

## **RESUMO**

O ambiente de diagnóstico por imagem na área da saúde pode produzir agressões, inclusive de caráter irreversível, aos trabalhadores, pacientes e indivíduos do público. Os efeitos biológicos, são resultados da interação da radiação com a matéria, esses efeitos surgem principalmente devido a interação da radiação com o material genético da pessoa (DNA), ou moléculas associadas, onde lhe causarão danos irreversíveis ou reversíveis, de acordo com a eficiência do sistema de reparo celular do individuo exposto e outros fatores.

No entanto, tais agressões podem ser evitadas, se medidas preventivas e de planejamento forem previamente adotadas.

Palavras chaves: Efeitos, DNA, Radiação, Sensibilidade dos tecidos vivos.

## **ABSTRACT**

The environment of diagnosis by image in the health field can produce attacks, including the irreversible nature, the workers, patients and individuals from the public. The biological effects are results of the interaction of radiation with matter, these effects arise mainly due to interaction of radiation with a person's genetic material (DNA), or associated molecules, where it reversible or irreversible damage, according to efficiency the system of cellular repair of individual exposed and other factors.

However, such attacks can be avoided if preventive measures and planning are adopted previously.

Keywords: Effects, DNA, radiation, Sensitivity of living tissue.

## **INTRODUÇÃO**

A natureza está cheia de átomos radioativos e conseqüentemente os seres vivos se formaram e se desenvolveram em convívio com este ambiente, a luz solar é uma fonte natural radioativa, está na areia da praia , na louça doméstica, nos alimentos, na televisão quando está ligada.

A radiação refere-se a ondas ou partículas de alta energia emitidas por fontes naturais ou artificiais, os fenômenos associados a interação da radiação com a matéria, seja biológico ou não, surgem os efeitos biológicos das radiações, que são as conseqüências posteriores a exposição. (Manuel Merck, seção 24, capítulo 279).

Os raios-x foram descobertos em 1895 por W. Roentgen, no entanto já no ano seguinte devido a pesquisa de H. Becquerel em si mesmo, constatou-se o primeiro efeito biológico dos raios-x, Becquerel notou que os raios produziam queimaduras em sua pele, alguns anos depois se percebeu que essas queimaduras poderiam evoluir a um câncer. Embora 4 meses após a descoberta dos raios-x, o medico J. Daniels da universidade de Vanderbilt, notificou a comunidade científica o 1º efeito biológico dos raios. A queda de cabelos de um dos seus colegas, cuja a radiografia de crânio havia sido feita.

Com a descoberta dos raios-x, o seu uso se tornou cada vez mais constante na medicina, entretanto o seu uso estava produzindo resultados desagradáveis, eritema de pele e a seguir ulcerações durante o tratamento dos pacientes.

Os efeitos das radiações sobre os seres vivos são muitos e complexos. As pesquisas sobre estes efeitos visam, em geral, correlacionar fatores como: dose recebida, energia, tipo de radiação, tipo de tecido, órgãos atingidos, dentre outros. Diferentes tecidos reagem de diferentes formas as radiações.

## **OBJETIVO**

Temos como objetivo conscientizar as pessoas que não estão informadas dos verdadeiros efeitos biológicos da radiação, e mostrar pra elas os riscos que estão correndo, ao realizar um exame.

## **METODOLOGIA**

No desenvolvimento deste trabalho tivemos como base de pesquisas de livros relacionados a bioquímica, biologia e outros.

Buscamos artigos na Internet, em sites como: Scielo, instituto de física da UFRGS e departamento de física da UFSC.

