



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS
DEPARTAMENTO DE FÍSICA

KAROLLINE BARETTA

**AVALIAÇÃO DA DOSE RECEBIDA PELO ACOMPANHANTE DE CRIANÇAS DE
COLO EM EXAMES DE CINTILOGRAFIA RENAL E REFLUXO**

MARINGÁ
2017

KAROLLINE BARETTA

**AVALIAÇÃO DA DOSE RECEBIDA PELO ACOMPANHANTE DE CRIANÇAS DE
COLO EM EXAMES DE CINTILOGRAFIA RENAL E REFLUXO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
como requisito parcial para obtenção do grau de
Bacharel em Física pela Universidade Estadual
de Maringá.

Orientador: Prof. Ms. Nilson Benedito Lopes

MARINGÁ
2017

KAROLLINE BARETTA

**AVALIAÇÃO DA DOSE RECEBIDA PELO ACOMPANHANTE DE CRIANÇAS DE
COLO EM EXAMES DE CINTILOGRAFIA RENAL E REFLUXO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Departamento de Física como requisito
parcial para obtenção do grau de Bacharel em
Física pela Universidade Estadual de Maringá.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Ms. NILSON BENEDITO LOPES - Orientador
Universidade Estadual de Maringá - UEM

Prof. Dr. GUSTAVO SANGUINO DIAS
Universidade Estadual de Maringá - UEM

Prof. Dr^a. VERONICA ELISA PIMENTA VICENTINI
Universidade Estadual de Maringá - UEM

Maringá - PR

2017

Dedico este trabalho aos meus pais.

*“ Por isso a tarefa não é ver o que ninguém viu
ainda, mas pensar aquilo que ninguém pensou
a respeito daquilo que todo mundo vê.”*

(Arthur Schopenhauer)

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço ao meu orientador, Prof. Ms. Nilson Benedito Lopes por ajudar na construção deste trabalho, por despertar em mim, ainda em 2015, o interesse em física médica e por todo o conhecimento compartilhado desde então.

Agradeço aos meus pais, Paulo e Janete, pelo apoio, a paciência e o amor incondicional desde sempre. Sem vocês nada disso seria possível. Agradeço também ao meu irmão, Teodoro, com quem eu sempre pude contar, que sempre foi e sempre será meu melhor amigo.

Agradeço ao Danilo pelo amor que dedica à mim, às nossas gatinhas, Nina e Naat, e à nossa família. Obrigada pelo auxílio na realização deste trabalho e pela paciência que sempre teve durante os momentos difíceis.

À Prof. Dr^a Veronica Elisa Pimenta Vicentini que auxiliou nos ajustes do trabalho e por aceitar fazer parte da banca.

Ao Prof. Dr. Gustavo Sanguino Dias por aceitar fazer parte da banca, pelas dicas e orientações para a finalização deste trabalho.

À minha amiga Vanilda, por ser uma extensão da minha família aqui em Maringa, por todo o apoio, carinho e confiança.

À minha amiga Lígia, que me auxiliou e me fortaleceu nos momentos de dificuldade.

À minha amiga Cecília, por ser um porto-seguro e de confiança sempre que necessário.

À todos que de alguma forma contribuíram para a minha formação pessoal, acadêmica e profissional ao longo dos anos.

Minha sincera gratidão!

RESUMO

Este trabalho apresenta as doses recebidas pelo acompanhante de crianças de colo que realizaram exames de cintilografia renal e refluxo. Para melhor entendimento, se faz necessário iniciar o trabalho com a fundamentação teórica sobre os principais assuntos relacionados ao tema, radiação ionizante, decaimento e também o aspecto biológico dos sistemas excretor e digestivo. Com os dados obtidos em uma clínica de diagnóstico, sob a supervisão dos técnicos e do orientador deste trabalho, estimou-se a dose recebida pelos acompanhantes nas primeiras 3 horas após a aplicação do radiofármaco no paciente. Ao final, algumas sugestões, tanto para o acompanhante quanto para a clínica que realiza o exame, foram feitas visando otimizar a exposição à radiação ionizante, pautado nos limites estabelecidos na NORMA CNEN NN 3.01. É importante ressaltar que, no início e ao término da coleta de dados deste trabalho, a orientanda fez o Hemograma Completo, como é recomendado, mesmo não permanecendo em áreas controladas e/ou supervisionadas durante a coleta de dados.

Palavras-chave: Radiação Ionizante. Dose Recebida. CNEN NN3.01. Otimização.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	No topo é apresentado, de forma geral, a equação que descreve a emissão de partícula alfa. Na parte inferior é ilustrado o decaimento do Urânio-238 em Tório-234 via emissão de uma partícula alfa.	13
Figura 2	Representação do decaimento α pelo núcleo.	14
Figura 3	No topo é apresentado, de forma geral, a equação que descreve a emissão de partícula beta. Na parte inferior é ilustrado o decaimento do Carbono-14 em Nitrogênio-14 via emissão de uma partícula β^- .	14
Figura 4	Representação do decaimento β pelo núcleo.	15
Figura 5	Equação da transformação do próton na emissão $Beta^+$	15
Figura 6	Equação da transformação do nêutron na emissão $Beta^-$	15
Figura 7	Representação do decaimento γ pelo núcleo.	16
Figura 8	Importância relativa dos processos de interação dos fótons com a matéria em função da energia do fóton e do número atômico.	18
Figura 9	Representação do Efeito Fotoelétrico: um fóton colide com um elétron numa camada interna. O elétron é ejetado da órbita e na transição de um elétron de camada superior para uma inferior, há emissão de radiação característica.	19
Figura 10	Representação do Efeito Compton: o fóton colide com o elétron, parte da energia do fóton é transferida para o elétron. Um outro fóton é espalhado com a energia remanescente em outra direção.	20
Figura 11	Reprodução da Produção de Pares: o fóton é absorvido pelo átomo e sua energia é convertida em energia cinética e massa de repouso de um par elétron/pósitron	20

Figura 12	Diagrama do decaimento do gerador (^{99}Mo) em ^{99}Tc	22
Figura 13	Aparelho Gama-Câmara em uso. É possível observar a posição do acompanhante em relação ao paciente e o aparelho durante exame.	23
Figura 14	Orgãos do Sistema Excretor: rins, ureteres, bexiga e uretra; Veias e Artérias: veia cava inferior e renal, artéria renal e aorta	24
Figura 15	Principais processos realizados nos rins na produção de urina: Filtração glomerular, reabsorção de substâncias, secreção e excreção de substâncias que precisam ser eliminadas do organismo.	25
Figura 16	Orgãos responsáveis pela digestão: boca, esôfago, estômago, intestinos delgado e grosso, reto. Orgãos auxiliares do processo digestivo: fígado e pâncreas.	26
Figura 17	Gráfico da Taxa de Dose para cintilografia renal em função da distância da direção da fonte	34
Figura 18	Gráfico da Taxa de Dose para cintilografia renal em função da distância em direção diferente à da fonte.	34
Figura 19	Gráfico da Taxa de Dose para cintilografia refluxo esofágica em função da distância da direção da fonte.	35
Figura 20	Gráfico da Taxa de Dose para cintilografia refluxo gastroesofágico em função da distância em direção diferente à da fonte	36
Figura 21	Exame de Cintilografia Renal: paciente com rins sem obstrução. O radiofármaco está presente em ambos os rins, indicando que não há nenhum impedimento para o funcionamento dos rins.	40
Figura 22	Exame de Cintilografia Renal: paciente com o obstrução no rim direito. O radiofármaco só está presente no rim esquerdo, indicando que algo está	

impedindo o rim direito de funcionar normalmente.

40

Figura 23 Exame de Cintilografia Refluxo Gastroesofágico: o paciente apresenta vários períodos de refluxo, sendo que o mais pertinente durou cerca de 5 minutos (Quadro 15 até Quadro 29).

