BIOLOGIA

Estrutura e Representação de Átomos

Para esse estudo basta saber que os átomos se compoem de **núcleo** e **orbitas**. O núcleo possui prótons, nêutrons e as partículas beta negativa (negatron) e beta positiva (pósitron), que estão associados aos prótons e nêutrons. Os orbitais possuem elétrons. O núcleo de um átomo é descrito pela notação já muito conhecida:








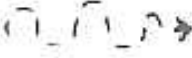
onde.: **X** é o símbolo do elemento, **Z** é o número atômico (número de prótons) e **A** é o número de massa (soma de prótons + nêutrons). A diferença $A - Z = N$, número de nêutrons.



RADIOATIVIDADE E RADIAÇÕES EM BIOLOGIA

Representação de Partículas e Radiações

A representação de partículas e energia através de diagramas e símbolos ajuda bastante a compreensão dos fenômenos radioativos.

Parâmetro	Diagrama	Símbolo	Sinônimos
Próton		p	
Nêutron		n	
Negatron		β^- , e^-	Elétron negativo
Pósitron		β^+ , e^+	Elétron positivo
Radiação gama		γ	
Radiação X		X	

RADIOATIVIDADE E RADIAÇÕES EM BIOLOGIA

Isótopos

Como o nome indica (isos = mesmo; topos = lugar), os ISOTOPOS ocupam o mesmo lugar na classificação periódica dos elementos e possuem obrigatoriamente o mesmo número de prótons, variando o número de nêutrons.

Exemplos de Isótopos				
Hidrogênio	${}^1_1\text{H}$	${}^2_1\text{H}$	${}^3_1\text{H}$	$Z = 1$
Carbono	${}^{12}_6\text{C}$	${}^{13}_6\text{C}$	${}^{14}_6\text{C}$	$Z = 6$
Sódio	${}^{22}_{11}\text{Na}$	${}^{23}_{11}\text{Na}$		$Z = 11$
Iodo	${}^{125}_{53}\text{I}$	${}^{127}_{53}\text{I}$	${}^{131}_{53}\text{I}$	$Z = 53$
Mercúrio	${}^A_{80}\text{Hg}$	Possui 7 isótopos, com $A = 196, 198, 199,$ $200, 201, 202$ e $204.$		
				$Z = 80$

RADIOATIVIDADE E RADIAÇÕES EM BIOLOGIA

Isótopos

Os isótopos se dividem em duas grandes classes:

- **Estáveis** – não se modificam espontaneamente, não são radioativos. Exemplos: ${}^1_1\text{H}$, ${}^2_1\text{H}$, ${}^{12}_6\text{C}$, ${}^{14}_7\text{N}$ e ${}^{15}_7\text{N}$, ${}^{16}_8\text{O}$ e ${}^{18}_8\text{O}$, ${}^{31}_{16}\text{S}$, ${}^{127}_{53}\text{I}$ e muitos outros.
- **Instáveis** – emitem espontaneamente partículas ou energia pelo núcleo, e se denominam radioisótopos, radioelementos ou radionuclídeos. Exemplos: ${}^3_1\text{H}$, ${}^{13}_6\text{C}$, ${}^{22}_{11}\text{Na}$, ${}^{23}_{11}\text{Na}$, ${}^{32}_{16}\text{S}$, ${}^{45}_{20}\text{Ca}$, ${}^{125}_{53}\text{I}$, e ${}^{131}_{53}\text{I}$ e muitos outros.

RADIOATIVIDADE E RADIAÇÕES EM BIOLOGIA

Isômeros

Como o nome indica (isos = mesmo; meros = parte) os ISÔMEROS possuem as mesmas partes constituintes, possuem o mesmo número de prótons e nêutrons, e diferem apenas no conteúdo de energia do núcleo.

Os isômeros existem sempre em dois estados:

- O **metaestavel** (m), com excesso de energia.
- O fundamental, sem símbolo, após emissão da energia.



RADIOATIVIDADE E RADIAÇÕES EM BIOLOGIA

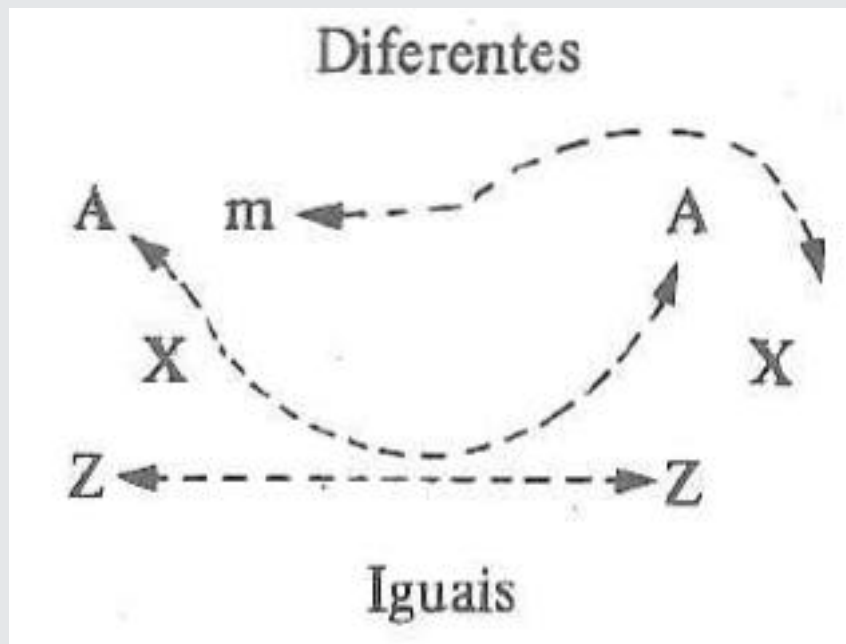
Isômeros

Alguns Isômeros		
	Metaestável	Fundamental
Bromo	$^{80}_{35}\text{Br}^m$	$^{80}_{35}\text{Br}$
Tecnécio	$^{99}_{43}\text{Tc}^m$	$^{99}_{43}\text{Tc}$
Indio	$^{113}_{49}\text{I}^m$	$^{113}_{49}\text{I}$

