

---

# PROTEÇÃO RADIOLÓGICA: ALGUNS ASPECTOS TÉCNICOS E LEGAIS

---

*Ábio V. A. Pinto*

Departamento de Física – UFSC

Núcleo de Proteção Radiológica – UFSC

Florianópolis – SC

## Introdução

O recente acidente com o reator nuclear na União Soviética, na usina de Chernobil, e suas conseqüências imediatas em todo território europeu, desencadeou um grande e acalorado movimento de protesto em todo o mundo.

Infelizmente, os resultados práticos desse movimento, em nível de contribuição para o aprimoramento dos padrões de proteção radiológica, são extraordinariamente escassos. De modo generalizado, o movimento gerou mais calor que luz sobre o assunto. A animosidade dos encontros entre populares e as forças regulares dos Estados são atestados claros da condução inadequada dos movimentos. Penso que, para a situação de impasse hoje estabelecida (de um lado o Estado com necessidade de gerar energia a preço socialmente compatível e optando pelas usinas termonucleares, e de outro a população, beneficiária direta desta energia, considerando inaceitável a existência de tais engenhos), dois fatores contribuíram sobretudo:

1- O desconhecimento generalizado do significado dos dados dosimétricos, fornecidos pelas entidades técnicas pertinentes, que acabaram por inviabilizar o entendimento claro da situação reinante e as providências práticas a serem tomadas;

2- A ignorância da existência de órgãos e entidades oficiais, detentoras de legislação e meios pertinentes que permitiriam o acionamento judicial do Estado, que deu origem a posições extremadas em bases puramente emocionais ditadas pelo momento de pânico desencadeado pelo acidente.

Isso posto, é minha convicção que esclarecimentos à população em geral, sobre unidades radiológicas, que permitam alcançar o significado de dados radiológicos e a apresentação de órgãos legalmente cons-

tituídos a quem recorrer, em casos de acidentes radiológicos, poderiam evitar, em muito, a situação caótica que, especialmente na Europa, se desenvolveu.

Obviamente, esta receita não se constitui na “Pedra Filosofal” da questão, mas modestamente pretende dar uma resposta alternativa à inquietante questão: *E agora? O que fazer?* que, aparentemente, na Europa teve como única resposta: *Salve-se quem puder!*

Para ir um pouco além da esperança de que “*Deus sendo brasileiro, nunca permitirá que isso nos aconteça*”, as notas que se seguem, embora incompletas, podem auxiliar na decodificação da linguagem dosimétrica técnica e para o caso de uma emergência radiológica apresentam a quem recorrer (legalmente) no Brasil.

### Unidades radiológicas

Com o objetivo de ser sintético, sem comprometer significativamente a clareza, dividirei as unidades radiológicas em:

#### GRUPO – A

Trata da caracterização da fonte de radiações quantificando sua taxa de radiação.

*Atividade (A)* - Estabelece a razão de variação do número de eventos ionizantes na unidade de tempo:  $A = \frac{dN}{dt}$

Unidades: Curie [Ci] - antiga  
Bequerel [Bq] – SI  
1 Ci = 3,7 x 10<sup>10</sup> desintegrações/segundo [s<sup>-1</sup>]  
1 Bq = 1 desintegração/segundo [s<sup>-1</sup>]

São também comuns os sub-múltiplos:  
1mCi = 10<sup>-3</sup>Ci; 1μCi = 10<sup>-6</sup>Ci; 1nCi = 10<sup>-9</sup>Ci;

*Fluxo (Φ)* - Estabelece a razão de variação da fluência f – número de partículas que entram numa esfera pela área de seção reta desta; então  $f = dN/da$   
- pela unidade de tempo:  $\Phi = \frac{df}{dt}$

Unidade:  $[\text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}]$

### GRUPO -B

Trata dos efeitos produzidos pela radiação (ionização/danos) no meio onde ela incide.

