

# EFEITOS BIOLÓGICOS DA RADIAÇÃO NO AMBIENTE HOSPITALAR

**Audrey Scarpel Boschi<sup>1</sup>, Claudia Braga Martins<sup>1</sup>, Joyce Mayra Ferreira Pedro<sup>1</sup>, Prof. Paulo Roxo Barja<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> UNIVAP- Universidade do Vale do Paraíba - Av. Shishima Hifumi, 2911 – Urbanova – 12244-000 São José dos Campos – SP aboschi@univap.br

<sup>2</sup> IP&D – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento, Universidade do Vale do Paraíba. Av. Shishima Hifumi, 2911 – Urbanova – 12244-000 – São José dos Campos – SP ip&d@univap.br

**Palavras-chave:** Radiação, Efeitos Biológicos

**Área do Conhecimento:** III – Engenharias

**Resumo-** A radiação é a transmissão de energia de um sistema para outro por meio de ondas eletromagnéticas. De acordo com o efeito que a radiação produz na matéria com a qual interage, ela pode ser classificada como: ionizante e não-ionizante. A sensibilidade à radiação está relacionada ao tipo de célula atingida. As células formadoras de sangue são mais sensíveis; células musculares e nervosas são mais resistentes à radiação. A composição celular é de 85% de água. A água se ioniza quando é exposta a partículas alfa ( $\alpha$ ), beta ( $\beta$ ) ou gama ( $\gamma$ ). O objetivo deste trabalho foi realizar uma breve pesquisa com os funcionários de hospitais público e particular, verificando assim a dosagem anual de radiação recebida por estes profissionais. Para a realização da pesquisa, os voluntários responderam um breve questionário, com base nas normas de proteção radiológicas norte-americanas. Verifica-se em alguns casos a falta de treinamento para o cumprimento efetivo das normas de proteção.

## Introdução

A radiação é a transmissão de energia de um sistema para outro por meio de ondas eletromagnéticas (como infravermelho, luz visível, raios ultravioleta e raios X) ou partículas dotadas de massa (como as radiações alfa e beta). Além da luz visível, em nosso cotidiano estamos freqüentemente expostos ao infravermelho e à radiação ultravioleta, devido aos raios solares que ultrapassam a camada de ozônio (cerca de 5% da radiação solar chega efetivamente à terra) ou de lâmpadas.

De acordo com o efeito que a radiação produz na matéria com a qual interage, ela pode ser classificada como:

- Ionizante* – radiação em que os fótons ou partículas produzem íons a partir da matéria com a qual interagem (exemplos: radiação alfa e raios-X). O fenômeno da ionização pode gerar danos às estruturas vivas;
- Não-ionizante* – apresenta baixa energia, insuficiente para gerar ionização (exemplos: luz, calor radiante e ondas de rádio).

A sensibilidade à radiação está relacionada ao tipo de célula atingida. As células formadoras de sangue são mais sensíveis; células musculares e nervosas são mais

resistentes à radiação – assim, músculos e cérebro são menos afetados.

Os efeitos da radiação também dependem de vários outros fatores, como: dose total, tipo de radiação, idade do indivíduo, estágio de divisão celular, parte do corpo exposto, estado geral da saúde, volume de tecido exposto e intervalo de tempo em que a dose é recebida.

A unidade para expressar a dose da radiação absorvida pela matéria é o Gray (Gy) - definição de quantidade de radiação absorvida - corresponde a 1 J/Kg. Os efeitos da radiação dependem da dose recebida, como podemos ver na Tabela 1.

Tabela 1 – Efeitos da Radiação

Dose	Efeitos
>100 Gy	Falência do Sistema Nervoso Central: desorientação espaço-temporal, perda de coordenação motora, distúrbios respiratórios, convulsões, estados de coma - morte ocorre após algumas horas;
50 a 99 Gy	Síndrome gastrointestinal caracterizada por náuseas, vômito, perda de apetite, diarreia intensa e apatia; em seguida, há desidratação, perda de peso e infecções graves -

	morte ocorre em poucos dias;
10 a 49 Gy	Síndrome hematopoiética decorrente da inativação das células sanguíneas (hemácias, leucócitos e plaquetas) e dos tecidos responsáveis pela produção dessas células (medula);
< de 10 Gy	Pode ser grave ou não, variando de pessoa para pessoa.