RADIOATIVIDADE E RADIAÇÕES EM BIOLOGIA

Isômeros

A letra **m** indica o estado metaestável, com o excesso de energia. Os isômeros são quase sempre produzidos artificialmente. A representação geral dos isômeros é:



RADIOATIVIDADE E RADIAÇÕES EM BIOLOGIA

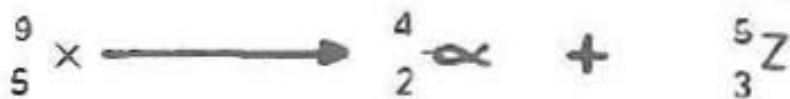
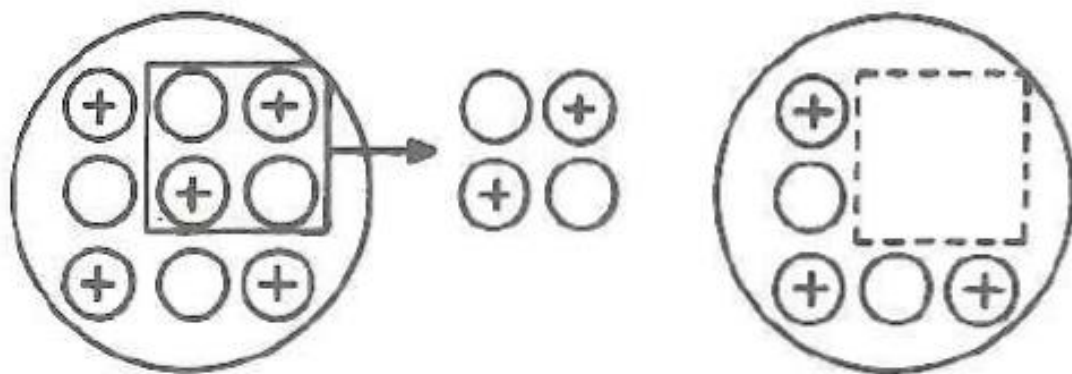
Emissões Radioativas

As emissões de Matéria e Energia pelos radionuclídeos, nos casos que mais interessam a Biologia, podem ser agrupadas em **seis tipos**: As **primárias**, 1. alfa, 2. beta e 3. gama, e as **secundárias**, 4. captura de elétron, 5. transição isomérica e 6, captura isomérica. A classificação em primárias e secundárias é mera conveniência.

RADIOATIVIDADE E RADIAÇÕES EM BIOLOGIA

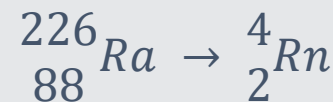
Emissões Radioativas – Emissão Alfa

A partícula alfa é o núcleo do gás hélio, e tem dois prótons e dois nêutrons. Tem portanto, massa 4 e carga +2 e o símbolo é ${}^4_2\alpha$.



Emissão alfa. Um nuclídeo hipotético 9_5X emite uma partícula ${}^4_2\alpha$ e se transforma em outro átomo 5_3Z .

Exemplo de emissão α :

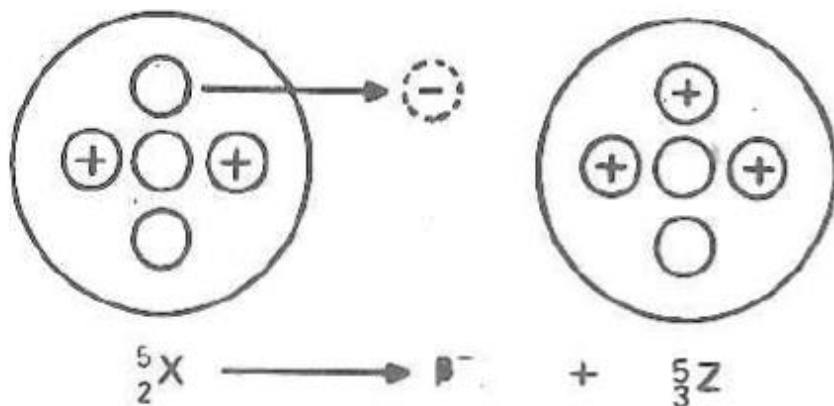


Rádio \rightarrow alfa + Radônio

RADIOATIVIDADE E RADIAÇÕES EM BIOLOGIA

Emissões Radioativas – Emissão Beta

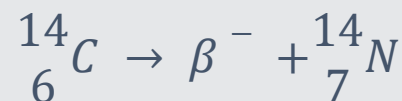
A partícula beta tem a massa do elétron, e pode ser negativa (negatron) ou positiva (pósitron). A partícula negativa é exatamente o elétron (símbolo e^- ou β^- , e a positiva é o antielétron (símbolo e^+ ou β^+).