## **1.0. FATORES RELEVANTES PARA O SURGIMENTO DOS EFEITOS BIOLÓGICOS**

Os efeitos prejudiciais da radiação dependem da quantidade (dose), da duração da exposição, do grau de exposição, do tipo de tecido e do órgão, os efeitos da radiação também dependem da porcentagem do corpo que é exposto, por exemplo, uma radiação maior que 6 G (grays) geralmente pode causar a morte da pessoa exposta quando a radiação é distribuída por toda a superfície corpórea. No entanto, quando ela é limitada a uma área pequena, como na radioterapia, essa quantidade pode ser aplicada 3 a 4 vezes sem que sejam produzidas lesões graves no organismo.

Na radiosensibilidade, os diferentes tipos de tecidos do corpo humano possuem diferentes respostas a radiação. A comparação da radiosensibilidade de diferentes linhagens celulares indica que as células que se dividem rapidamente são mais radiosensíveis que as de reprodução lenta. A radiosensibilidade também depende da eficiência dos mecanismos de reparação celular no DNA e a ação de outros agentes químicos.

A ação das radiações no organismo humano produz uma serie de efeitos, que representam danos diferentes para cada região afetada. Os tecidos mais sensíveis a radiação são os da medula óssea, tecido linfóide, dos órgãos genitais, os do sistema gastro-intestinal e do baço. A pele e os pulmões mostram sensibilidade média, enquanto que os músculos, tecidos neurais e ossos plenamente desenvolvidos são os menos sensíveis. A seguir, exemplos de tecidos e órgãos relativos aos efeitos biológicos imediatos mais prováveis na irradiação de corpo inteiro, com doses agudas de radiação.

- **Tecido hematopoiético**
- **Sistema linfático**
- **Sistema gastro-intestinal**
- **Glândula tireóide**
- **Sistema urinário**
- **Olhos**
- **Órgãos reprodutores**

Os efeitos da radiação dependem também da dose recebida veja:

< 5 rad	Nenhum efeito imediato é observado
5-50 rad	Ligeira variação na contagem do sangue
50-150 rad	Ligeira variação na contagem do sangue e sintomas de náusea, vômito, fadiga, etc
150-1100 rad	Severas mudanças no sangue serão notadas e os sintomas aparecem imediatamente. Aproximadamente 2 semanas depois, algumas pessoas expostas morrem. Aqueles expostos a 300-500 rad, até a metade morrerão dentro de 30 dias sem tratamento medico intensivo. A morte ocorre devido a destruição dos órgãos formadores do sangue. Sem glóbulos brancos, as infecções aparecem. Na margem superior desta faixa, é necessário um transplante de medula.
1000-2000 rad	A probabilidade de morte aumenta para 100% dentro de 1 ou 2 semanas. Os sintomas iniciais aparecem imediatamente. Poucos dias depois, há uma piora drástica, devido à destruição do sistema gastrointestinal. Uma vez do que o sistema gastrointestinal para de funcionar, nada pode ser feito e o tratamento medico é apenas um paliativo para a dor.
> 2000 rad	A morte é certeza. Em doses acima de 5000 rad, o sistema nervoso central (cérebro e músculos) não consegue mais controlar as funções corporais, como respiração e circulação sanguínea. A morte ocorre dentro de dias ou horas. Nada pode ser feito.

## 2.0. RADIAÇÃO IONIZANTE E NÃO-IONIZANTE

Em uma interação, a radiação cede a um átomo certa quantidade de energia, esta energia pode ser suficiente para arrancar um elétron orbital e conferir-lhe energia cinética, provocando assim a ionização. Ex: raios-x. Em outros casos a radiação não tem energia suficiente para provocar ionização, mas consegue promover o elétron a um nível energético superior, acarretando a excitação ou ativação, como por exemplo: raios UV (ultra violeta).

### 2.1 EFEITOS BIOLÓGICOS DAS RADIAÇÕES IONIZANTES

Os efeitos biológicos das radiações ionizantes podem ser divididos de duas maneiras: direto e indireto.

Direto: é quando a energia de uma radiação pode ser transferida direto para o DNA, modificando sua estrutura.