41

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Medida da taxa de dose obtida na Cintilografia Renal	30
Tabela 2	Medida da taxa de dose obtida pelo acompanhante na Cintilografia Renal	31
Tabela 3	Medida da taxa da dose obtida na Cintilografia Refluxo Gastroesofágico	32
Tabela 4	Medida da taxa da dose obtida pelo acompanhante na Cintilografia Refluxo Gastroesofágico	32
Tabela 5	Medida da taxa de dose na direção dos rins em função da distância	33
Tabela 6	Medida da taxa de dose na posição do acompanhante em função da distância - Renal	34
Tabela 7	Medida da taxa de dose na direção do estômago em função da distância	35
Tabela 8	Medida da taxa de dose na posição do acompanhante em função da distância - Refluxo	36
Tabela 9	Dose recebida pelo acompanhante em exame de cintilografia renal de acordo com a distância, o tempo e a atividade - Carro	37
Tabela 10	Dose recebida pelo acompanhante em exame de cintilografia refluxo gastroesofágico de acordo com a distância, o tempo e a atividade - Carro	38
Tabela 11	Dose recebida pelo acompanhante em exame de cintilografia renal de acordo com a distância, o tempo e a atividade - Ônibus	38
Tabela 12	Dose recebida pelo acompanhante em exame de cintilografia refluxo gastroesofágico de acordo com a distância, o tempo e a atividade - Ônibus	39

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	12
1.1.1	RADIAÇÃO IONIZANTE	12
1.1.1.1	RADIAÇÃO ALFA	13
1.1.1.2	RADIAÇÃO BETA	14
1.1.1.3	RADIAÇÃO GAMA	15
1.1.1.4	RADIAÇÃO X	16
1.1.2	DECAIMENTO	17
1.1.2.1	LEI DE DECAIMENTO E ATIVIDADE	17
1.1.2.2	MEIA-VIDA E VIDA MÉDIA	17
1.1.3	INTERAÇÃO DA RADIAÇÃO GAMA COM A MATÉRIA	18
1.1.3.1	EFEITO FOTOELÉTRICO	18
1.1.3.2	EFEITO COMPTON	19
1.1.3.3	PRODUÇÃO DE PARES	20
1.1.4	LEI DO INVERSO DO QUADRADO DA DISTÂNCIA	20
1.1.5	RADIONUCLÍDEOS	21
1.1.5.1	TECNÉCIO-99M	21
1.1.6	CINTILOGRAFIA	22
1.1.7	ASPECTO BIOLÓGICO	23
1.1.7.1	SISTEMA EXCRETOR	23
1.1.7.2	SISTEMA DIGESTÓRIO	25
1.1.7.3	REFLUXO	27
1.1.7.4	EFEITOS BIOLÓGICOS DA RADIAÇÃO IONIZANTE	27
2	OBJETIVOS.....	28
2.1	OBJETIVO GERAL	28
2.2	OBJETIVO ESPECÍFICO	28
3	METOLOGIA	29
3.1	SELEÇÃO DOS DADOS AMOSTRAIS	29
3.2	COLETA DE DADOS	29
3.3	CÁLCULO DA DOSE RECEBIDA PELO ACOMPANHANTE	29
4	RESULTADOS.....	30
4.1	CINTILOGRAFIA RENAL	30

4.2	CINTILOGRAFIA REFLUXO GASTROESOFÁGICO	31
4.3	CÁLCULO DAS TAXAS DE DOSE	33
4.3.1	CINTILOGRAFIA RENAL	33
4.3.2	CINTILOGRAFIA REFLUXO GASTROESOFÁGICO.....	35
5	DISCUSSÃO.....	37
5.1	DOSE RECEBIDA APÓS A REALIZAÇÃO DO EXAME.....	37
5.1.1	SITUAÇÃO 1 - CARRO	37
5.1.1.1	EXAME RENAL	37
5.1.1.2	EXAME REFLUXO	38
5.1.2	SITUAÇÃO 2 - ONIBUS	38
5.1.2.1	EXAME RENAL	38
5.1.2.2	EXAME REFLUXO	39
5.1.3	DOSE FINAL.....	39
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	42
	REFERÊNCIAS.....	43
	Anexo A DIRETRIZES BÁSICAS DE PROTEÇÃO RADIOLÓGICA	44

1 INTRODUÇÃO

A cintilografia renal é um procedimento diagnóstico que permite avaliar a função e a forma dos rins utilizando um radiofármaco. Há duas formas de cintilografia renal, a dinâmica e a estática. Através da cintilografia renal estática pode-se analisar a forma dos rins, a estrutura, a anatomia e função. Com a cintilografia renal dinâmica analisa-se a função dos rins, desde o processo de produção à eliminação da urina.

A cintilografia refluxo gastro-esofágico é um procedimento diagnóstico que permite avaliar a frequência, duração e extensão dos episódios de refluxo e pode identificar a existência ou não de aspiração pulmonar. Nos casos estudados, o radiofármaco utilizado foi o tecnécio 99m , cujo tempo de meia-vida é de 6 horas.

Este trabalho tem como objetivo avaliar a dose recebida pelo acompanhante de crianças de colo em exames de cintilografia renal e refluxo durante o exame e nas primeiras horas após a realização do mesmo; propor medidas protetivas aos acompanhantes após a realização do exame de cintilografia, considerando os limites estabelecidos pela CNEN, considerando o retorno após 06 meses da avaliação inicial.

Durante 3 meses foram acompanhados, aproximadamente, 35 exames de cintilografia em laboratório de diagnósticos por imagem de Maringá, Paraná. Os cálculos foram realizados utilizando a média entre os dados obtidos nos exames de cintilografia.

1.1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

1.1.1 RADIAÇÃO IONIZANTE

Radiação é a propagação de energia, a partir de uma fonte emissora, através de qualquer meio. A radiação se apresenta na forma de partícula e de onda eletromagnética. As partículas alfa(α), elétrons e pósitrons são exemplos de radiação na forma de partículas, podem ser produzidos em reatores ou aceleradores de partículas e também são emitidos espontaneamente do núcleo de átomos radioativos.

A radiação infravermelha, ultravioleta, raio X e raio gama(γ), constituídas de campo elétrico e magnético perpendiculares entre si, são exemplos de radiação na forma de onda eletromagnética.

O aspecto dual da luz, permite correlacionar onda e partícula, onde uma onda eletromagnética é emitida e se propaga como pequenos pacotes de energia, chamados fótons. Com isso, pode-se obter a energia do fóton

$$E = h\nu = \frac{hc}{\lambda} \quad (1.1)$$

onde h é a constante de Planck, que tem valor $4,14 \times 10^{-15} \text{ eV} \cdot \text{s}$, ν é a frequência da onda eletromagnética, c é a velocidade da luz e λ é o comprimento de onda. A unidade de medida 'eV' é utilizada em valores de energia da radiação, para grandezas ligadas ao átomo e ao núcleo. Representa a energia cinética adquirida pelo elétron ao ser acelerado por uma diferença de potencial elétrica de 1 volt.

Quando há interação de radiação com corpos, os mesmos recebem energia. Radiação ionizante é o nome dado ao processo no qual elétrons são extraídos, de forma direta ou indireta, do átomo. Na ionização há formação do par íon positivo e íon negativo. O íon positivo é o átomo que perdeu o elétron e o íon negativo é o elétron ejetado. Quanto mais próximo do núcleo, maior é a força de atração entre o elétron e o núcleo e, conseqüentemente, maior será a energia necessária para retirar o elétron.

As partículas alfa(α) e beta(β) e as radiações gama(γ) e X têm energia suficiente para ionizar átomos, ou seja, são radiações ionizantes.

1.1.1.1 RADIAÇÃO ALFA

Quando o número de prótons e nêutrons é elevado, a repulsão elétrica entre os prótons pode tornar o núcleo instável. Buscando estabilidade, pode ocorrer emissão de partículas α , que são constituídas de 2 prótons e 2 nêutrons (núcleo de ^4He). As modificações nucleares após um decaimento α estão representadas na Figura 1

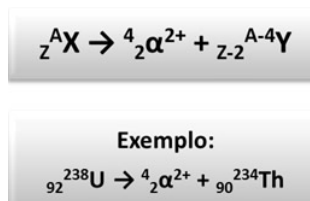


Figura 1: No topo é apresentado, de forma geral, a equação que descreve a emissão de partícula alfa. Na parte inferior é ilustrado o decaimento do Urânio-238 em Tório-234 via emissão de uma partícula alfa.

A partícula alfa pode ser emitida pelo estado fundamental e também excitado do núcleo-pai, gerando o núcleo-filho em vários estados excitados, que decaem por emissão gama para o estado fundamental, gerando radiações alfa de várias energias. A figura 2 é a representação da emissão de partícula α para um caso genérico.

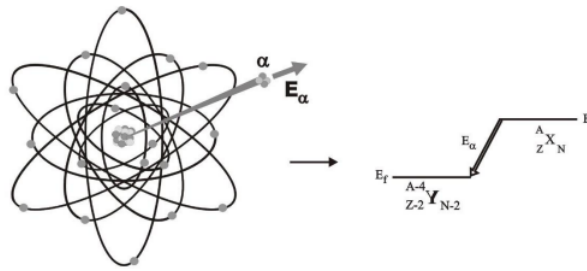


Figura 2: Representação do decaimento α pelo núcleo.

A emissão alfa possui valores discretos de energia, ou seja, os valores de energia são bem definidos e não contínuos.