Emissão β^- . Um nuclídeo hipotético ${}^5_2\text{X}$ emite uma partícula β^- e se transforma em outro átomo ${}^5_3\text{Z}$.

Nota-se que o número de massa ($A = 5$) não se altera, mas o número de prótons aumenta 1 unidade. **O efeito é como se um nêutron se transformasse em um próton.**

Exemplo de emissão β^- :



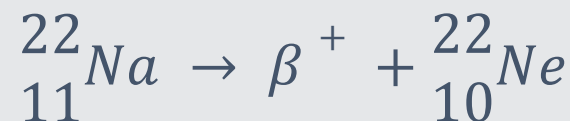
Carbono \rightarrow beta $^-$ + Nitrogênio

RADIOATIVIDADE E RADIAÇÕES EM BIOLOGIA

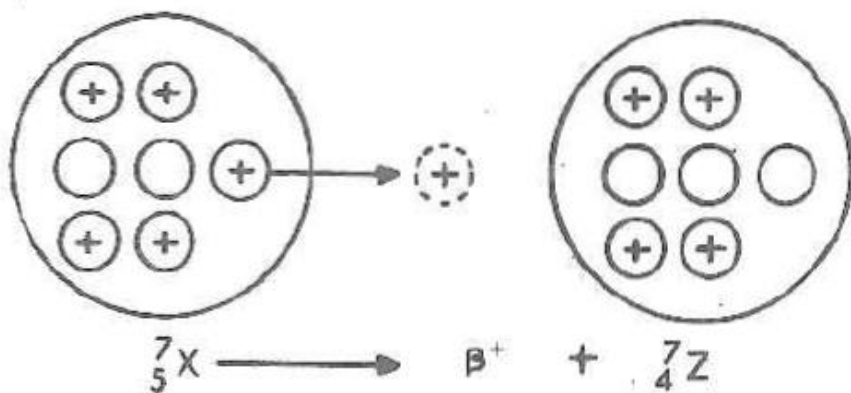
Emissões Radioativas – Emissão Beta

Na emissão β^+ ocorre o seguinte. Como no caso anterior, o número de massa não varia ($A = 7$), mas o número de prótons diminui 1 unidade. **O efeito é como se um próton se transformasse em um nêutron.**

Exemplo de emissão β^+ :



Sódio \rightarrow Beta⁺ + Neônio

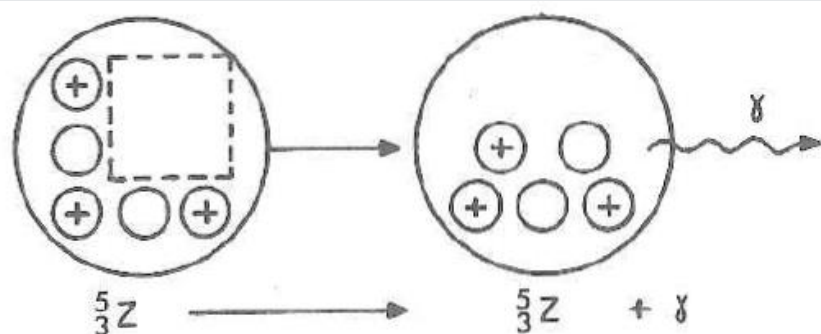


Emissão β^+ – Um átomo hipotético ${}^7_5\text{X}$ emite uma partícula β^+ e se transforma em outro átomo ${}^7_4\text{Z}$

RADIOATIVIDADE E RADIAÇÕES EM BIOLOGIA

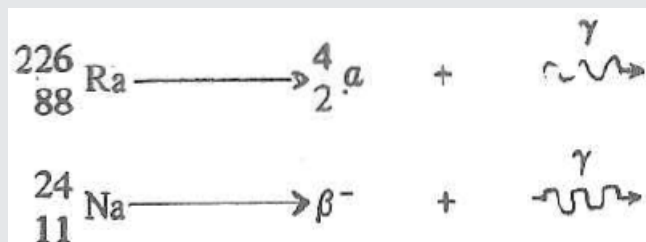
Emissões Radioativas – Emissão Gama

A radiação gama é energia eletromagnética, e portanto, sem carga elétrica. Ela ocorre quase sempre, depois da emissão de alfa, e em muitos casos de emissão beta.



Emissão γ – Um átomo hipotético, 5_3Z , após emissão de partícula, sofre rearranjo nuclear e emite radiação γ .