Indireto: ocorrem em situações em que a energia é transferida para uma molécula intermediária (ex: água) cuja radiólise acarreta a formação de produtos altamente reativos, capazes de lesar o DNA.

### 2.2. EFEITOS BIOLÓGICOS DAS RADIAÇÕES NÃO-IONIZANTES

Embora as radiações não ionizantes não seja capaz de ionizar um átomo, seu efeito no organismo não é menos perigoso que as ionizantes, pois elas não atuam só em nível atômico (como as ionizantes), mas também a nível molecular, como acontece com a radiação UV (ultra violeta), quando interage com a molécula de DNA.

### 2.3. A INTERAÇÃO DA RADIAÇÃO NOS TECIDOS VIVOS

A medida que a radiação penetra nos tecidos, vai perdendo energia através de uma serie de colisões e interações ao acaso com os átomos e moléculas que lhe atravessam o caminho, essas colisões originam íons (elétrons arrancados da eletrosfera) que rompem ligações moleculares, causando alterações em moléculas vizinhas. Geralmente, os raios-x (que são eletricamente neutros) se

caracterizam por um baixo gradiente de transferência linear de energia, ou seja, geram poucos íons ao longo de seu trajeto e penetram profundamente nos tecidos, já as partículas dotadas de cargas se caracterizam por uma transferência linear mais elevada e menor penetração.

### 3.0 EFEITOS BIOLÓGICOS

Os efeitos biológicos das radiações (raios-x) podem ser do tipo somático ou hereditário.

#### 3.1. SOMÁTICOS

São aqueles que afetam diretamente o indivíduo exposto a radiação e não são transmitidos a gerações futuras. Os efeitos somáticos podem ser imediatos, ou seja, quando a dose absorvida for muito alta, recebida toda de uma vez só, ou somática tardio, que resulta em pequenas doses, mas continuadas num longo intervalo de tempo como são os casos que ocorrem em pessoas ocupacionalmente expostas, como os técnicos em radiologia e mineiros de urânio.

#### 3.2. EFEITOS HEREDITÁRIOS

Os efeitos hereditários ou genéticos surgem somente nos descendentes das pessoas irradiadas, como resultados de danos por radiações em células dos órgãos reprodutores.

### 4.0. EXEMPLOS DE EFEITOS SOMÁTICOS

A radiação atinge os tecidos mais sensíveis do organismo, como; **tecido Hematopoiético** (medula óssea): causando leucopenia (redução dos glóbulos brancos do sangue sendo esses responsáveis pela defesa do organismo, diminuindo a imunidade do indivíduo, deixando-o susceptível a infecções, podendo levá-lo a óbito.)

**Anemia:** morte das hemácias (células vermelhas do sangue)

**Trombocitopenia:** severa diminuição das plaquetas que são responsáveis pela coagulação do sangue.

**Sistema gastrointestinal:** a radiação causa a destruição das células que revestem o trato digestivo, e as células que absorvem nutrientes, resultando em desnutrição, anorexia, hemorragia, aumento de secreções, diarreia, náuseas, vômitos.

**Perda de cabelo:** as células da raiz do cabelo são extremamente sensíveis, pois estão em constante desenvolvimento( os cabelos não param de crescer).

**Esterilidade:** a radiação atinge os espermatozoides ou seus precursores, (espermatogonia, espermatócitos, espermátide) deixando-o incapaz de fecundar o óvulo, na mulher atinge os ovários, onde está o óvulo e seus precursores, ao atingir as células reprodutoras pode causar alterações estruturais quanto molecular nas células germinativas, ocasionando assim, má formação nessas células, ex: espermatozoide sem flagelo, sem acrossomo (que rompe o óvulo), alterações na divisão dos precursores do óvulo, e outros.

**Catarata:** ao contrário de outras células, as das lentes dos olhos, não são alto recuperáveis. Quando essas células são danificadas ou morrem a formação de catarata, ocorrendo perda de transparência dessas células.