1.1.1.2 RADIAÇÃO BETA

A radiação beta (β) são elétrons de origem nuclear, carregados positiva (β^+) ou negativamente (β^-). É comum em núcleos de massa pequena ou intermediária com excesso de prótons ou nêutrons, em relação à sua estrutura estável. Quando um nêutron se transforma em próton tem-se a emissão de partícula beta negativa e quando um próton se transforma em nêutron ocorre a emissão de partícula beta positiva. As modificações nucleares após o decaimento β^- estão representadas na Figura 3.

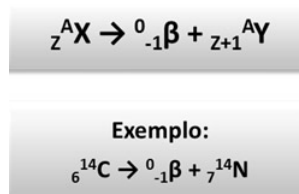


Figura 3: No topo é apresentado, de forma geral, a equação que descreve a emissão de partícula beta. Na parte inferior é ilustrado o decaimento do Carbono-14 em Nitrogênio-14 via emissão de uma partícula β^- .

A energia da transição é bem definida e repartida entre elétron e neutrino, fazendo com que a energia da radiação β tenha um valor máximo. Desta forma, o espectro da radiação beta detectada será contínuo. A Figura 4 representa a emissão β para um caso genérico.

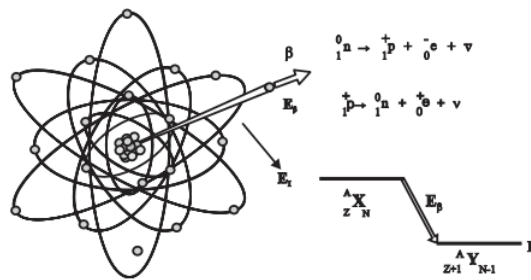


Figura 4: Representação do decaimento β pelo núcleo.

Radiação β^+

A emissão de partícula β^+ é constituída pela conversão no núcleo de um próton em um nêutron, um pósitron e um neutrino. Quando há excesso de prótons em relação à quantidade de nêutrons e busca de estabilidade, há o decaimento β^+ . Após a emissão da partícula β^+ , caso haja um elétron na vizinhança há interação de aniquilação. Nessa interação, o pósitron e o elétron se perdem e há em seu lugar a emissão de dois fótons em direções opostas. Caso a interação de aniquilação se dê com o pósitron, os fótons terão a energia cinética remanescente. A transformação do próton em nêutron na emissão β^+ está representada na Figura 5

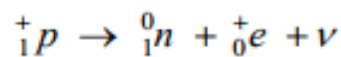


Figura 5: Equação da transformação do próton na emissão Beta^+

Radiação β^-

Quando um núcleo tem excesso de nêutrons em relação à quantidade de prótons, o mecanismo de compensação ocorre através da transformação de um nêutron em um próton mais um elétron, que é emitido no processo de decaimento.

A transformação de nêutron em próton na emissão β^- está representada na Figura 6

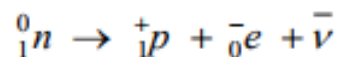


Figura 6: Equação da transformação do nêutron na emissão Beta^-

1.1.1.3 RADIAÇÃO GAMA

Enquanto as radiações alfa e beta são formadas por partículas, a radiação gama é constituída por ondas eletromagnéticas. Um núcleo instável emite uma partícula alfa ou beta

e, logo em seguida, emite radiação gama. É a forma do núcleo se estabilizar após a liberação de uma partícula nuclear, pois, mesmo após a emissão da partícula, há excesso de energia no núcleo atômico. A Figura 7 representa a emissão γ para um caso genérico

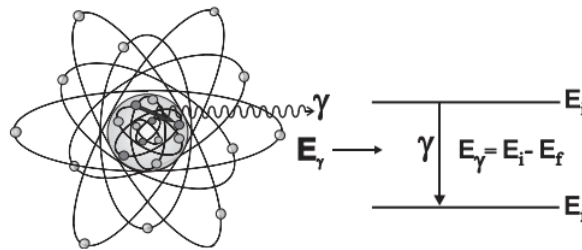


Figura 7: Representação do decaimento γ pelo núcleo.

Por ser muito energética, a radiação gama é altamente ionizante e tem grande poder de penetração, visto que não possui massa, nem carga elétrica. Ao passar por um composto orgânico, a radiação gama pode quebrar várias moléculas. No caso do corpo humano, pode interferir no funcionamento de células, tecidos e órgãos; causando câncer e mutações genéticas. A energia da radiação gama depende do valor inicial e final da energia dos orbitais da transição e é igual a energia quântica de qualquer fóton eletromagnético, é uma energia bem definida, como vemos em

$$E_{\gamma} = E_i - E_f = h \cdot \nu \quad (1.2)$$

onde ν é a frequência da radiação e h é a constante de Planck.

1.1.1.4 RADIAÇÃO X

Ao acelerar elétrons, através de uma diferença de potencial, e utilizando um anteparo para frear bruscamente os elétrons acelerados, temos a emissão de raio-x, devido à interação coulombiana com núcleos de grande número atômico ou com outros elétrons da eletrosfera. São chamados raio-x de freamento. Há também o raio-x característico que tem origem na emissão de radiação eletromagnética através de partículas carregadas ao mudar de nível de energia atômica. Ambas radiações podem ser produzidas pela interação no tubo ou ampola de raio-x. A ampola é feita de vidro plumbífero e os raios-x são emitidos em todas as direções. A radiação X tem alto poder de ionização e é altamente energética, consegue atravessar a pele humana, mas nos ossos é refletida.

1.1.2 DECAIMENTO

1.1.2.1 LEI DE DECAIMENTO E ATIVIDADE

A probabilidade de decaimento de um núcleo qualquer em um pequeno intervalo de tempo é independente de influências externas, inclusive do decaimento de outro núcleo. Ou seja,

$$P(dt) \propto dt \quad (1.3)$$

$$P(dt) = \lambda dt \quad (1.4)$$

Onde λ é a constante de tempo, contendo informações sobre o decaimento radioativo do radioisótopo. Assumindo que tem-se N núcleos radioativos em um tempo t , em um intervalo de tempo dt o número de núcleos que decaem será:

$$-dN = P(dt)N \quad (1.5)$$

$$-dN = \lambda N dt \quad (1.6)$$

$$\frac{dN}{dt} = -\lambda N = A \quad (1.7)$$

A atividade da amostra radioativa, ou taxa de desintegração, é o número de decaimentos ou desintegrações por unidade de tempo. Uma unidade de medida é o Curie, que tem como base a taxa de desintegração de um grama de rádio, definido como $3,7 \times 10^{10}$ desintegrações por segundo(dps). O comportamento exponencial do decaimento é:

$$N(t) = N_0 e^{-\lambda t} \quad (1.8)$$

E para a atividade:

$$A(t) = A_0 e^{-\lambda t} \quad (1.9)$$

1.1.2.2 MEIA-VIDA E VIDA MÉDIA

A meia-vida de uma amostra é definida como o tempo necessário para que o número de átomos radioativos decaia para a metade. A relação entre a meia-vida e a constante de decaimento λ é expressa por:

$$T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{0,693}{\lambda} \quad (1.10)$$

O intervalo de tempo necessário para que a atividade de uma amostra decresça de um fator $1/e$, sendo e a base do logaritmo neperiano, é denominado de vida-média e é expressa por:

$$\tau = \frac{1}{\lambda} = \frac{0,693}{T_{1/2}} \quad (1.11)$$

1.1.3 INTERAÇÃO DA RADIAÇÃO GAMA COM A MATÉRIA

Com a interação indireta entre raio-x e raio gama há transferência de energia para as partículas com cargas que serão ionizadas enquanto passam pelo material. A figura 8 mostra a probabilidade de ocorrência dos três principais fenômenos de interação com a matéria. São eles:

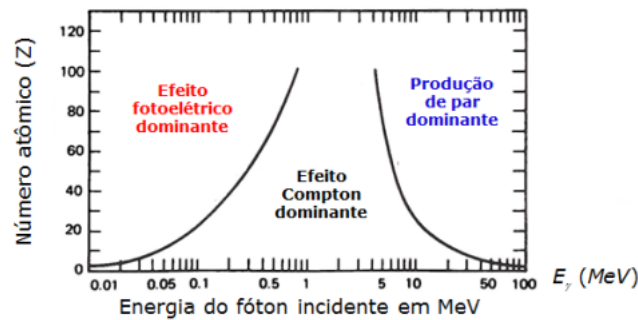


Figura 8: Importância relativa dos processos de interação dos fótons com a matéria em função da energia do fóton e do número atômico.

