

Efeitos Biológicos das Radiações Ionizantes e Não Ionizantes 4300436/IFUSP/2013

Lista de Exercícios 6 (Em parte extraídos de Okuno e Yoshimura, 2010, capítulos 9 e 10)

1. A norma de CNEN NN-3.01 (Comissão Nacional de Energia Nuclear) estabeleceu para IOE um limite de dose efetiva de 20 mSv/ano e a ICRP 103 de 2007 (International Commission on Radiological Protection), também recomenda, para o worker, limite de dose efetiva de 20 mSv/ano. O limite para o público é de 1 mSv/ano.

- a) Essa grandeza se refere a partes do corpo ou ao corpo todo?
- b) Essa grandeza é mensurável? Caso sua resposta seja positiva, como? Caso sua resposta seja negativa, o que deve, então, ser medido?

2. (9.7) Uma pesquisadora pipetou indevidamente com a boca uma solução contendo enxofre-35 e acabou ingerindo uma certa quantidade dessa solução. Ao fazer um levantamento imediatamente, verificou-se que ela tinha ingerido uma certa quantidade de átomos de S-35 correspondendo a uma atividade de $1 \mu\text{Ci} = 3,7 \times 10^4 \text{ Bq}$. Cada átomo de S-35 emite uma partícula beta com energia média de 48,8 keV ao desintegrar-se e sua meia-vida física é de 87,1 dias e meia-vida efetiva, de 76,4 dias. Considere a massa da pesquisadora como sendo de 50 kg.

- a) Determine a massa total de átomos de S-35 que ela ingeriu;
- b) Determine a dose absorvida no corpo da pesquisadora, nos 10 anos seguintes, supondo que o S-35 se espalha pelo corpo todo.
- c) Considere que em vez de uma solução de S-35 ela tenha ingerido uma solução contendo Po-210 que emite partícula alfa com energia de 5,3 MeV, em quantidade tal que a dose absorvida seja igual ao calculado no item b. Compare, justificando, os potenciais efeitos biológicos produzidos pelos dois elementos radioativos.

3. (10.1) Sabe-se que uma dose de radiação no corpo todo de 4 Gy, chamada **dose letal** ${}^{50}_{30}\text{D}$, mata 50% dos indivíduos expostos, num intervalo de tempo de 30 dias. Considere $1 \text{ cal} = 4,186 \text{ J}$ e calor específico da água $= 1 \text{ cal}/(\text{g } ^\circ\text{C})$. Calcule:

- a) a energia total da radiação absorvida pelo corpo todo de um indivíduo de 70 kg quando ele for exposto a uma dose absorvida de 4 Gy.
- b) a massa de glicose que fornece igual quantidade de energia, sabendo-se que seu valor calórico é 3,8kcal/kg.
- c) a massa de água que passa de 20°C a 40°C com essa quantidade de energia.

4 (10.2) Muitos acidentes radiológicos e nucleares estão descritos na literatura desde a descoberta de raios X por Roentgen em 1895 e da radioatividade por Becquerel em 1896. Em 1897, o próprio Becquerel notou eritema em seu peito e relacionou isso com um pequeno frasco contendo ${}^{226}\text{Ra}$ que ele havia deixado um certo tempo no bolso da camisa, após recebê-lo da Marie Curie. Após conversar sobre esse fato com Pierre Curie, Becquerel decidiu colocar o frasco no outro bolso da camisa para testar sua teoria.

Depois, o mesmo experimento foi feito por Pierre, confirmando a formação de eritema nas proximidades do frasco. Dessa forma, Pierre concluiu que as lesões com escamações observadas nas mãos e antebraços da Marie deviam ser causadas por contato com material radioativo. A causa mortis da Mme. Curie é descrita como sendo leucemia. Discuta os tipos de efeitos biológicos acima descritos, e relacione com o fato de:

- a) serem reações teciduais ou estocásticas (nota: não descrever o que é cada efeito).
- b) terem limiar de dose;
- c) apresentarem relação entre gravidade e dose;
- d) terem tempo de latência.
- e) Discuta o que é hormesis.

5. (10.5) Os acidentados de Goiânia com a fonte de ^{137}Cs sofreram os efeitos biológicos em todos os níveis de gravidade, desde queimaduras com bolhas grandes, vômito, diarreia etc., culminando com a morte de 4 pessoas ao redor de 1 mês após a violação da fonte até a não constatação de nenhum efeito imediato.

- a) Como são classificados esses efeitos?
- b) Quais são as principais diferenças entre efeitos de doses baixas e altas?
- c) Espera-se que outros efeitos ainda estão por surgir nas pessoas contaminadas e/ou irradiadas por ocasião do acidente? Quais seriam esses efeitos? Durante quantos anos poder-se-ia detectar aumento na incidência de câncer nessas pessoas e em seus descendentes?
- d) É possível estimar a dose recebida pelas 4 pessoas que morreram?
- e) a fonte de Cs-137 que causou o acidente de Goiânia era uma cápsula metálica dentro da qual estava uma pastilha de cloreto de cério. Houve contaminação ambiental e de pessoas? Como?
- f) Qual foi, em geral, o órgão mais afetado nas quatro pessoas que morreram? Quando apareceram os primeiros sintomas dos efeitos da radiação, as vítimas procuraram hospitais. Quais foram esses sintomas?

6. (10.6) Os efeitos biológicos são classificados em **Reações Teciduais (RT)** e efeitos **Estocásticos (E)**. Para explicitar as diferença entre eles, preencha os quadros em branco, à direita do quadro abaixo, com **E** ou **RT** ou **E/RT**, conforme a característica descrita à esquerda se relacione a cada um deles ou a ambos: Justifique suas respostas.

São decorrentes de danos no DNA da célula.	
Decorrem de morte celular.	
Sua gravidade aumenta com o aumento da dose recebida pelo indivíduo.	
Depende da LET da radiação que o induziu.	
A radioterapia se baseia nesse tipo de efeito para curar tumores.	
Não existe dose abaixo da qual esse efeito tenha chance zero de ocorrer.	
Os efeitos decorrem tanto de doses altas como de doses baixas.	
Os embriões de mães irradiadas ao nascerem apresentam QI baixo.	

Respostas: 9.7. a) $2,35 \times 10^{-11}$ g; b) $5,56 \times 10^{-5}$ Gy; c) $H_p(\beta) = 5,56 \times 10^{-5}$ Sv e $H_p(\alpha) = 1,11 \times 10^{-3}$ Sv.