## 5.0. EXEMPLOS DE EFEITOS SOMÁTICOS TARDIOS

**Câncer:** podem ocorrer alterações genéticas que danificam o sistema de controle da divisão celular levando a célula a crescer e se multiplicar sem necessidade. Caso essa tendência de multiplicação descontrolada seja transmitida a células filhas, surgira um clone de células com propensão a se expandir indefinidamente, um tumor.

A transformação de uma célula normal em uma célula tumoral pode ocorrer devido a diversas alterações genéticas: mutações gênicas, perda e duplicação de cromossomos (inteiros ou pedaços) quebras cromossômicas, etc:

### 5.1. COMPOSIÇÃO DO DNA

Base nitrogenada adenina, citosina, guanina e timina. Que se liga a desoxirribose através da ligação n-glicosídica.

Há uma ligação entre os nucleotídeos, denominada ligação fosfodiéster, que liga o grupo fosfato de um a desoxirribose de outro.

As bases nitrogenadas estão ligadas uma a outra pela ponte de hidrogênio.

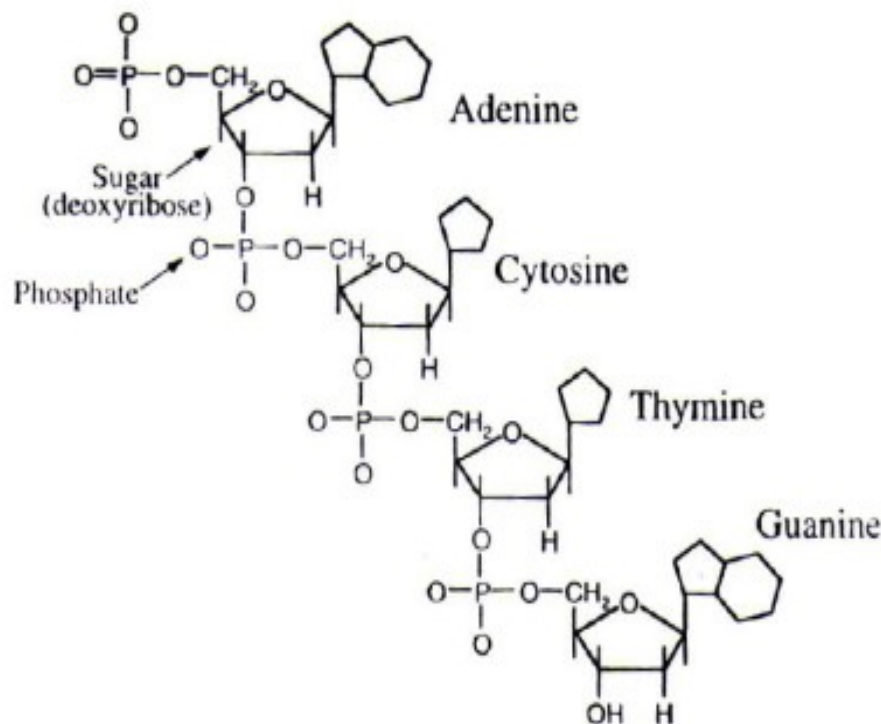


Fig: 1.1

### 5.2. O QUE OS RAIOS-X FAZ?

Promove a alteração na estrutura da base, ou romper a base ( que é quebrar a ligação n-glicosídica).

Pode também promover a alteração da estrutura da desoxirribose, ou romper a ligação fosfodiéster (que liga um nucleotídeo no outro).

Pode também romper as pontes de hidrogênio, separando as bases nitrogenadas.

Tudo isso pode ser reparado pela célula, através da proteína DNA polimerase, que é uma espécie de sistema de reparo, no entanto para a DNA polimerase agir no DNA, é necessária uma liberação da P53, que também é uma proteína, sua função é impedir que a célula se divida caso o DNA esteja com algum dano.