1.1.3.1 EFEITO FOTOELÉTRICO

Se caracteriza pela transferência total da energia da radiação γ ou X a um único elétron, que é expelido com energia cinética bem definida:

$$E_c = h \cdot \nu - B_e \quad (1.12)$$

onde h é a constante de Planck, ν é a frequência da radiação e B_e é a energia de ligação do elétron. Quando um fóton colide com um elétron de uma camada interna e é totalmente absorvido, o elétron é ejetado da sua órbita e o átomo fica em estado ionizado, ocorre o efeito fotoelétrico, como mostra a figura 9. A energia do elétron ejetado, ou fotoelétron, é

a diferença entre a energia do fóton incidente e a energia de ligação inicial. A emissão de radiação característica se deve à transição de um elétron de uma camada superior para a camada do elétron ejetado.

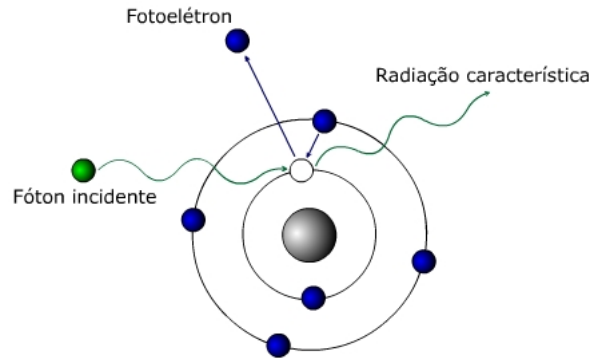


Figura 9: Representação do Efeito Fotoelétrico: um fóton colide com um elétron numa camada interna. O elétron é ejetado da órbita e na transição de um elétron de camada superior para uma inferior, há emissão de radiação característica.

1.1.3.2 EFEITO COMPTON

O efeito Compton é o espalhamento de um fóton por um elétron de baixa energia de ligação. Parte da energia e do momento do fóton é transferida para o elétron e um outro fóton é espalhado em outra direção com a energia restante. A energia do fóton espalhado E'_γ depende da energia do fóton incidente E_γ e do ângulo de espalhamento θ em relação à direção do fóton incidente, como expressa

$$E'_\gamma = \frac{E_\gamma}{1 + \alpha(1 - \cos\theta)} \quad (1.13)$$

onde

$$\alpha = \frac{E_\gamma}{m_0 c^2} \quad (1.14)$$

O fóton espalhado apresenta comprimento de onda maior que o fóton original devido à sua energia ser menor. A variação no comprimento de onda depende do ângulo de espalhamento; quanto maior o ângulo, maior a variação no comprimento de onda. A energia do fóton espalhado é máxima para $\theta=0^\circ$ e mínima para $\theta=180^\circ$. A Figura 10 representa o Efeito Compton

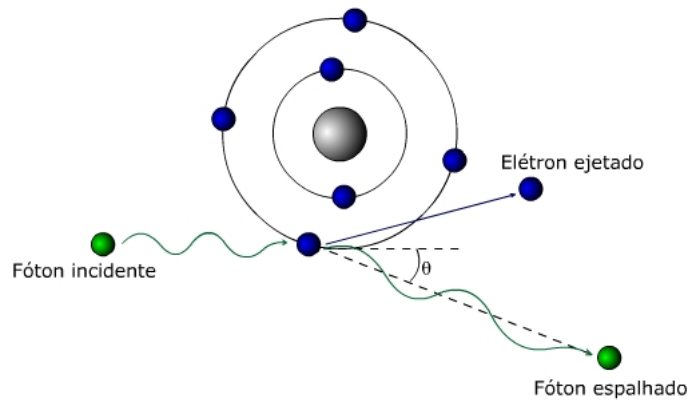


Figura 10: Representação do Efeito Compton: o fóton colide com o elétron, parte da energia do fóton é transferida para o elétron. Um outro fóton é espalhado com a energia remanescente em outra direção.

1.1.3.3 PRODUÇÃO DE PARES

É o processo no qual um fóton é absorvido e sua energia convertida em massa de repouso e energia cinética de um par partícula/antipartícula, como elétron/pósitron, como mostra a Figura 11. A formação de pares se dá por meio da reação:

$$\gamma \rightarrow e^{-} + e^{+} + E_c \quad (1.15)$$

O fóton incidente é absorvido e a diferença de energia entre os dois estados é a energia do fóton incidente. As duas partículas transferem sua energia cinética para o meio. O pósitron volta a combinar com elétron, dando origem a 2 fótons.

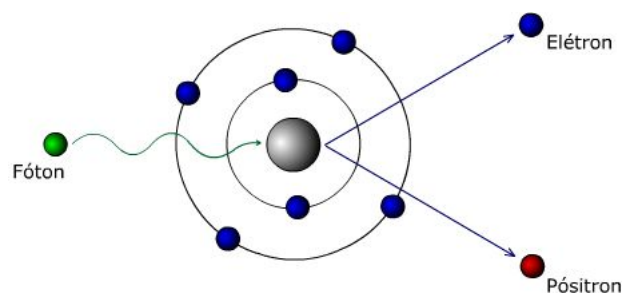


Figura 11: Reprodução da Produção de Pares: o fóton é absorvido pelo átomo e sua energia é convertida em energia cinética e massa de repouso de um par elétron/pósitron

1.1.4 LEI DO INVERSO DO QUADRADO DA DISTÂNCIA

A lei do inverso do quadrado da distância afirma que a influência de uma fonte pontual é inversamente proporcional ao quadrado da distância em que essa fonte se encontra. Ou seja,

$$I \propto \frac{1}{r^2} \quad (1.16)$$

onde I é uma intensidade ou quantidade física e r uma distância arbitrária. Em física, a lei se aplica na força gravitacional, para o campo elétrico, luz, som e radiação. Para a força gravitacional, temos:

$$F_g = \frac{Gm_1m_2}{r^2} \quad (1.17)$$

Para o campo elétrico, temos:

$$E = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r^2} \quad (1.18)$$

Para a luz, som e radiação:

$$I = \frac{P}{4\pi r^2} \quad (1.19)$$

1.1.5 RADIONUCLÍDEOS

1.1.5.1 TECNÉCIO-99m

Radiofármacos são fármacos radioativos utilizados no diagnóstico de disfunções do organismo. Vários radioisótopos são utilizados na preparação de radiofármacos, entre eles, o tecnécio-99m (^{99m}Tc), que apresenta características físicas ideais para aplicação em medicina nuclear diagnóstica. Ao ser administrado no paciente, o radiofármaco deposita-se no órgão ou tecido alvo e imagens podem ser adquiridas a partir da detecção da radiação proveniente do paciente, utilizando-se equipamentos apropriados. Trata-se de um procedimento não invasivo utilizado para avaliações funcionais, morfológicas e anatômicas do organismo. O radionuclídeo ^{99m}Tc é obtido através do decaimento radioativo de outro radionuclídeo, o molibdênio-99m (^{99}Mo), podendo ser facilmente disponibilizado, no ambiente hospitalar, a partir de geradores de ^{99}Mo - ^{99m}Tc . A Figura 12 mostra o decaimento do ^{99}Mo em ^{99m}Tc .

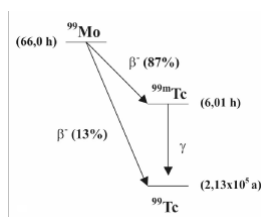


Figura 12: Diagrama do decaimento do gerador (^{99}Mo) em ^{99}Tc

Em procedimentos com finalidade diagnóstica, o paciente recebe uma dose de um radiofármaco, que tem em sua composição um radionuclídeo gama emissor, e ao ser examinado em equipamento de detecção de radiação, o aparelho converte em imagem a radiação oriunda do paciente, permitindo avaliar o órgão em questão. O equipamento utilizado nesse procedimento é o gama-câmara, que adquire imagens cintilográficas em um plano. Na Figura 13 pode-se observar o aparelho, o paciente e o acompanhante durante a realização do exame.

O tecnécio é um dos principais agentes para diagnósticos utilizado em clínicas de medicina nuclear devido às suas características físicas e químicas, entre elas, o tempo de meia-vida é de 6 horas, é monoemissor gama de baixa energia, 140keV e não emite partículas corpusculares.

1.1.6 CINTILOGRAFIA

O equipamento gama-câmara, utilizado na realização de exames de cintilografia, é constituído por:

- colimador, permite a locomoção dos raios gamas em uma determinada direção, para que atinjam o detector;
- cristal, é o receptor da radiação;
- fotomultiplicadores, responsáveis por multiplicar o sinal produzido pela luz incidente;

O gama-câmara é um sistema de detecção de radioatividade utilizado para o estudo de diferentes radiofármacos. A radiação gama emitida pelo radiofármaco no organismo do paciente interage com o detector do aparelho, produzindo emissão de luz, ou cintilação, que é convertida em sinal elétrico. O aparelho detecta a radiação e determina a posição do corpo do paciente em que a luz está sendo emitida, além também da intensidade da luz que corresponde a energia da radiação. Quando crianças fazem o exame de cintilografia é necessário um acompanhante, pois o paciente não pode mudar de posição durante a realização do exame e, com alguém próximo da criança, ela se sente mais confortável e menos agitada durante o procedimento. Na Figura 13 pode-se observar o gama-câmara durante realização de exame.

