



UNIVERSIDADE DE ALFENAS
ALFENAS

**CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM ENGENHARIA DE SEGURANÇA
E MEDICINA DO TRABALHO**

“EFEITOS BIOLÓGICOS DAS RADIAÇÕES IONIZANTES E NÃO IONIZANTES”

PROFESSOR: Dr. RONAN CONDE SANTOS

ALUNO: ALEXANDRE DEZEM BERTOZZI

ALFENAS, outubro de 1999.

ÍNDICE:

INTRODUÇÃO.....	3
EFEITOS FISIOLÓGICOS.....	5
UNIDADES DE DOSAGEM DE RADIAÇÃO.....	6
ESTABELECIMENTO DE LIMITES DE EXPOSIÇÃO.....	8
CONCLUSÃO.....	10
AGRADECIMENTOS.....	11
BIBLIOGRAFIA.....	11

INTRODUÇÃO:

Todas as espécies vivas estão expostas a uma certa quantidade de radiação natural na forma de partículas e raios. Além da luz solar, sem a qual seria impossível a vida, todas as criaturas vivas experimentam radiação cósmica vinda do espaço exterior para a Terra e a radiação natural de fundo das substâncias encontradas na Terra. Há variações consideráveis na radiação de um lugar para outro, dependendo do teor de minérios no solo e da elevação acima do nível do mar. O homem e as outras espécies sobreviveram e evoluíram dentro deste ambiente, a despeito do fato de a radiação ter efeito danoso sobre os tecidos vivos. A descoberta, pelo homem, de meios de gerar radiação, usando máquinas de raios X, aceleradores de partículas, ou reatores nucleares, acrescentou um risco potencial a sua saúde. Ao avaliar a importância desta radiação artificial, costuma-se compara-la com os níveis naturais de radiação de fundo.

Toda irradiação tem seus efeitos físicos e, por analogia, biológicos, variando conforme seu comprimento de onda. Uma onda de rádio tem um comprimento desde 25.000 metros, enquanto os raios gama têm 1,4 a 0,1 unidades. Seu poder de penetração intramolecular é inversamente proporcional a estas unidades, o que equivale dizer, quanto menor o comprimento de onda, maior é a sua penetração. Seus efeitos biológicos por analogia, são maiores. No passado, media-se a dose de irradiação pelos efeitos sobre a pele, assim como, por exemplo, a luz do sol, pelos seus raios ultravioleta, podem produzir do simples bronzeamento até a queimadura da pele, chamada eritema. A dose de radiação não é bem determinada, porém sabe-se que seu efeito é cumulativo com o tempo de exposição. Prolonga-se o dano causado, com o maior número de horas expostos ao campo direto.

Os efeitos prejudiciais da exposição excessiva a um campo intenso de radiofrequência, são notados como uma proporção geométrica. Assim como os raios X ou gama têm violentas e dramáticas conseqüências sobre os seres vivos, os raios Hertz o têm de forma mais branda, porém o têm. Segundo seu comprimento de onda, e assim se englobam os raios Hertz até os raios gama, tem-se a chamada moléstia da irradiação. Ela tem ação sobre o sangue, pele, olhos, crescimento do corpo, agindo sobre a hipófise, tireóide - aumentando e trazendo todos os sintomas da Doença de Basedow ou mixedema, timo das crianças, gônadas ou glândulas sexuais. Tudo isto pode se traduzir por náuseas, insônia, frigidez sexual, nervosismo, tremores das mãos, anemia e até hemorragias nasais (epistaxes).

Agora descreveremos o efeito biológico da radiação sobre as células, tecidos, órgãos e indivíduos, identificaremos as unidades de medida de radiação e seus efeitos, e revisaremos a filosofia e a prática do estabelecimento de limites de exposição.

Um breve resumo sobre o conhecimento biológico atual será útil para compreender os efeitos da radiação. Como sabemos, os seres vivos consistem de uma grande variedade de espécies de plantas e animais; são todos compostos de células, que dão continuidade aos processos necessários a sobrevivência. Os organismos mais simples, como algas e protozoários, consistem de uma só célula, ao passo que criaturas complexas como o homem são compostas de órgãos especializados e tecidos que contêm grande números de células, exemplos dos quais são: o nervoso, o muscular, o epitelial, o sangue, o esquelético e o conectivo. Os principais componentes de uma célula são o núcleo, como centro de controle, o citoplasma, contendo substâncias vitais, e a membrana a sua volta, como parede porosa da célula. Dentro do núcleo estão os cromossomos, que são longos fios contendo material hereditário. O processo do crescimento envolve uma forma de multiplicação das células chamado mitose - em original.