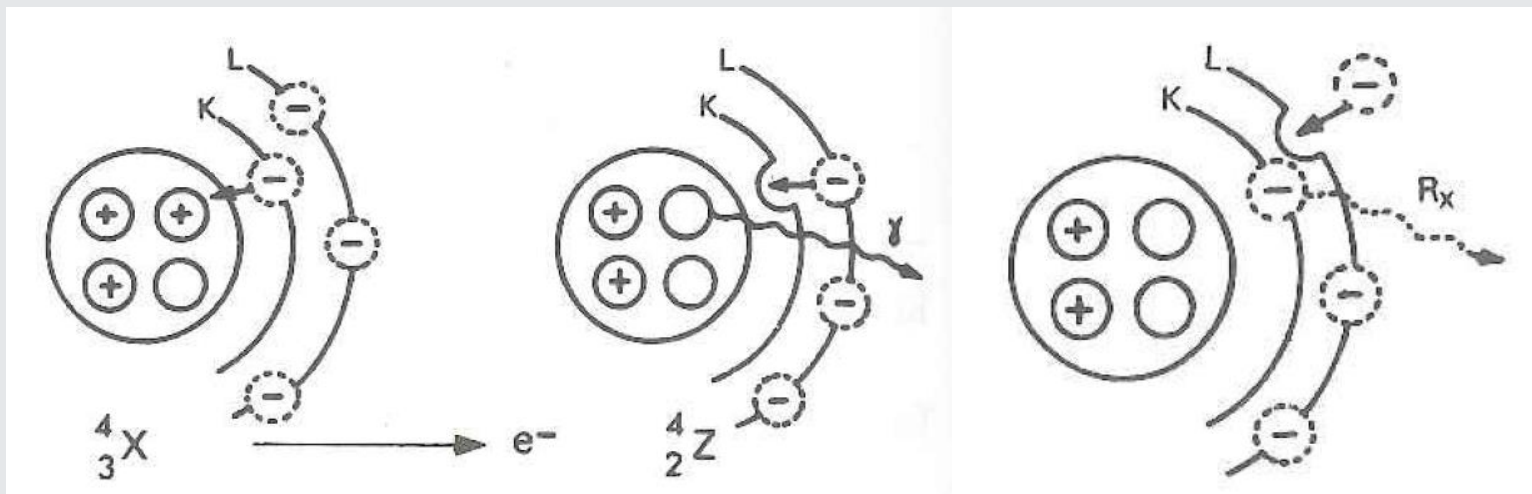
Não se deve confundir a radiação γ que acompanha a emissão de α ou β , com a emissão de γ na transição isomérica. Nas reações nucleares, quando núclídeos capturam partículas pode também ocorrer emissão de γ . Exemplos de emissão gama:



RADIOATIVIDADE E RADIAÇÕES EM BIOLOGIA

Emissões Radioativas – Captura de Elétron (EC)

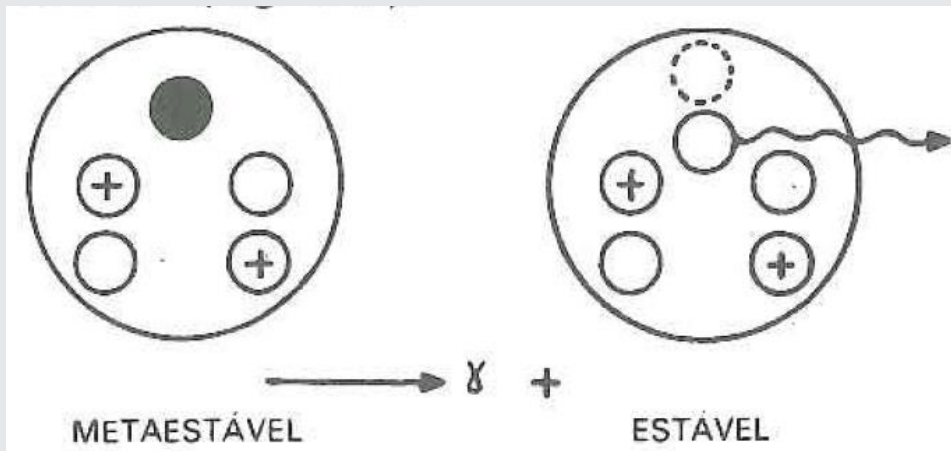
Consiste na captura de um elétron orbital pelo núcleo do átomo. Geralmente o elétron é da orbita K, e menos frequentemente, da órbita L ou M. Os núcleos desses elementos possuem deficiência de energia negativa no núcleo, e capturam o elétron para compensar. Após a captura, o núcleo emite radiação γ , e pode também emitir R_x orbital, quando há rearranjo orbital.



RADIOATIVIDADE E RADIAÇÕES EM BIOLOGIA

Emissões Radioativas – Transição Isomérica (IT)

Consiste em emissão de radiação γ , após rearranjo energético das partículas intranucleares. O núcleo desses elementos estava em estado excitado com excesso de energia, antes da emissão.



A) O núcleo metaestável (m) possui uma partícula com mais energia posicional (acima e sombreada). B) Quando a partícula desce de nível, emite a diferença de energia como radiação. O núcleo se torna estável.