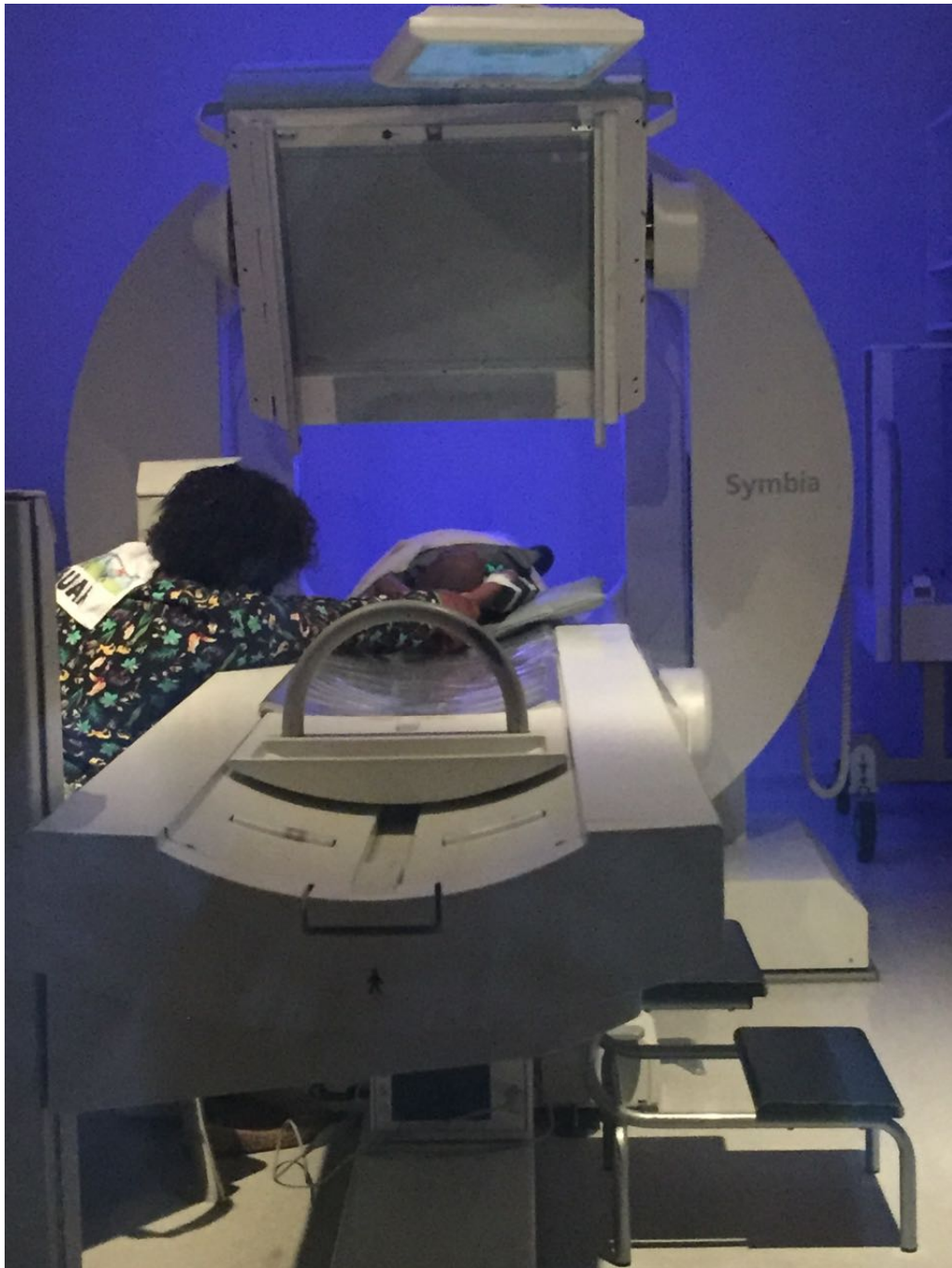


Figura 13: Aparelho Gama-Câmara em uso. É possível observar a posição do acompanhante em relação ao paciente e o aparelho durante exame.

1.1.7 ASPECTO BIOLÓGICO

1.1.7.1 SISTEMA EXCRETOR

Durante o metabolismo celular, algumas substâncias tóxicas ao organismo são produzidas. É função do sistema excretor eliminar substâncias encontradas em excesso e os resíduos tóxicos do metabolismo, mantendo o equilíbrio interno do organismo e contribuindo

para a manutenção da homeostase. Constituem o sistema excretor dois rins, dois ureteres, uma bexiga e uma uretra, como mostra a Figura 14

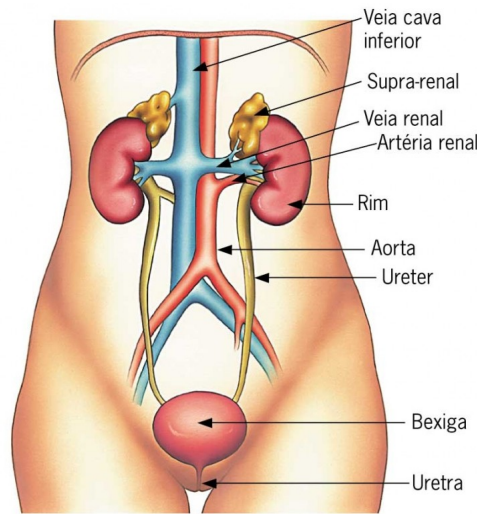


Figura 14: Órgãos do Sistema Excretor: rins, ureteres, bexiga e uretra; Veias e Artérias: veia cava inferior e renal, artéria renal e aorta

Os rins são órgãos vascularizados localizados dos dois lados da coluna vertebral, atrás das ultimas costelas, nas fossas lombares, medindo aproximadamente 12 cm e pesando cerca de 150 gramas cada um.

Os rins são envoltos por uma camada de tecido adiposo e se encontram dentro das lojas renais, que são delimitadas por uma membrana de tecido conjuntivo. O rim direito limita-se com o ligado, o duodeno e o cólon ascendente e o rim esquerdo faz limite com o baço, pâncreas, intestino delgado e estômago. Ambos estão superiormente cobertos pelas glândulas supra-renais.

O rim tem três regiões anatômicas, uma região externa, a cápsula renal, e duas regiões internas, o córtex e a medula renal. A medula renal é constituída pelas pirâmides renais, que verte na papila renal, em seguida nos cálices menores, que por sua vez, vertem para os cálices maiores e, por fim, na pelve renal.

A artéria renal, responsável pelo suprimento sanguíneo, entra no rim pelo hilo e se divide, dando origem às artérias interlobar, arqueada, interlobular e aferente, findando-se nos capilares glomerulares, onde inicia-se o processo de formação da urina, pela filtração de líquidos e solutos, vide Figura 15.

Néfron é a unidade funcional do rim, cada rim possui cerca de 1 milhão de néfrons. São formados por um corpúsculo renal e por túbulos renais. Responsáveis pela fluidez da urina, os néfrons corticais estão localizados na zona cortical externa e seu sistema tubular é envolto por uma malha de capilares peritubulares. Os néfrons justamedulares se encontram perto da

medula, visto que seus glomérulos estão mais profundos no córtex renal. Responsáveis pela concentração da urina, nesses néfrons, as arteríolas eferentes estendem-se dos glomérulos até a região externa da medula, se dividindo nos capilares peritubulares Vasa Recta. Destacam-se alguns processos na produção da urina:

- ultrafiltração glomerular, processo no qual as substâncias do sangue são filtradas para a capsula de Bowman;

- reabsorção de substâncias, processo no qual se recuperam as substâncias essenciais para o organismo, que foram previamente filtradas, e precisam retornar para a circulação;

- secreção, neste processo, as substâncias que precisam ser eliminadas da circulação sanguínea são enviadas para os túbulos renais para remoção;

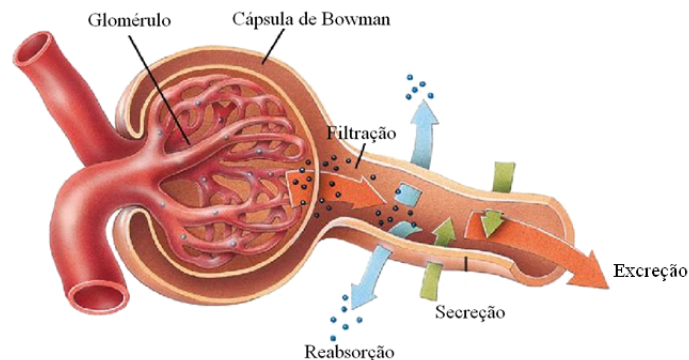


Figura 15: Principais processos realizados nos rins na produção de urina: Filtração glomerular, reabsorção de substâncias, secreção e excreção de substâncias que precisam ser eliminadas do organismo.

