

POSIÇÃO REGULATÓRIA 3.01/002
FATORES DE PONDERAÇÃO PARA AS
GRANDEZAS DE PROTEÇÃO RADIOLÓGICA

1. REQUISITO DA NORMA SOB INTERPRETAÇÃO

Esta Posição Regulatória refere-se aos requisitos da Norma CNEN-NN-3.01 “Diretrizes Básicas de Proteção Radiológica” relacionados com a definição das grandezas de proteção radiológica adotadas pela CNEN.

2. AVALIAÇÃO DO REQUISITO

O Capítulo 3 da Norma define as grandezas de proteção radiológica para avaliação das exposições de indivíduos, no âmbito da estrutura básica de proteção radiológica estabelecida para o País para práticas e intervenções. As grandezas utilizadas para os limites de dose são chamadas de grandezas de limitação de dose. Apesar de serem calculáveis, essas grandezas não são mensuráveis. Entretanto, podem ser estimadas a partir de grandezas básicas de dosimetria como *dose absorvida*, *kerma* ou *fluência*, bem como *atividade* incorporada ou *atividade* presente no ambiente.

3. INTERPRETAÇÃO DO REQUISITO

3.1 EQUIVALENTE DE DOSE

Grandezas operacionais para monitoração externa podem ser definidas com características metrológicas e ainda levar em conta as diferentes eficácias de danos para diferentes tipos e energia da radiação. São elas, o equivalente de dose individual $H_p(d)$ e o equivalente de dose ambiente $H^*(d)$. Essas grandezas utilizam os fatores de qualidade da radiação Q como fator de peso, em lugar dos fatores de peso da radiação w_R . Os fatores de qualidade de radiação são dados em função da transferência linear de energia não restrita (também chamado de poder de freamento não restrito). Os valores de Q estão apresentados na Tabela 1.

(alterado pela Resolução CNEN nº 230/2018, DOU 25.09.2018)

A grandeza $H_p(d)$ é uma grandeza operacional para monitoração individual externa, sendo o produto da dose absorvida em um ponto, na profundidade d do corpo humano, pelo fator de qualidade da radiação nesse ponto.

A grandeza $H^*(d)$ é uma grandeza operacional para monitoração de área em ambientes de trabalho, sendo o produto da dose absorvida em um ponto pelo fator de qualidade da radiação, correspondente ao que seria produzido em uma esfera de tecido equivalente de 30 cm de diâmetro, na profundidade d .

Para radiação fortemente penetrante, é adotada a profundidade de 10 mm e o valor obtido pode ser usado como estimativa da dose efetiva. Para radiação fracamente penetrante, é adotada a profundidade de 0,07 mm e o valor obtido pode ser usado para estimar a dose equivalente na pele e extremidades.

TABELA 1 - FATOR DE QUALIDADE (Q) EM FUNÇÃO DA TRANSFERÊNCIA LINEAR DE ENERGIA NÃO RESTRITA NA ÁGUA, L

L na água (em keV/ μ m)	$Q(L)$
< 10	1
10–100	$0,32L - 2,2$
> 100	$300/\sqrt{L}$

3.2 DOSE EQUIVALENTE (H_T)

A grandeza física fundamental da dosimetria é a dose absorvida. Em *proteção radiológica*, a grandeza básica é a *dose absorvida* média no órgão ou tecido humano. Para um mesmo valor de *dose absorvida*, observa-se que algumas radiações são mais efetivas do que outras em causar efeitos estocásticos. Para considerar isto, foi introduzida uma grandeza mais apropriada, a dose equivalente, H_T , definida como o produto da dose absorvida média em um órgão ou tecido pelo fator de peso da radiação, w_R . Os fatores de peso da radiação são dados na Tabela 2.

TABELA 2 - FATORES DE PESO DA RADIAÇÃO ^[a], w_R

Tipo e faixa de energia ^[b]	Fator de peso da radiação, w_R
Fótons, todas as energias	1
Elétrons e muons, todas as energias ^[c]	1
Nêutrons ^[d] , energia: < 10 keV	5
10 keV a 100 keV	10
>100 keV a 2 MeV	20
> 2 MeV a 20 MeV	10
> 20 MeV	5
Prótons, exceto os de recuo, energia > 2 MeV	5
Partículas α , fragmentos de fissão, núcleos pesados	20

Notas:

- [a] Todos os valores se relacionam à radiação incidente no corpo ou, para fontes internas, emitida pela fonte.
- [b] Valores para outras radiações podem ser obtidos da Tabela 3 (ver também Anexo A da ICRP-60).
- [c] Excluindo elétrons Auger emitidos por radionuclídeos ligados ao DNA, para os quais se aplicam considerações especiais de microdosimetria.
- [d] Para consistência nos cálculos, pode-se usar a seguinte expressão para a estimativa de w_R para nêutrons, em função da energia: $w_R = 5 + 17\exp[-(\ln 2\varepsilon)^2/6]$, onde ε é a energia em MeV.