---

Os níveis de exposição se dividem em duas categorias:

1) Exposição a altas doses em breves intervalos de tempo (efeito agudo de curta duração) – causa morte celular, danos em tecidos e órgãos, perda de cabelo, esterilidade temporária ou permanente em homens (em mulheres é permanente se a dose for > 400Rad), catarata se a dose for em torno de 200Rad;

2) Exposição a baixas doses num período de tempo mais extenso (efeitos crônicos ou de longa duração) – pode causar ligeira variação na contagem do sangue, náuseas, vômito e fadiga.

Os efeitos resultantes da exposição são divididos em três categorias:

**Efeitos Genéticos** : mutação das células reprodutivas transmitidas aos descendentes de um indivíduo exposto; atinge as células sexuais (espermatozoides e óvulos) – a radiação aumenta a taxa de mutação espontânea, podendo assim causar deficiências ou anomalias *in-útero*;

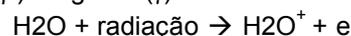
**Efeitos Somáticos ou Carcinogênicos** : são os mais significativos, em trabalhadores da área; a consequência mais importante é o desenvolvimento de câncer;

**Efeitos In-Útero**: morte intrauterina, retardamento no crescimento, desenvolvimento de anomalias e câncer na infância. Esses efeitos dependem do estágio e desenvolvimento do feto:

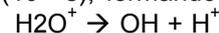
- 0 a 1 semana – morte intrauterina;
- 2 a 7 semanas – retardamento no crescimento, anomalias e/ou câncer;
- 8 a 40 semanas – possíveis anomalias funcionais, retardamento no crescimento e câncer infantil.

Existem ainda efeitos físicos-químicos que ocorrem devido a exposição à radiação, ocorrendo conforme exposto a seguir.

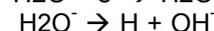
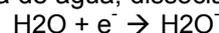
A composição celular é de 85% de água. A água se ioniza quando é exposta a partículas alfa ( $\alpha$ ), beta ( $\beta$ ) ou gama ( $\gamma$ ):



A molécula de H<sub>2</sub>O se dissocia quase imediatamente ( $10^{-11}$ s), formando:



O elétron (íon negativo) ataca uma molécula neutra de água, dissociando-a:



Deste modo, são produtos dessa reação: H<sup>+</sup>, OH<sup>-</sup>, H, OH e H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>.

Os agentes oxidantes próximos do DNA interagem quimicamente oxidando e destruindo partes da molécula, o que, por sua vez, destrói os genes. Dos danos causados pela radiação ionizante, 90% são reparados, o que deixa um resíduo de 10% de dano irreparável e acumulado. A probabilidade da radiação interagir com a molécula de DNA é muito pequena; no entanto, como a célula do corpo humano é formada basicamente por água, a probabilidade de dano celular é significativa.

## Materiais e Métodos

Para a realização da pesquisa, os voluntários responderam um breve questionário, com base nas normas de proteção radiológicas norte-americanas.

O questionário (Figura 1) consistia de um teste contendo 10 perguntas que eram respondidas apenas com *sim* ou *não*. Para cada resposta *sim*, uma quantidade de mRem é adicionada ao total do indivíduo (*Rem*: unidade de dose de radiação ionizante que produz o mesmo efeito biológico de uma unidade de raios X).

**Teste:**

Tem coroas de porcelana ou outros materiais nos dentes? Não (0) Sim (0,07 mrem) \_\_\_\_\_

Radiação em Viagens Aéreas: Some 1 para cada 1.600 km viajados de avião \_\_\_\_\_

Usa lampião a gás em acampamentos? Não (0) Sim (0,003 mrem) \_\_\_\_\_

O local de trabalho é de tijolos, pedra ou concreto? Não (0) Sim (7 mrem) \_\_\_\_\_

Usa relógio com mostrador de cristal líquido (LCD)? Não (0) Sim (0,06 mrem) \_\_\_\_\_

Assiste TV? Não (0) Sim (1 mrem) \_\_\_\_\_

Usa computador? Não (0) Sim (0,1 mrem) \_\_\_\_\_

Há detector de fumaça em seu local de trabalho? Não (0) Sim (0,008 mrem) \_\_\_\_\_

Quantos raios X fez no último ano? (40 mrem cada) \_\_\_\_\_

Quantos tratamentos a base de medicina nuclear recebe por ano? (14 mrem cada) \_\_\_\_\_

Obs: se trabalha com radiologia, sua dosímetro, ou algum outro tipo de proteção? Se sim, qual?