RADIOATIVIDADE E RADIAÇÕES EM BIOLOGIA

Emissões Radioativas – Transição Isomérica (IT) vs Emissão γ

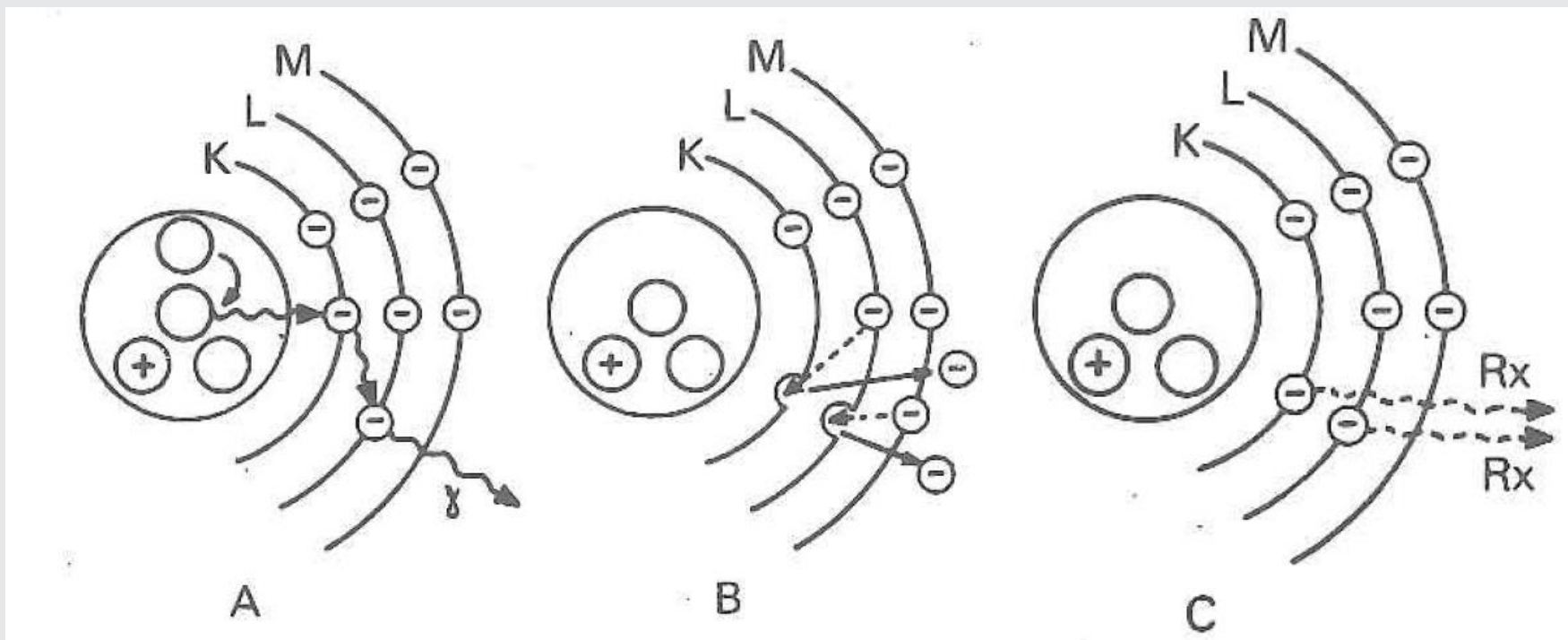
A emissão γ ocorre logo após a ejeção de uma partícula pelo núcleo. A transição Isomérica ocorre sem emissão previa imediata de partículas, há apenas rearranjo de partículas intranucleares. A partícula, cuja emissão da origem ao rearranjo nuclear, foi emitida tempos atrás.

São exemplos de transição isomérica: $^{99}\text{Tc}^m$, $^{133}\text{In}^m$ e outros.

RADIOATIVIDADE E RADIAÇÕES EM BIOLOGIA

Emissões Radioativas – Captura Isomérica (IC)

A radiação γ emitida pelo núcleo na transição isomérica, é absorvida por elétrons orbitais, que são ejetados.



RADIOATIVIDADE E RADIAÇÕES EM BIOLOGIA

Emissões Radioativas – Captura Isomérica (IC)

Nuclídeos podem ainda emitir **prótons**, **nêutrons**, **deutérios** (núcleo do deutério: próton + nêutron), e uma série enorme de subpartículas. Todas essas emissões causam efeitos importantes nos sistemas biológicos. Em quase ,todas emissões nucleares, neutrinos acompanham a emissão principal.

RADIOATIVIDADE E RADIAÇÕES EM BIOLOGIA

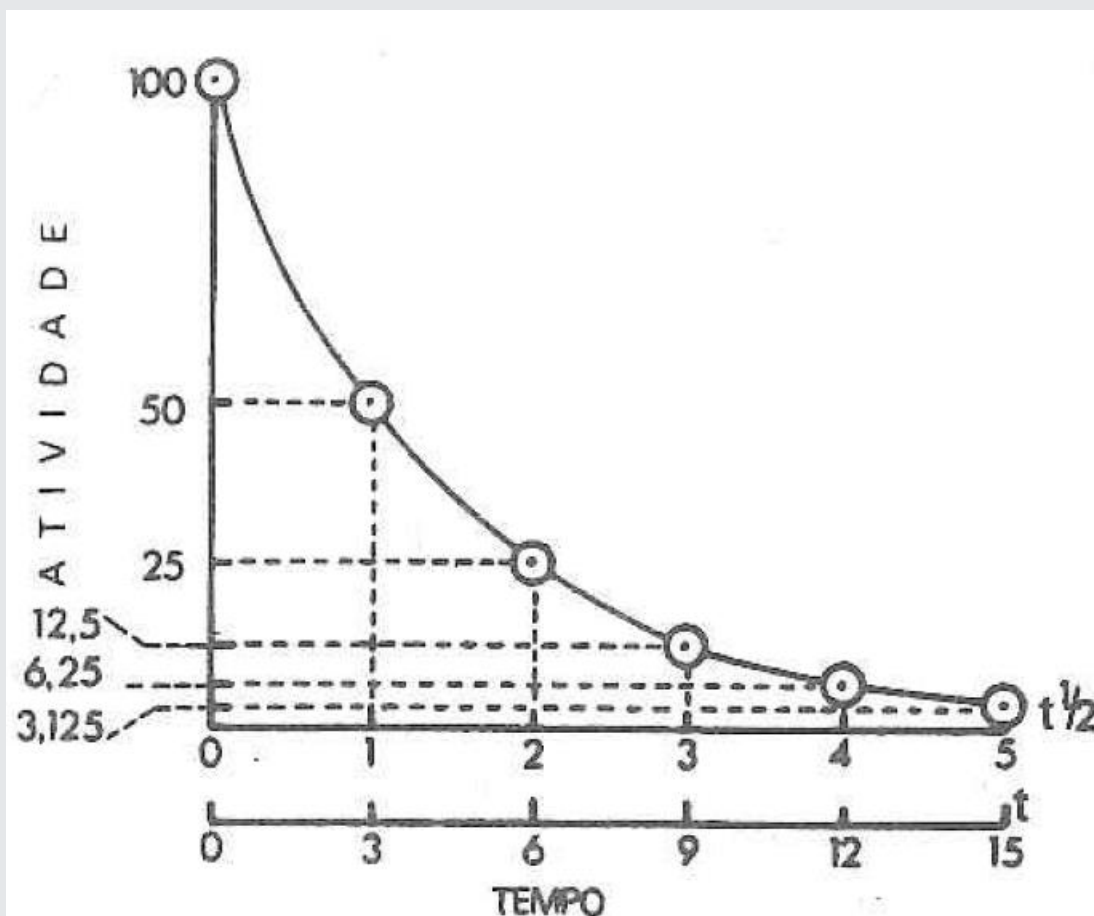
Desintegração Radioativa em Função do Tempo – Meia Vida