O processo de reprodução envolve um processo de divisão de célula chamado meiose - em que as células da reprodução são produzidas apenas com metade do complemento necessário de cromossomos, como a união do espermatozóide e do óvulo cria-se uma entidade completamente nova. As leis da hereditariedade baseiam-se neste processo. Os gens são regiões distintas dos cromossomos que são responsáveis pela herança de certas características físicas. São construídos com uma molécula universal de ácido desoxirribonucleico, abreviado DNA (do inglês: "deoxiribonucleic acid"), uma estrutura muito longa na forma de uma escada em espiral, com os degraus constituído de pares de moléculas de quatro tipos. A duplicação das células em todos os detalhes envolve a divisão de duas metades da molécula de DNA ao longo de seu eixo longitudinal, seguida pela acumulação dos materiais necessários da célula, para formar novas células. No caso da espécie humana, há 46 cromossomos, contendo cerca de quatro bilhões de moléculas do DNA, numa ordem que descreve cada pessoa individualmente.

EFEITOS FISIOLÓGICOS

As diversas maneiras segundo as quais partículas em movimento e raios interagem com a matéria, serão reexaminados em termos de seu efeito biológico, pois estamos interessados nos efeitos sobre o ambiente, que são vistos como "danos" no sentido que a disrupção da estrutura original ocorre, usualmente por ionização. Elétrons e fótons energéticos são capazes de remover elétrons de um átomo, criando íons; que as partículas pesadas são desaceleradas dentro da matéria por sucessivos eventos de ionização; que os neutrons rápidos, ao se retardarem, aplicam energia aos núcleos-alvo, que por sua vez servem como agentes ionizantes; que a perda de raios gama pode ser acompanhada por um par de elétron-pósitron como nova radiação; e que a captura de um neutron lento resulta num raio gama e um novo núcleo que ricocheteia com grande energia.

Como regra prática, são precisos 32 eV (eletrons-Volts) de energia em média para criar um par ionizado. Este valor é bem independente do tipo da radiação ionizante, sua energia é o meio pela qual passa. Pôr exemplo, uma só partícula alfa de 4MeV liberaria cerca de 10^5 pares ionizados antes de parar. Parte da energia vai para a excitação molecular e formação de novas substâncias químicas. A água nas células pode ser convertida em radicais livres, como H, OH, H₂O₂, e HO₂. Como o corpo humano é grandemente composto de água, muito do efeito da radiação pode ser atribuído as reações químicas de tais produtos. Ademais, pode ocorrer danos direto, em que a radiação atinge certas moléculas das células, especialmente o DNA, que controla todo o crescimento e reprodução.

O ponto mais importante do enfoque biológico é que as partículas incidentes tem energia, que pode ser transferida à átomos e moléculas com um efeito disruptivo de sua função normal. Como um organismo é composto de muitíssimas células, tecidos e órgãos, a perturbação de um átomo poderá ser imperceptível, mas a exposição a muitas partículas, ou raios, pode alterar a função de um grupo de células e assim afetar todo o sistema. Presume-se que o dano seja cumulativo, mesmo que alguma acomodação e reparo costume acontecer.

Os efeitos fisiológicos da radiação podem ser classificados como somáticos, que se referem ao corpo e seu estado de saúde, e genéticos, envolvendo os seus gens que transmitem as características hereditárias. Os efeitos somáticos variam de um avermelhamento temporário da pele, quando a superfície do corpo é irradiada, até um encurtamento da vida de um indivíduo

exposto, devido aos danos gerais causados às funções do corpo, início de câncer, sob a forma de tumores em alguns órgãos, ou leucemia.

O termo "enjôo de radiação" é aplicado genericamente aos efeitos imediatos da exposição e a quantidades muito grandes de radiação. O efeito genético consiste de mutações, em que a progênie é significativamente diferente, em algum aspecto, dos pais, usualmente de modo que tendem a reduzir a probabilidade de sobrevivência. O efeito pode se estender por várias gerações.