*Energia (eV)* - Elétron-volt (eV) é a energia de radiação equivalente à adquirida por um elétron quando acelerado por uma diferença de potencial de 1 volt.

Unidade:  $1 \text{ eV} = 1,60 \times 10^{-19} \text{ J}$  [J = Joule]

São também comuns os múltiplos:

$1 \text{ keV} = 10^3 \text{ eV}$ ;  $1 \text{ MeV} = 10^6 \text{ eV}$ ;  $1 \text{ GeV} = 10^9 \text{ eV}$ .

*Exposição (R)* - Esta grandeza expressa a quantidade de ionização produzida no ar (CNTP) por raios-X ou radiação gama ( $\gamma$ ).

Unidade: Roentgen [R] ou [r]

$$\begin{aligned} 1r &= 1,6 \times 10^{15} \frac{\text{pares de íons}}{\text{kg}} \\ &= 2,8 \times 10^{-4} \text{ C/Kg} \text{ [C = Coulomb]} \end{aligned}$$

*Dose absorvida (rad)* - (do inglês rad = roentgen absorbed dose) É a grandeza medida pelo quociente da energia transferida pela radiação ionizante (fótons e/ou partículas) em um elemento de volume pela matéria contida neste volume.

Unidades: rad [rad] – antiga

Gray [Gy] – SI

$1 \text{ rad} = 10^{-2} \text{ J/kg}$

$1 \text{ Gy} = 1 \text{ J/kg}$ .

*Dose equivalente (rem)* - (do inglês rem = roentgen equivalent man) É a quantidade de qualquer radiação (fótons e/ou partículas) que, absorvida pelo homem, produz o mesmo efeito que a absorção de 1 r de raios-X ou radiação gama ( $\gamma$ ).

Unidades: rem [rem] – antiga

Sievert [Sv] – SI

$1 \text{ rem} = 10^{-2} \text{ J/kg}$

$1 \text{ Sv} = 1 \text{ J/kg}$ .

Nota: (Dose em) rem = (dose em) rad x FQ, em que FQ é o chamado Fator de Qualidade que depende da eficácia da radiação na produção de danos biológicos.

Exemplos:

Radiação	E	FQ x rad = rem		
Raios-X Radiação gama Radiação Beta	$\leq 3$ MeV $\leq 3$ MeV	1	1	1
Nêutrons lentos	$< 10$ keV	3	0,33	1
Nêutrons rápidos Prótons Partículas alfa	até 10 MeV	10	0,1	1
Núcleos pesados de recuo		20	0,05	1

Da tabela podemos observar que diferentes tipos de radiação (ou mesma radiação com diferentes energias) podem produzir diferentes graus de danos biológicos (rem) embora as doses absorvidas (rad) sejam numericamente iguais.

#### Aspectos legais

Em relação ao aspecto legal da proteção radiológica no Brasil, o órgão legalmente investido de responsabilidade para tratar do assunto é a Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN).

Os limites legais da abrangência normativa da CNEN se fizeram através da Resolução CNEN – 06/73: “Normas básicas de proteção radiológica” (Diário Oficial, de 19.09.73 – Seção I; Parte II; p. 3129-75).

Explicitamente as normas ditadas pela CNEN:

“[...] aplicam-se à produção, processamento, manuseio, uso, armazenamento, transporte e eliminação de material radioativo natural ou artificial e ao uso e operação de outras fontes de radiação [...]”

As prescrições de limites de doses equivalentes máximas, admitidas pela CNEN, dividem os indivíduos em três categorias:

1<sup>a</sup>) Trabalhadores: Compreendendo qualquer indivíduo adulto que poderá ser irradiado, de maneira regular ou ocasional, durante e em consequência de seu trabalho.

2<sup>a</sup>) Indivíduos do público: Fazem parte desta os indivíduos que vivem nas imediações de instalações nucleares. Neste caso o controle de dose não é feito individualmente mas através de amostragem e controle da fonte.