Se por acaso os raios-x atinge e danifique o gene responsável pela produção da P53, causando-lhe uma mutação (um erro na informação do DNA ao RNA), a produção desta proteína estará alterada ou até mesmo a ausência de sua produção.

Conseqüentemente este ponto de checagem de algum provável dano no DNA não ocorre, deixando assim a estrutura do DNA alterada, ocorrendo uma multiplicação de forma errada e desordenada, como ela não possui um ponto de checagem, sua multiplicação não será interrompida, gerando um tumor.

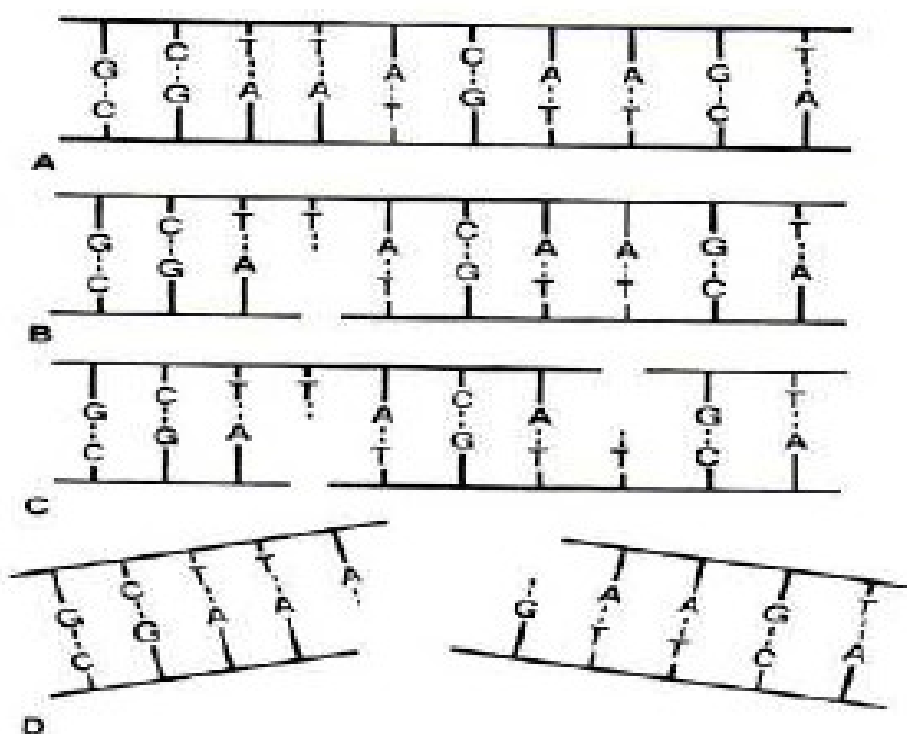


Fig: 1.2

## 6.0. TERATOGENESE

O embrião em desenvolvimento também é composto de células que se dividem muito rapidamente, como vimos esses tipos de células (células de divisão muito rápida) são as mais sensíveis às radiações, os efeitos intra-uterino envolvem a produção da má formação no embrião em desenvolvimento.

A má formação produzida não indica um efeito genético, pois quem está exposto é o embrião e não as células reprodutivas dos pais.

Assim como no desenvolvimento do câncer, no feto a radiação promove os mesmos efeitos no DNA, porém como o feto está em período de várias formações organogêneses, as multiplicações de suas células estão aceleradas, a radiação (Rx) promove tanto uma divisão desordenada, como uma ausência de divisão (que gera a falta de órgãos ou até mesmo membros).

Pode ocorrer também uma migração errada de células, devido a divisão desordenada, ocorrendo a formação de órgãos ou membros em locais diferentes do normal.