Cada rim possui um ureter, que tem como função transportar a urina, através de movimentos peristálticos, até a bexiga. Após a realização destes processos, é realizada a excreção, quando a urina está armazenada na bexiga e pronta para ser eliminada através da uretra. Matematicamente, a excreção de substâncias é dada por:

$$TE = TF - TR + TS \quad (1.20)$$

Considerando TE a taxa de excreção urinária, TF a taxa de filtração, TR a taxa de reabsorção e TS a taxa de secreção.

1.1.7.2 SISTEMA DIGESTÓRIO

Fazem parte do sistema digestório os órgãos boca, faringe, esôfago, estômago, intestinos delgado e grosso, reto. Alguns órgãos, como o fígado e o pâncreas, auxiliam o

processo digestivo sem entrar em contato direto com o alimento, como mostra a Figura 16.

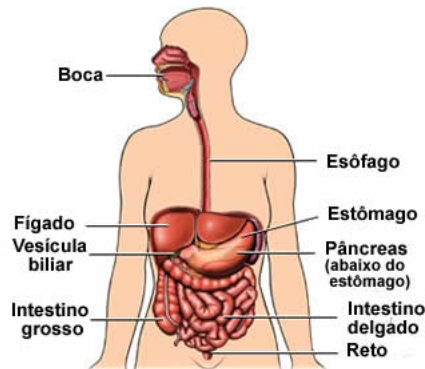


Figura 16: Órgãos responsáveis pela digestão: boca, esôfago, estômago, intestinos delgado e grosso, reto. Órgãos auxiliares do processo digestivo: fígado e pâncreas.

Na boca inicia-se o processo de mastigação, que é mecânico e químico, onde há a desintegração dos alimentos de forma parcial. O alimento tem seu tamanho reduzido ao ser mastigado pelos dentes e a saliva auxilia na formação de um bolo alimentar. Na cavidade da boca inicia-se a deglutição, ao empurrar o bolo alimentar para a faringe, onde ocorre o processo de deglutição.

Durante o ato da deglutição, o alimento é direcionado da garganta para o esôfago. Visto que a faringe, além da via digestória, tem conexão com as vias nasal e respiratória e que, durante a deglutição o alimento não pode entrar nas vias nasal e respiratória, há um fechamento temporário das aberturas. No caso da via nasal, o palato mole fecha a abertura nasal da faringe e a epiglote cobre a entrada da via respiratória.

Após passar pela faringe, o alimento chega ao esôfago, um tubo muscular oco que conecta garganta e estômago, e através da atividade peristáltica é encaminhado para o estômago. Chama-se atividade peristáltica a sequência de contrações responsável pelo transporte do bolo alimentar pelo esôfago.

O estômago é uma espécie de reservatório entre o esôfago e o intestino delgado, já que o bolo alimentar ali permanece por mais tempo. O estômago é dividido em cárdia, fundo, corpo e piloro. Há duas válvulas que controlam o bolo alimentar dentro do estômago, a cardia que impede o refluxo e o piloro que impede a saída precoce do bolo alimentar.

Em seguida, o bolo alimentar chega ao intestino delgado, onde ocorre a principal parte da digestão e absorção. O intestino delgado é constituído pelo duodeno, jejuno e íleo. O duodeno é a primeira parte do intestino delgado, seguido pelo jejuno e acabando no íleo, que conecta os intestinos delgado e grosso através do óstio ileocecal.

O intestino grosso tem quatro partes principais: ceco, colo, reto e ânus. A primeira é o ceco e na sua junção com o íleo há uma válvula chamada íleocecal que impede o refluxo do

bolo proveniente do intestino delgado. Na sequência tem-se o colo, o reto e o ânus.

Atividades peristálticas são responsáveis pelo movimento do bolo fecal no intestino grosso. Enquanto as fezes estão no intestino grosso a água é reabsorvida pelos capilares e, quando permanece muito tempo no intestino e perde o líquido, ocorre a constipação. Em contrapartida, quando as contrações peristálticas são muito próximas, o intestino grosso não consegue reabsorver a água, causando diarreia.

1.1.7.3 REFLUXO

O refluxo gastroesofágico é consequência do mau funcionamento da cárdia, fazendo com que o conteúdo do estômago volte para o esôfago, tendo como consequência dor e inflamação. Dependendo da acidez do conteúdo estomacal e da quantidade de ácido em contato com as mucosas do esôfago, tem-se o grau da inflamação. Em alguns casos, a pessoa pode desenvolver esofagite.

1.1.7.4 EFEITOS BIOLÓGICOS DA RADIAÇÃO IONIZANTE

As moléculas que constituem o nosso corpo, desde pequenas moléculas como a água à moléculas grandes como a molécula de DNA, são formadas por átomos que se mantêm unidos por forças elétricas. Ao entrar em contato com uma partícula ionizante e ter um elétron arrancado, pode ocorrer desestabilização do átomo e quebra da molécula. A ionização das moléculas tem fases:

- física, um átomo é ionizado em, aproximadamente, 10^{-15} s;
- físico-química, quebra das ligações químicas das moléculas que sofreram ionização;
- química, fragmentos das moléculas se ligam a outras moléculas;
- biológica, eclosão de efeitos bioquímicos e fisiológicos alterando a morfologia e prejudicando a funcionalidade dos órgãos;

A radiação tem dois mecanismos de ação, direto, interagindo diretamente com as moléculas de DNA e podendo causar mutação genética e morte celular; e indireto, quebrando as moléculas de água, há formação de radicais livres que podem atacar moléculas importantes e, sabendo que mais de 70% do corpo humano é composto por água, a proteção radiológica é necessária.

Os efeitos biológicos podem ocorrer através de reações teciduais, resultantes de alta dose de radiação, dependendo do tipo de radiação e do tecido irradiado, sendo responsável pela morte celular e são agravadas de acordo com o aumento da dose; ou por efeitos estocásticos, em que as alterações eclodem em células normais, a gravidade não depende da dose, porém a probabilidade de ocorrência aumenta com a dose. O câncer é um efeito estocástico da radiação.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Este trabalho tem como objetivo analisar as doses recebidas pelos acompanhantes de crianças de até 02 anos em exames de cintilografia renal e refluxo, levando em consideração o tempo de duração do exame, o tempo médio de transporte até a residência e a rotina da criança nas primeiras 3 horas após a aplicação do radiofármaco Tc-99m.

2.2 OBJETIVO ESPECÍFICO

De acordo com a Norma NN3.01 da CNEN, a dose efetiva limite para o público é 1 mSv por ano e para acompanhantes é 5 mSv. Tendo como base os valores estabelecidos pela CNEN, pretende-se orientar acompanhantes de pacientes com idade inferior a 02 anos nos exames de cintilografia renal e refluxo, no sentido de proteção radiológica.

3 METOLOGIA

3.1 SELEÇÃO DOS DADOS AMOSTRAIS

Somente dados provenientes do monitor de radiação, calibrado em 2016, em microsievert por hora, de crianças de até 02 anos de idade e seus respectivos acompanhantes, serão utilizados neste trabalho. Nenhum paciente ou acompanhante será identificado neste trabalho.

3.2 COLETA DE DADOS

Na sala de exames, após a aplicação do radiofármaco, foram obtidas as taxas da doses indicadas no monitor de radiação em diferentes posições e distâncias, em relação ao paciente e ao acompanhante.

3.3 CÁLCULO DA DOSE RECEBIDA PELO ACOMPANHANTE

Com os valores obtidos no monitor de radiação, utilizando a lei do inverso do quadrado da distância e o tempo de exposição, fez-se uma aproximação da dose recebida pelo acompanhante durante e 3 horas após a realização do exame de cintilografia. Foi considerado o decaimento da atividade do radiofármaco, de hora em hora, até atingir o tempo de meia-vida.

4 RESULTADOS

Para a realização dos exames de cintilografia é utilizado o aparelho Gama-Câmara. Em exames de cintilografia realizados em crianças sempre há um acompanhante, posicionado como mostra a figura 13.

4.1 CINTILOGRAFIA RENAL

Para a realização do exame de cintilografia renal a atividade administrada no paciente é de 7mCi de Tc-99m, injetado por via venosa. Após a aplicação, o paciente é encaminhado até a sala de exames, onde permanece por aproximadamente 1 hora. Os valores obtidos pelo detector à uma distância de 20 cm dos rins dos pacientes, durante a realização do exame, estão na Tabela 1.