Muito embora a quantidade de ionização produzida por radiação de uma certa energia seja aproximadamente constante, o efeito biológico varia grandemente conforme o tipo de tecido envolvido. Para radiação de fraco poder penetrante, como as partículas alfa, a epiderme pode receber alguma exposição sem riscos sérios, mas para a radiação que penetra os tecidos prontamente, como os raios γ , raios gama e neutrons, as partes críticas do corpo são a medula dos ossos como tecido formador do sangue, os órgãos reprodutores e o cristalino dos olhos. A glândula tireóide é importante por causa de sua afinidade pelo iodo, produto da fissão, ao passo que o trato gastrointestinal e pulmões são sensíveis à radiação de substâncias radiativas que entram no corpo pela alimentação ou respiração.

UNIDADES DE DOSAGEM DE RADIAÇÃO.

É preciso definir grande número de termos técnicos para se poder discutir os efeitos biológicos da radiação. Primeiro, a dose absorvida (D), que é a quantidade de energia aplicada a cada grama de tecido biológico exposto, e aparece como excitação ou ionização das moléculas e átomos do tecido. Para ilustrar, suponha que um órgão pesando 0,05 Kg fosse exposto à radiação de uma certa substância, resultando na liberação de 0,01 J de energia.(J-> joule)

Em termo convencionais, a dose seria:

$$0,01/0,05 = 0,2 \text{ J/Kg}$$

Uma unidade apropriada para a absorção de energia é o rad, que é 0,01 J/Kg. Para o exemplo dado anteriormente, a dose para o órgão seria de 20 rads.

O efeito biológico da deposição de energia pode ser grande ou pequeno, dependendo do tipo de radiação. Por exemplo, um rad devido a neutrons rápidos ou partículas alfa é muito mais danoso que um rad de dosagem por raios X ou gama. Em geral, partículas pesadas criam um efeito mais sério que fótons, por causa da maior perda de energia com a distância e resultando numa maior concentração de ionização. O "equivalente em dose" (ED) é o produto da dose por um número que exprime a importância biológica relativa da radiação. Um destes é chamado "fator de qualidade" (FQ - ver tabela 1). A unidade de medida do ED é o rem (do inglês: Rontgen-equivalent-man).

Por exemplo, se o FQ fosse 3, para a radiação do exemplo acima, o ED seria 60 rem. O milirem é uma unidade frequentemente usada para descrever pequenas doses de radiação.

O efeito a longo prazo da radiação sobre um organismo também depende da taxa a qual a energia é depositada. Assim a taxa da dosagem expressa em unidades como rads/hora ou milirem/ano, são utilizadas. Observe que se a dose é em unidades de energia, a taxa de dosagem é uma potência.

Tabela 1 Fatores de Qualidade

Raios X e raios gama	1
Partículas beta > 30 KeV	1
Partículas beta < 30 KeV	1,7
Neutrons térmicos	3
Neutrons rápidos, prótons e partículas alfa	10
íons pesados	20

Para dar uma perspectiva podemos citar alguns valores típicos. Uma só exposição súbita que dá a todo o corpo de uma pessoa à 20 rem, não dará efeito clínico perceptível, mas uma dose de 400 rem provavelmente será fatal; a radiação natural de fundo da, cerca de 100 mrem/ano; a prática médica e odontológica atual da, esta mesma quantidade a mais pelo uso de raios X; as normas técnicas limitam a taxa de dosagem acima do ruído de fundo natural a 5 mrem/ano nas vizinhanças de um reator comercial (energia nuclear).

As quantidades de energia que resultam em dano biológico são notavelmente pequenas. Uma dose gama de 400 rem, muito grande em termos de risco biológico, corresponde a 4 J/Kg, que seria insuficiente para elevar a temperatura de uma grama de água de 0,001 graus Célsius. Este fato demonstra que a radiação afeta o funcionamento das células pela ação em certas moléculas, e não por um processo geral de aquecimento.

ESTABELECIMENTO DE LIMITES DE EXPOSIÇÃO

Um vidro típico de aspirina especifica que, não se deve tomar mais que dois comprimidos a cada 4 horas, implicando que uma dose maior ou mais freqüente seria prejudicial. Tal limite é baseado na experiência acumulada ao longo dos anos com muitos pacientes. Muito embora a radiação tenha benefícios médicos só em alguns tratamentos a idéia de um limite é similar.

Quando procuramos limpar o ecossistema controlando as emissões de resíduos industriais, urbanos e agrícolas, é necessário especificar as concentrações no ar ou na água de materiais tais como o enxofre ou monóxido de carbono, abaixo do nível perigoso para os seres vivos. Idealmente, deveria haver uma contaminação nula, mas geralmente presume-se que algumas emissões são inevitáveis, num mundo industrializado. De novo, limites baseados no conhecimento dos efeitos sobre os seres vivos devem ser estabelecidos.