Para os tipos de radiação não incluídos na Tabela 2, os fatores de peso da radiação podem ser aproximados pelos valores de Q apresentados na Tabela 1.

3.3 DOSE EFETIVA (E)

Para refletir o detrimento combinado dos efeitos estocásticos causados pelas doses equivalentes em todos os órgãos e tecidos do corpo, a dose equivalente em cada órgão e tecido é multiplicada pelo respectivo fator de peso do tecido, w_T , sendo, então, feito o somatório desses produtos para obter a dose efetiva, E . Os fatores de peso dos tecidos são dados na Tabela 3.

Tabela 3 - FATORES DE PESO DOS TECIDOS, w_T

Tecido ou Órgão	w_T ^[a,b]
Gônadas	0,20
Medula óssea (vermelha)	0,12
Cólon ^[c]	0,12
Pulmão ^[d]	0,12
Estômago	0,12
Bexiga	0,05

Tecido ou Órgão	w_T [a,b]
Mama	0,05
Fígado	0,05
Esôfago	0,05
Tireóide	0,05
Pele	0,01
Superfície óssea	0,01
Restante [c]	0,05

Notas:

[a] Valores de w_T são aqueles da Publicação ICRP-60.

[b] Esses valores foram desenvolvidos para uma população de referência composta por número igual de indivíduos de ambos os sexos e abrange uma ampla faixa etária. Na definição de dose efetiva, esses fatores se aplicam a IOE e a indivíduos do público de qualquer sexo ou idade.

[c] Dose calculada como média ponderada por massa, para intestino grosso superior e inferior:
 $H_{C\acute{o}lon} = 0,57 H_{IGS} + 0,43 H_{IGI}$.

[d] Região torácica da área respiratória.

[e] Para fins de cálculo, o grupo de tecidos restantes é composto das glândulas supra-renais, cérebro, região extratorácica da área respiratória, intestino delgado, rim, músculo, pâncreas, baço, timo e útero. Nos casos em que um dos tecidos remanescentes mais expostos receba uma dose equivalente mais alta dentre todos os órgãos, deve-se aplicar um fator de peso de 0,025 a esse tecido ou órgão e um fator de 0,025 ponderado por massa aos demais restantes.

4. STATUS DA POSIÇÃO REGULATÓRIA

4.1 ESCOPO DE APLICAÇÃO

Aplicável à avaliação das grandezas de proteção radiológica para fins de verificação de conformidade com as restrições de dose específicas estabelecidas pela CNEN.

As grandezas operacionais para monitoração externa de fótons foram definidas pela Comissão Internacional de Proteção Radiológica (ICRP) e pela Comissão Internacional de Medidas e Unidades de Radiação (ICRU). A grandeza operacional para uso em monitoração individual é o equivalente de dose individual $H_p(d)$, que é definido como o “equivalente de dose” em tecido mole, em uma profundidade d (em milímetros) a partir de um ponto especificado na superfície do corpo. A medição desta grandeza é realizada diretamente pelo monitor individual, a partir de um processo de calibração utilizando simulador antropomórfico definido pela ICRU.

(alterado pela Resolução CNEN nº 230/2018, DOU 25.09.2018)

4.2 VALIDADE

Indeterminada.

Fica estabelecido que os serviços de monitoração individual e laboratórios de calibração já em operação ou em processo de autorização se adaptem às alterações da Posição Regulatória até 31 de dezembro de 2018.

(incluído pela Resolução CNEN nº 230/2018, DOU 25.09.2018)

Aprovada pela Resolução CNEN nº 102, de 22.12.2010, publicada no DOU em 10.05.2011.

Alterada pela Resolução CNEN nº 230, de 05.09.2018, publicada no DOU em 25.09.2018.

5. REFERÊNCIAS

1. International Commission on Radiological Protection. "Recommendations of the International Commission on Radiological Protection", ICRP Publication No. 60, Pergamon Press, 1991.
2. International Commission on Radiation Units and Measurements, Quantities and Units in Radiation Protection Dosimetry, ICRU Report No. 51, Pergamon Press, 1993.