<b>Semana após a fecundação</b>	<b>Efeitos</b>
<b>1. (Pré-implantação)</b>	<b>Morte intra-uterina</b>
<b>2-7 (organogênese)</b>	<b>Retardamento no crescimento, anormalidades, câncer na infância.</b>
<b>8-40 (Estágio final)</b>	<b>O mesmo acima, porém com menor risco.</b>

## **CONCLUSÃO**

Radiação são ondas ou partículas contendo alta energia, emitidas de fontes naturais ou artificiais, por convenção são classificadas por: ionizante e não-ionizante, de acordo com a sua capacidade de ejetar elétrons da eletrosfera do átomo (ionização) ou não, respectivamente.

Os efeitos biológicos, são resultados da interação da radiação com a matéria, esses podem ser diversos e dependem de uma variedade de fatores, como: dose, tempo de exposição, grau de exposição, tipo de radiação, eficiência do sistema de reparo celular, dentre outros.

A história nos mostra que, desde a descoberta das partículas radioativas, têm-se notificado vários efeitos danosos em seres vivos, e esses efeitos passaram a ser classificados por: somáticos, que são aqueles que surgem na própria pessoa irradiada em breve intervalo de tempo ou em fase mais tardias de acordo com a dose recebida, ou hereditários, que surgem nas gerações futuras da pessoa irradiada.

Esses efeitos surgem principalmente devido a interação da radiação com material genético da pessoa (DNA), ou moléculas associadas, onde lhe causarão danos irreversíveis ou reversíveis, de acordo com a eficiência do sistema de reparo celular.

Lembrando que muitas vezes todos esses efeitos podem ser evitados, respeitando os 3 (três) princípios básicos da radio proteção: blindagem, tempo curto de exposição e distância.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:**

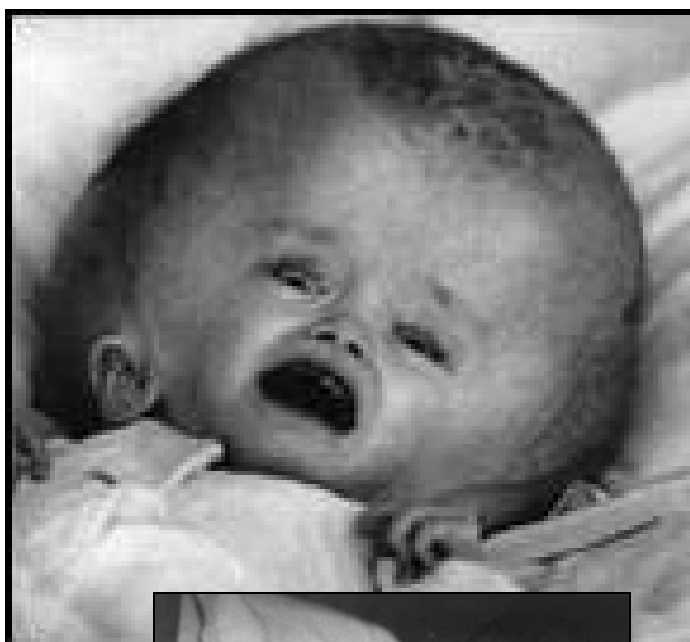
Scharberle e Canzian, departamento de física da UFSC  
Instituto de física UFRGS  
Caio César Neves de Sousa, acadêmico de biologia da UCG  
Scientific American, vol: 289 n1, 2003 p 50  
Champe, P.C. Bioquímica ilustrada. 5º edição Art, med. SP,2005  
Lehninger, al princípios de bioquímica, SP, Savier 2006  
Stryer, Bioquímica 5º edição Guanabara Koogan, RJ, 2004

## ANEXOS

### EXEMPLO DE QUEIMADURA CAUSADA PELA RADIAÇÃO



### EXEMPLOS DE TERATOGENESE





## A RADIAÇÃO TAMBÉM AFETA PLANTAS E ANIMAIS



## EFEITOS HEREDITÁRIOS OU GENÉTICOS



Cromossomos normais

Após efeito da radiação