Tabela 1: Medida da taxa de dose obtida na Cintilografia Renal

Paciente	20 cm dos rins
Paciente 1	46 $\mu\text{Sv/h}$
Paciente 2	48 $\mu\text{Sv/h}$
Paciente 3	45 $\mu\text{Sv/h}$
Paciente 4	46 $\mu\text{Sv/h}$
Paciente 5	46 $\mu\text{Sv/h}$
Paciente 6	47 $\mu\text{Sv/h}$
Paciente 7	45 $\mu\text{Sv/h}$
Paciente 8	48 $\mu\text{Sv/h}$
Paciente 9	45 $\mu\text{Sv/h}$
Paciente 10	45 $\mu\text{Sv/h}$
Paciente 11	46 $\mu\text{Sv/h}$
Paciente 12	46 $\mu\text{Sv/h}$
Paciente 13	47 $\mu\text{Sv/h}$
Paciente 14	45 $\mu\text{Sv/h}$
Paciente 15	46 $\mu\text{Sv/h}$

Os valores de taxa da dose obtida na posição do acompanhante, que se encontra a aproximadamente 30 cm da criança, estão na Tabela 2.

Tabela 2: Medida da taxa de dose obtida pelo acompanhante na Cintilografia Renal

Acompanhante	30 cm do paciente
Acompanhante 1	8 $\mu\text{Sv/h}$
Acompanhante 2	9 $\mu\text{Sv/h}$
Acompanhante 3	7 $\mu\text{Sv/h}$
Acompanhante 4	8 $\mu\text{Sv/h}$
Acompanhante 5	8 $\mu\text{Sv/h}$
Acompanhante 6	9 $\mu\text{Sv/h}$
Acompanhante 7	7 $\mu\text{Sv/h}$
Acompanhante 8	9 $\mu\text{Sv/h}$
Acompanhante 9	7 $\mu\text{Sv/h}$
Acompanhante 10	7 $\mu\text{Sv/h}$
Acompanhante 11	8 $\mu\text{Sv/h}$
Acompanhante 12	8 $\mu\text{Sv/h}$
Acompanhante 13	8 $\mu\text{Sv/h}$
Acompanhante 14	7 $\mu\text{Sv/h}$
Acompanhante 15	8 $\mu\text{Sv/h}$

Com os dados obtidos pelo detector (Tabelas 1 e 2), calculou-se a média da taxa da dose. Utilizando os dados da Tabela 1, a média da taxa da dose a 20 cm dos rins é de $46\mu\text{Sv/h}$. Com os dados da Tabela 2, a média da taxa da dose a 30 cm, na posição do acompanhante, é de $8\mu\text{Sv/h}$.

4.2 CINTILOGRAFIA REFLUXO GASTROESOFÁGICO

Para a realização do exame de Cintilografia Refluxo Gastroesofágico a atividade administrada no paciente é de 4mCi de Tc-99m, por via oral, ministrado com leite ou suco. Após a ingestão, o paciente é encaminhado até a sala de exames, onde permanece por aproximadamente 1 hora. Os valores obtidos pelo detector à uma distância de 05 cm do estômago dos pacientes, durante a realização do exame, estão na Tabela 3.

Tabela 3: Medida da taxa da dose obtida na Cintilografia Refluxo Gastroesofágico

Paciente	05 cm do estômago
Paciente 1	24 $\mu\text{Sv/h}$
Paciente 2	22 $\mu\text{Sv/h}$
Paciente 3	22 $\mu\text{Sv/h}$
Paciente 4	23 $\mu\text{Sv/h}$
Paciente 5	23 $\mu\text{Sv/h}$
Paciente 6	24 $\mu\text{Sv/h}$
Paciente 7	23 $\mu\text{Sv/h}$
Paciente 8	22 $\mu\text{Sv/h}$
Paciente 9	22 $\mu\text{Sv/h}$
Paciente 10	24 $\mu\text{Sv/h}$

Os valores de taxa da dose obtida na posição do acompanhante, que se encontra a aproximadamente 30 cm da criança, estão na Tabela 4.

Tabela 4: Medida da taxa da dose obtida pelo acompanhante na Cintilografia Refluxo Gastroesofágico

Acompanhante	30 cm do paciente
Acompanhante 1	1 $\mu\text{Sv/h}$
Acompanhante 2	0,7 $\mu\text{Sv/h}$
Acompanhante 3	0,7 $\mu\text{Sv/h}$
Acompanhante 4	0,9 $\mu\text{Sv/h}$
Acompanhante 5	0,9 $\mu\text{Sv/h}$
Acompanhante 6	1 $\mu\text{Sv/h}$
Acompanhante 7	0,8 $\mu\text{Sv/h}$
Acompanhante 8	0,8 $\mu\text{Sv/h}$
Acompanhante 9	0,7 $\mu\text{Sv/h}$
Acompanhante 10	1 $\mu\text{Sv/h}$

Com os dados obtidos (Tabelas 3 e 4), calculou-se a média da taxa da dose. Utilizando os dados da Tabela 3, a média da taxa da dose a 05 cm do estômago é de 23 $\mu\text{Sv/h}$. Com os dados da Tabela 4, a média da taxa da dose a 30 cm, na posição do acompanhante, é de 0.9 $\mu\text{Sv/h}$.

4.3 CÁLCULO DAS TAXAS DE DOSE

Utilizando os valores médios de taxa de dose e a lei do inverso do quadrado da distância, determinou-se a taxa de dose para pequenas distâncias através de:

$$\dot{D}_1 d_1^2 = \dot{D}_2 d_2^2 \quad (4.1)$$

$$46 \mu\text{Sv} 0,2\text{m}^2 = \dot{D}_2 d_2^2 \quad (4.2)$$

$$\dot{D}_2 = \frac{1,84 \mu \frac{\text{Sv}}{\text{m}^2}}{d_2^2} \quad (4.3)$$

4.3.1 Cintilografia Renal

No caso da cintilografia renal os valores de taxa de dose, calculados na direção dos rins para pequenas distâncias, estão na Tabela 5.

Tabela 5: Medida da taxa de dose na direção dos rins em função da distância

Distância	Taxa de Dose
0,01m	18,4 mSv/h
0,02m	4,6 mSv/h
0,03m	2,04 mSv/h
0,04m	1,15 mSv/h
0,05m	0,736 mSv/h
0,1m	0,184 mSv/h
0,15m	0,082 mSv/h
0,2m	0,046 mSv/h
0,3m	0,02 mSv/h

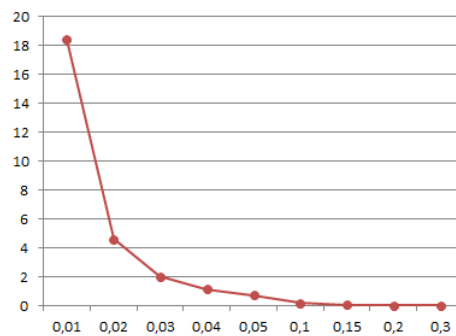


Figura 17: Gráfico da Taxa de Dose para cintilografia renal em função da distância da direção da fonte

Os valores da taxa de dose na posição do acompanhante, calculada para pequenas distâncias, estão na Tabela 6.

Tabela 6: Medida da taxa de dose na posição do acompanhante em função da distância - Renal

Distância	Taxa de Dose
0,01m	7,2 mSv/h
0,02m	1,8 mSv/h
0,03m	0,8 mSv/h
0,04m	0,45 mSv/h
0,05m	0,288 mSv/h
0,1m	0,072 mSv/h
0,15m	0,032 mSv/h
0,2m	0,018 mSv/h
0,3m	0,008 mSv/h

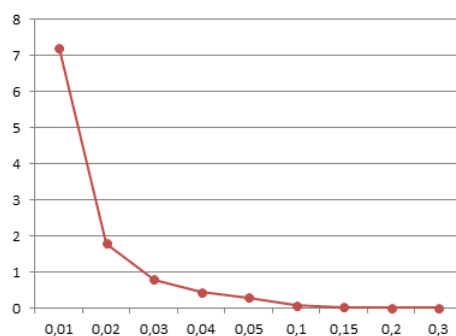


Figura 18: Gráfico da Taxa de Dose para cintilografia renal em função da distância em direção diferente à da fonte.

4.3.2 Cintilografia Refluxo Gastroesofágico

No caso da cintilografia refluxo gastroesofágico os valores de taxa de dose, calculados na direção do estômago para pequenas distâncias, estão na Tabela 7.