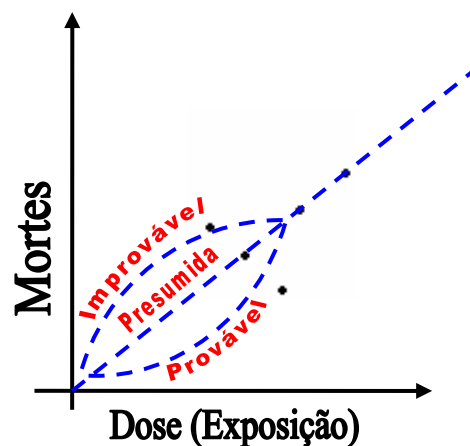
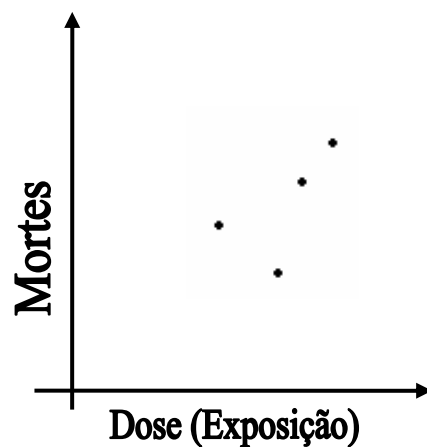
Para o estabelecimento de limites de exposição a radiação, há muitos anos foram criadas várias agências. Como exemplo, a Comissão Internacional para a Proteção Radiológica, o Conselho Federal da Radiação (EUA). Seu procedimento geral é estudar os danos dos efeitos da radiação e chegar a limites práticos que levam em conta os riscos e os benefícios de usar equipamentos e processos nucleares.

Tem havido muitos estudos sobre o efeito da radiação em animais, começando com observações de defeitos genéticos na mosca das frutas. Mamíferos pequenos, como ratos, forneceram rapidamente uma grande quantidade de dados. Como experiências controladas sobre humanos são inaceitáveis, a maioria das informações sobre efeitos somáticos, vêm da prática inadequada, ou de acidentes de trabalho. Há dados, por exemplo, da incidência, de doença e morte de operários que pintavam mostradores fosforescentes de relógios com rádio ou que usavam raios X

sem precauções. O número de exposições sérias na indústria nuclear é muito pequeno, para se fazer uma estatística. A principal fonte de informação, é o estudo amplo das vítimas das bombas atômicas lançadas sobre o Japão.

A incidência de mortes em função da dose ocorre apenas na faixa de dosagem alta. Na faixa abaixo de 10 rads, não há indicação estatística de qualquer aumento no número de morte sobre o das populações não-expostas. A natureza da curva na faixa de dosagem baixa é desconhecida, poder-se-ia traçar as curvas rotuladas "improvável" e "provável". Numa estimativa conservadora, isto é, exagerando os efeitos da radiação no interesse de mais proteção, uma extrapolação linear pelo zero é feita, a curva "presumida".

GRÁFICO DE DOSAGENS.



CONCLUSÃO

Com o fim deste trabalho, conclui-se que, mesmo com todos os avanços que o homem tem feito, na área atômica, ainda assim precisamos com isso de toda a segurança necessária para uma maior proteção, tendo em vista os perigos que esta determinada área proporciona.

A radiação não é boa nem má, cabe ao homem determinar seus caminhos. Se por um acaso escolher a destruição, tudo se acabará num caos, se escolher a vida, teremos num futuro bem próximo, um mundo melhor para nossos filhos. A humanidade desfrutara de um modo mais eficiente, do uso benéfico das radiações.

AGRADECIMENTOS

Ao INATEL - Instituto Nacional de Telecomunicações, por referências bibliográficas gentilmente cedidas.

BIBLIOGRAFIA

- Energia Nuclear, Uma Introdução aos Conceitos, Sistemas e Aplicações dos Processos Nucleares.
Raymond L. Murray, Editora Hemus, Segunda Edição

- "The effects on populations of exposure to low level of ionizing radiation" (the BEIR Report). National Academy of Sciences National Research Council, Washington, D.C., November 1972

- Daniel S. Grosch and Larry E. Hopwood. Biological Effects of Radiations, 2nd ed. Academic Press, New York, 1980

- Radiological Health Handbook. U.S. Department of Health Education and Welfare, Rockville, Md., 1970