3<sup>a</sup>) População geral: compreende, além das categorias anteriores, a população em geral.

São os seguintes os limites de dose equivalente mínima prescritos em cada categoria:

#### Categoria dos trabalhadores

Órgão	Limite trimestral (rem)	Limite anual (rem)
Mãos, antebraços, pés e tornozelos	40	75
Ossos, tireóide, a pele do corpo inteiro (excluindo item anterior)	15	30
Demais órgãos (excluindo-se gônadas e órgãos hematopoéticos)	8	15
Corpo inteiro, gônadas e órgãos hematopoéticos		5

NOTA: Em nenhum caso a dose total acumulada para o corpo inteiro, de um indivíduo, pode exceder a máxima permissível expressa pela equação:

$$D = 5(N - 18)$$

na qual:

D é expresso em rem;

N é a idade do indivíduo em um número inteiro de anos.

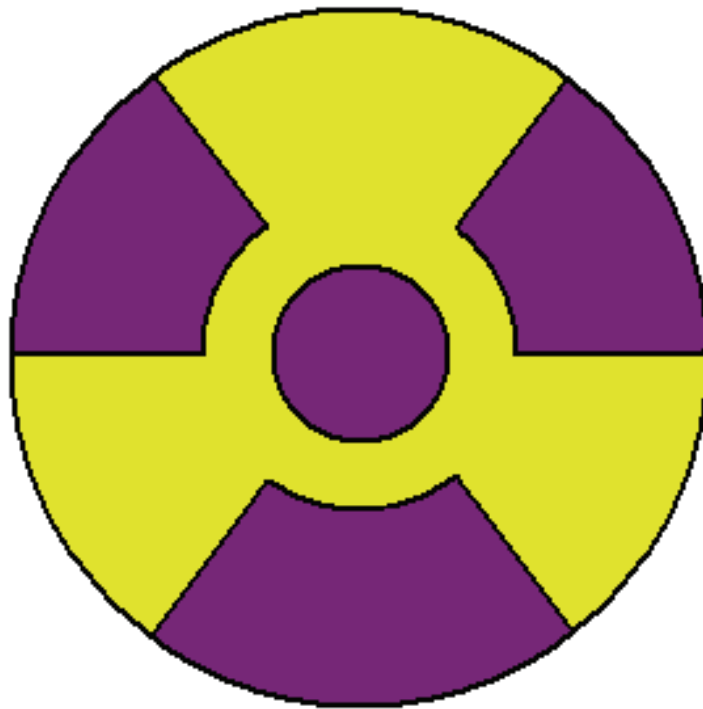
#### Categoria dos indivíduos do público

Órgão	Limite anual (rem)
Mãos, antebraços, pés e tornozelos	7,5
Ossos, tireóide, a pele do corpo inteiro (excluindo item anterior)	3
Demais órgãos (excluindo-se gônadas e órgãos hematopoéticos)	1,5
Corpo inteiro, gônadas e órgãos hematopoéticos	0,5

#### Categoria da população em geral

A dose genética desta categoria não pode exceder ao limite de 5 rem em um período de 30 anos. Aqui, entende-se como dose genética a dose anual geneticamente significativa, isto é, a que é capaz de produzir alterações genéticas mensuráveis, multiplicada pela idade média de procriação (tomada pelas normas da CNEN como 30 anos).

E para completar os aspectos legais abonados pelas normas da CNEN, é obrigatório o uso do símbolo básico de sinalização indicativo da presença de radiação ionizante:



#### Referências Bibliográficas

1. NORMAS Básicas de Proteção Radiológica – conf. Resolução CNEN – 06/73.
2. BUSHONG, S.C. Radiation exposure in our daily lives. Phys. Teach., 15 (3): 135 - 44, 1977.
3. PINTO, A.V.A. Notas de aulas do curso de proteção radiológica. UFSC –Departamento de Física., 1978/80.