Como esperado pela Termodinâmica, a radioatividade de um material qualquer diminui com o passar do tempo. Essa diminuição é denominada **decaimento**, e obedece as leis bem determinadas.

"Meia vida ($t_{1/2}$) é o tempo que decorre para a radioatividade cair à metade".

RADIOATIVIDADE E RADIAÇÕES EM BIOLOGIA

Desintegração Radioativa em Função do Tempo – Meia Vida



Dcaimento Radioativo – No início, é 100%. Após a 1ª vida de 3 horas cai a 50%. Após a 2ª meia vida, será metade de 50, ou 25%, e assim por diante. O gráfico é uma função exponencial hiperbólica.

RADIOATIVIDADE E RADIAÇÕES EM BIOLOGIA

Interação das Emissões com a Matéria

A interação Radiação-Matéria depende do tipo e energia da emissão, das propriedades do material que recebe a radiação, e vários outros fatores. De um modo geral, o efeito da interação é:

"A matéria que absorve energia das emissões radioativas fica ionizada".

Essa ionização é responsável pelos desvios que ocorrem no caminho natural das reações bioquímicas nos seres vivos, e podem resultar em danos biológicos diversos.

RADIOATIVIDADE E RADIAÇÕES EM BIOLOGIA

Detecção e Registro da Radioatividade

A detecção é baseada nos efeitos resultantes da interação emissão-matéria. Perceber a existência de emissões radioativas é indispensável para o profissional de saúde. Essa demonstração da presença de radiações pode ser qualitativa e quantitativa.