Figura 1 – Questionário distribuído

Além do questionário, outras cinco informações eram necessárias, sendo porém comuns a todos os entrevistados:

- Radiação cósmica no nível do mar = 26mRem;
- Altitude da cidade de São José dos Campos: 550 a 690m, portanto = 7mRem;
- Região da América do Sul = 20mRem;
- Radiação de alimentos e água = 40mRem;
- Radiação do Ar (radônio) = 200mRem;

Portanto, começa-se o teste com = 293mRem. Esse valor foi somado ao valor individual dos entrevistados.

### Resultados e Discussão

A quantidade de exposição à radiação é expressa numa unidade chamada mRem. Nos EUA e no Brasil, a dose aceitável equivale a 360mRem/ano.

De acordo com a norma CNEN-NE-3.01, a quantidade de radiação máxima por ano é de 50 nSv o que equivale a 5000 mRem, ou seja, 5Rem

No hospital público, pôde-se observar que o funcionário que registra as radiografias no centro cirúrgico e nas UTIs (Raio X móvel) não usa qualquer tipo de proteção radiológica. Todos os funcionários que trabalham no setor de radiologia recebem mensalmente um dosímetro para medição/proteção; no entanto, quando a pesquisa foi efetuada, nenhum dos funcionários portava os dosímetros junto ao peito, como recomendado. Os dosímetros ficavam guardados em armários.

Assim, para funcionários do hospital público pesquisado, foram obtidos os resultados mostrados na Tabela 1.

Tabela 2 – Dose de radiação anual recebida por funcionários do hospital público

Funcionário	Dose anual (mRem)
1	302,02
2	421,05
3	300,2
4	345,0
5	301,08
6	301,11
7	501,11
8	301,17
9	335,08
10	2100,11
11	381,11
12	1264,08
13	381,07
14	382,17
15	328,28

Esses dados significam que 53,3% dos entrevistados (8) estão com seus níveis normais, 33,3% (5) estão com seus níveis acima do permitido pela norma brasileira e 13,3% (2) estão com níveis críticos de dose de radiação anual, apresentando níveis de 3 a 5 vezes maiores que o permitido.

Já no hospital particular, verificou-se que a proteção é mais rigorosa; assim, os níveis anuais não se encontram altos ou críticos. Estes resultados aparecem na Tabela 2.

Tabela 2 – Dose de radiação anual recebida por funcionários do hospital particular

Funcionário	Dose anual (mRem)
1	381,17
2	374,07
3	341,11
4	343,11
5	342,17
6	341,24
7	381,17
8	301,08
9	381,17
10	341,17
11	301,18
12	357,18
13	301,11
14	301,01

## Referências

[1] GARCIA, E. C., Biofísica, Ed. Sarvier, 2002. Pg.296-360.

Com os resultados acima, verifica-se que apenas 28,6% (4) dos entrevistados possuem os níveis de radiação ligeiramente acima da norma proposta; os demais apresentam níveis normais de radiação anual.

O hospital particular em que a pesquisa foi efetuada apresentou laudos certificando a correção da proteção radiológica existente no local. Estes laudos devem ser renovados periodicamente (tipicamente, a cada quatro anos). No entanto, verificou-se neste mesmo hospital que, durante o registro de uma radiografia móvel (na UTI ou no centro cirúrgico), apenas a radiologista usava proteção adequada. Os demais funcionários nas redondezas não usavam qualquer tipo de proteção.

## Conclusão

Embora haja uma preocupação institucional com os funcionários quanto à proteção radiológica, com equipamentos usados corretamente e orientação adequada, verifica-se em alguns casos a falta de treinamento para o cumprimento efetivo das normas de proteção. Embora ocorra também no hospital particular, este problema parece mais freqüente no caso do hospital público, onde parte dos funcionários parece não conhecer os riscos do manuseio incorreto de equipamentos radiológicos, durante sua jornada de trabalho. Isto pode acarretar sérios danos à saúde destes trabalhadores.

Para minimizar os problemas apontados, sugere-se a realização periódica de jornadas de conscientização nestas empresas, para evitar o arrefecimento no cumprimento das normas de proteção. Estes eventos poderiam ser semestrais e incluir atividades lúdicas como teatro e gincanas, para melhor aceitação por parte dos funcionários.