RADIOATIVIDADE E RADIAÇÕES EM BIOLOGIA

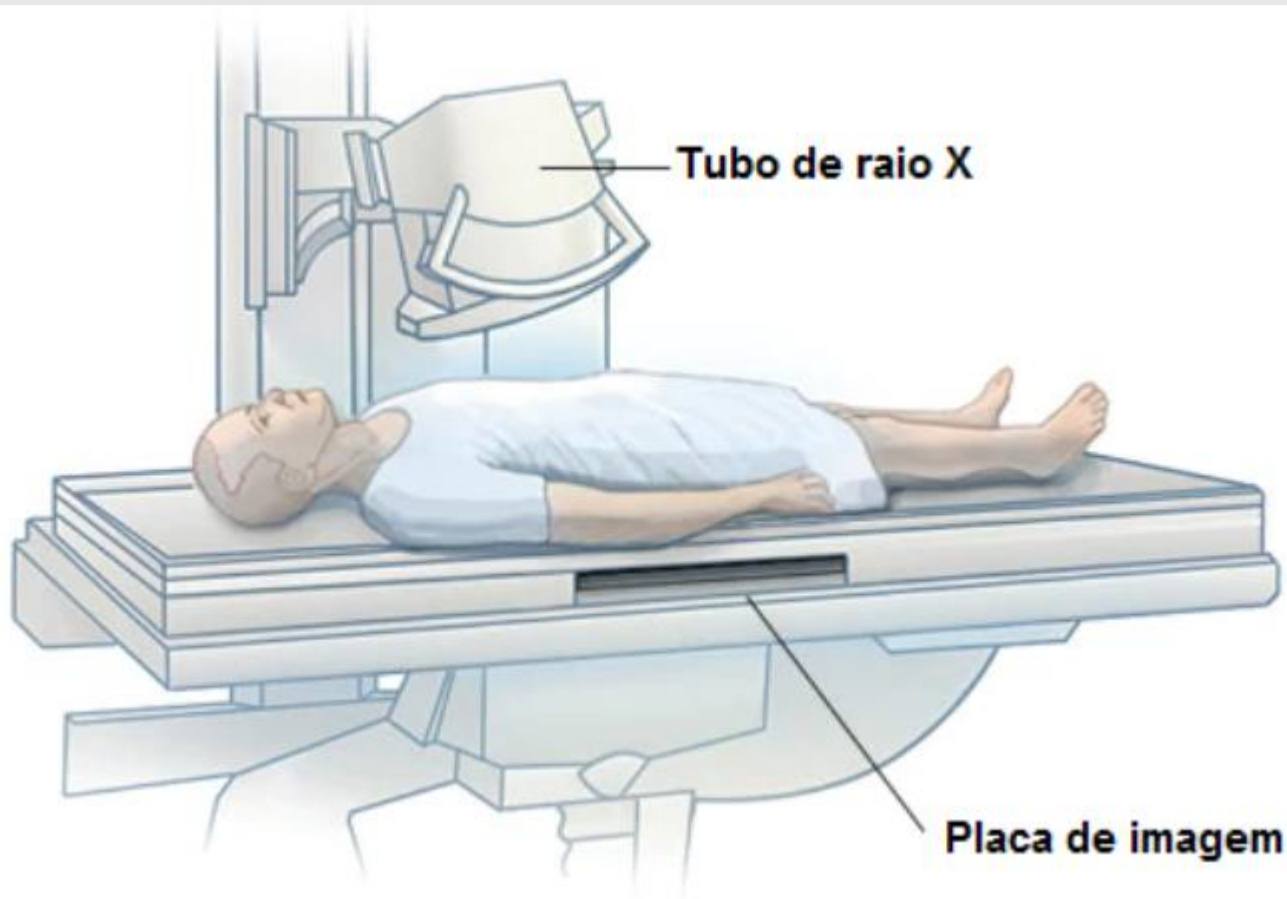
Autoradiografia

Consiste em impressionar uma emulsão fotográfica através do poder ionizante das radiações. A autorradiografia é hoje técnica de grande utilidade para profissionais de saúde. Ela pode ser macroscópica, onde folhas, órgãos e até animais inteiros, são colocados em contato com chapas fotográficas sensíveis, ou microscópicas, quando cortes histológicos são cobertos com uma emulsão fotográfica (sais de prata em gelatina), e deixados impressionar.

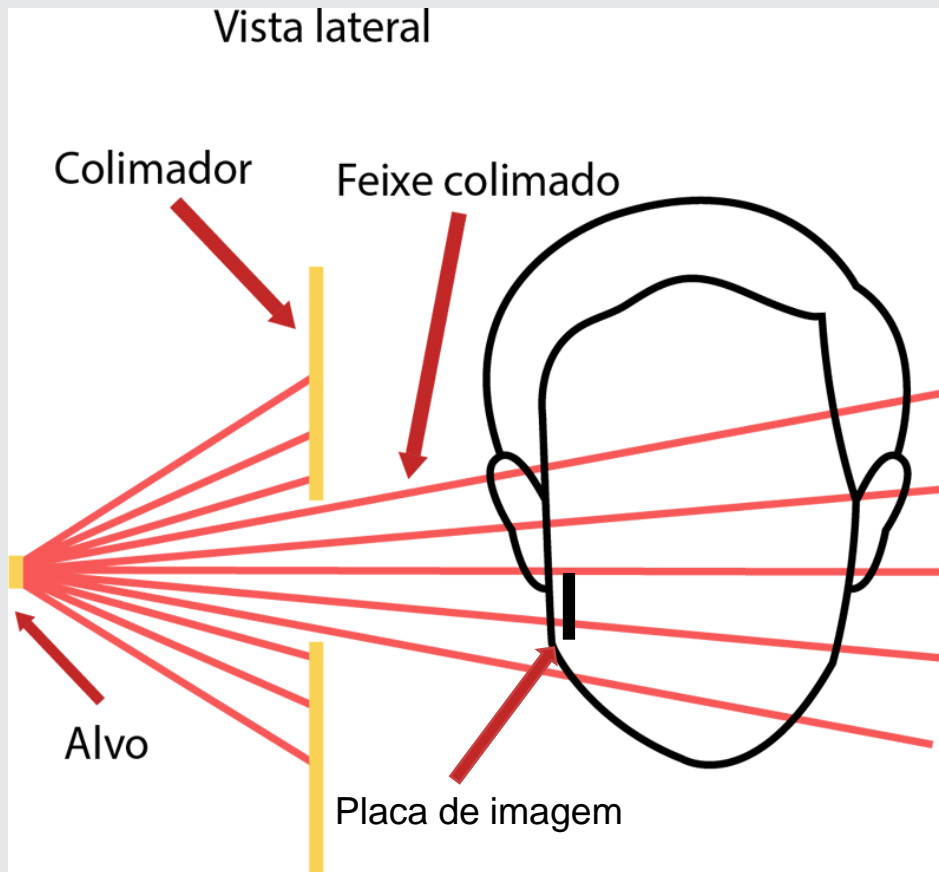
Após certo prazo, a lâmina é tratada com reveladores fotográficos, quando aparecem os grãos negros que indicam as zonas e estruturas radioativas. Essas lâminas podem ainda receber coloração histológica, e os detalhes do tecido serem visualizados.

RADIOATIVIDADE E RADIAÇÕES EM BIOLOGIA

Autoradiografia



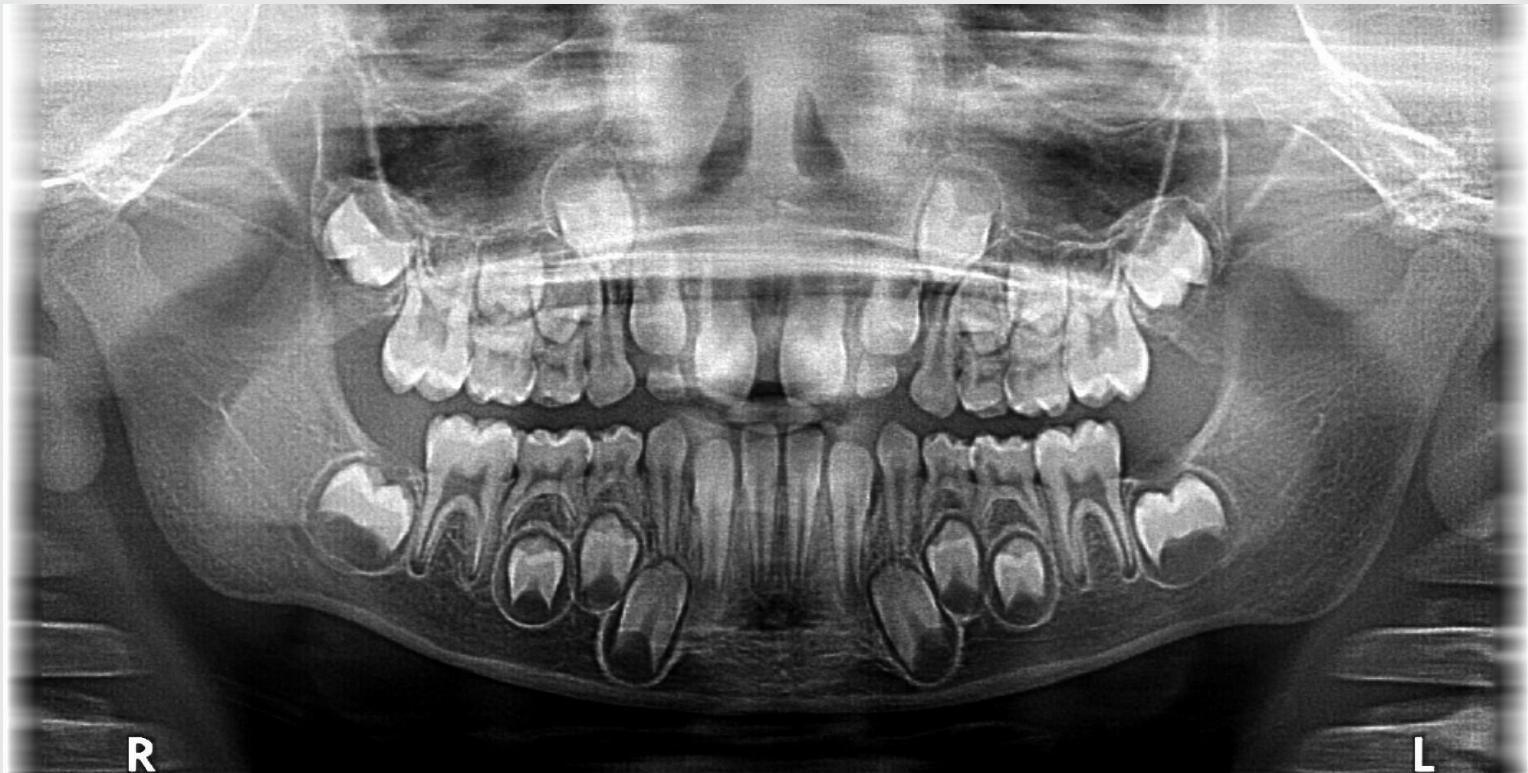
Autoradiografia



RADIOATIVIDADE E RADIAÇÕES EM BIOLOGIA

Radiografia Panorâmica

A radiografia panorâmica é um Raio X que engloba o complexo maxilomandibular, ou seja, trata-se de um exame de imagem que possibilita visualizar estruturas internas da região da boca.



RADIOATIVIDADE E RADIAÇÕES EM BIOLOGIA

Exames de Imagem

- **Radiografia periapical:** a radiografia periapical mostra o dente de forma detalhada, desde a coroa até a sua raiz, inclusive destacando as regiões do entorno do mesmo;
- **Radiografia interproximal:** também chamada de bitewing, esse tipo de exame de imagem evidencia as regiões circundantes a coroa (área entre os dentes), sendo muito utilizado para identificar cáries difíceis de serem vistas a olho nu;
- **Radiografia oclusal:** evidencia tanto a maxila quanto a mandíbula, e possibilita a avaliação de dentes impactados, inclusos, supranumerários, raízes residuais, processos patológicos, entre outros;
- **Tomografia Computadorizada:** captura imagens da boca de forma tridimensional, permitindo o estudo aprofundado a partir do modelo de uma área específica.

RADIOATIVIDADE E RADIAÇÕES EM BIOLOGIA

Exames de Imagem

- **Radiografia panorâmica:** evidencia as arcadas inferior e superior, em uma única incidência. Assim, a partir de uma única radiografia, o médico poderá avaliar todos os dentes, parte da articulação, partes do nariz e dos seios maxilares;
- **Telerradiografia:** procedimento que auxilia na identificação de ossos da face e do crânio, possibilitando a avaliação do crescimento, desenvolvimento, simetria e processos patológicos do paciente. Assim, costuma ser utilizada para o tratamento ortodôntico (introdução de aparelhos móveis e fixos);
- **Radiografia de ATM:** exame de imagem responsável por registrar a região da articulação temporomandibular, normalmente realizado em oclusão (paciente com mordida fechada ou em abertura máxima);

SUMÁRIO

- Heneine, I. F. Biofísica Básica. 2ª ed. Atheneu: Minas Gerais.

DOWNLOAD DO
CONTEÚDO DA AULA

<https://yurialb.github.io>



CONTATOS



E-mail: yuri.albuquerque@outlook.com