Tabela 7: Medida da taxa de dose na direção do estômago em função da distância

Distância	Taxa de Dose
0,01m	0,575 mSv/h
0,02m	0,143 mSv/h
0,03m	0,064 mSv/h
0,04m	0,036 mSv/h
0,05m	0,023 mSv/h
0,1m	0,006 mSv/h
0,15m	0,003 mSv/h
0,2m	0,001 mSv/h
0,3m	0,0006 mSv/h

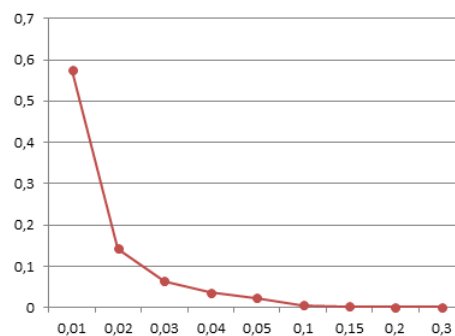
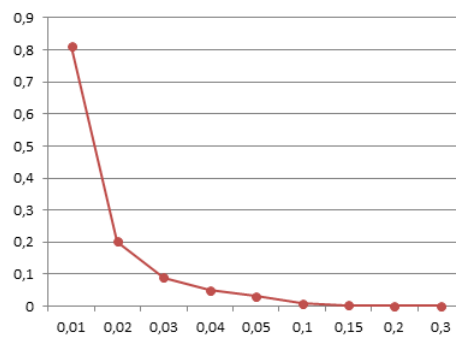


Figura 19: Gráfico da Taxa de Dose para cintilografia refluxo esofágica em função da distância da direção da fonte.

Os valores da taxa de dose na posição do acompanhante, calculada para pequenas distâncias, estão na Tabela 8.

Tabela 8: Medida da taxa de dose na posição do acompanhante em função da distância - Refluxo

Distância	Taxa de Dose
0,01m	0,81 mSv/h
0,02m	0,202 mSv/h
0,03m	0,09 mSv/h
0,04m	0,051 mSv/h
0,05m	0,032 mSv/h
0,1m	0,008 mSv/h
0,15m	0,0036 mSv/h
0,2m	0,002 mSv/h
0,3m	0,0009 mSv/h

**Figura 20: Gráfico da Taxa de Dose para cintilografia refluxo gastroesofágico em função da distância em direção diferente à da fonte**

5 DISCUSSÃO

5.1 DOSE RECEBIDA APÓS A REALIZAÇÃO DO EXAME

De acordo com informações fornecidas por acompanhantes de crianças que realizaram os exames de cintilografia renal e refluxo, consideramos uma rotina para as primeiras 3 horas após a aplicação do radiofármaco.

Segundo a rotina estabelecida, após a realização do exame o acompanhante permanece com a criança no colo por 20 minutos, até sair da clínica onde o exame é realizado, e pode levar até 2 horas, no caso do uso de ônibus ou van, para chegar na residência. Foram considerados dois meios de transporte, carro, onde a criança permanece sentada no bebê-conforto, e ônibus, onde a criança permanece no colo do acompanhante.

Ao chegar na casa, gasta-se aproximadamente 40 minutos para fazer a criança dormir, encerrando as primeiras 3 horas de atividade do Tc-99m. É importante salientar que após 1 hora, a atividade reduz para 89%, após 2 horas vai a 79% e 3 horas após a aplicação temos 71% da atividade inicial.

Para o cálculo da dose recebida, utilizou-se:

$$D = \dot{D}\Delta t \quad (5.1)$$

5.1.1 Situação 1 - Carro

Considerando que, após a realização do exame, paciente e acompanhante utilizam o carro para voltar à residência.

5.1.1.1 Exame Renal

Tabela 9: Dose recebida pelo acompanhante em exame de cintilografia renal de acordo com a distância, o tempo e a atividade - Carro

Distância	Tempo	Atividade	Taxa de Dose	Dose
0,3m	1h	100%	0,008mSv/h	0,008mSv
0,02m	$\frac{1}{3}$ h	89%	4,1mSv/h	1,36mSv
0,3m	$\frac{2}{3}$ h	89%	0,008mSv/h	0,005mSv
0,3m	$\frac{1}{3}$ h	79%	0,008mSv/h	0,002mSv
0,02m	$\frac{2}{3}$ h	79%	3,6mSv/h	2,42mSv

De acordo com os dados obtidos nas Tabelas 1 e 2 e levando em consideração o decaimento do Tc-99m, calcula-se a dose através do produto entre a taxa de dose e o tempo

de exposição. Na primeira hora após a aplicação do radiofármaco, a dose que o acompanhante recebe é de 0.008mSv. Na segunda hora, a dose recebida é de 1.37mSv. Na terceira hora, o acompanhante recebe 2.42mSv, devido ao tempo que a criança permanece no colo até adormecer. Neste caso, o acompanhante recebe, ao final de 3 horas, 3.798 mSv.

5.1.1.2 Exame Refluxo

Tabela 10: Dose recebida pelo acompanhante em exame de cintilografia refluxo gastroesofágico de acordo com a distância, o tempo e a atividade - Carro

Distância	Tempo	Atividade	Taxa de Dose	Dose
0,3m	1h	100%	0,0009mSv/h	0,0009mSv
0,02m	$\frac{1}{3}$ h	89%	0,128mSv/h	0,042mSv
0,3m	$\frac{2}{3}$ h	89%	0,0008mSv/h	0,00053mSv
0,3m	$\frac{1}{3}$ h	79%	0,00071mSv/h	0,00024mSv
0,02m	$\frac{2}{3}$ h	79%	0,113mSv/h	0,075mSv

De acordo com os dados obtidos nas Tabelas 3 e 4 e levando em consideração o decaimento do Tc-99m, calcula-se a dose através do produto entre a taxa de dose e o tempo de exposição. Na primeira hora após a ingestão do radiofármaco, a dose que o acompanhante recebe é de 0.9 μ Sv. Na segunda hora, a dose recebida é de 43 μ Sv. Na terceira hora, o acompanhante recebe 75 μ Sv. Neste caso, o acompanhante recebe, ao final de 3 horas, 0,119 mSv.

5.1.2 Situação 2 - Ônibus

Considerando que, após a realização do exame, paciente e acompanhante utilizam um ônibus ou van para voltar à residência.

5.1.2.1 Exame Renal

Tabela 11: Dose recebida pelo acompanhante em exame de cintilografia renal de acordo com a distância, o tempo e a atividade - Ônibus

Distância	Tempo	Atividade	Taxa de Dose	Dose
0,3m	1h	100%	0,008mSv/h	0,008mSv
0,02m	1h	89%	4,1mSv/h	4,1mSv
0,02m	1h	79%	3,6mSv/h	3,6mSv

De acordo com os dados obtidos nas Tabelas 5 e 6 e levando em consideração o decaimento do Tc-99m, calcula-se a dose através do produto entre a taxa de dose e o tempo de exposição. Na primeira hora após a aplicação do radiofármaco, a dose que o acompanhante recebe é de 0.008mSv. Na segunda hora, a dose recebida é de 4.1mSv. Na terceira hora, o acompanhante recebe 3.6mSv. Neste caso, considera-se 2 horas de transporte. Ao final de 3 horas o acompanhante recebe 7.7mSv.

5.1.2.2 Exame Refluxo

Tabela 12: Dose recebida pelo acompanhante em exame de cintilografia refluxo gastroesofágico de acordo com a distância, o tempo e a atividade - Ônibus

Distância	Tempo	Atividade	Taxa de Dose	Dose
0,3m	1h	100%	0,0009mSv/h	0,0009mSv
0,02m	1h	89%	0,13mSv/h	0,13mSv
0,02m	1h	79%	0,11mSv/h	0,11mSv

De acordo com os dados obtidos nas Tabelas 7 e 8 e levando em consideração o decaimento do Tc-99m, calcula-se a dose através do produto entre a taxa de dose e o tempo de exposição. Na primeira hora após a ingestão do radiofármaco, a dose que o acompanhante recebe é de 0.9 μ Sv. Na segunda hora, a dose recebida é de 0.13mSv. Na terceira hora, o acompanhante recebe 0.11mSv. Neste caso, o acompanhante recebe, ao final de 3 horas, 0,24mSv.

5.1.3 DOSE FINAL

É importante ressaltar a discrepância entre os dados da cintilografia renal com os dados da cintilografia refluxo gastroesofágica. No caso dos rins, após a aplicação do Tc-99m, todo o radiofármaco fica concentrado nos rins. Caso os dois rins estejam funcionando normalmente, o radiofármaco estará dividido entre o rim direito e o esquerdo, como podemos observar na Figura 21. Caso algum rim esteja com obstrução, não terá radiofármaco dentro dele, como mostra a Figura 22. Porém, em ambos os casos, há concentração de material radioativo.

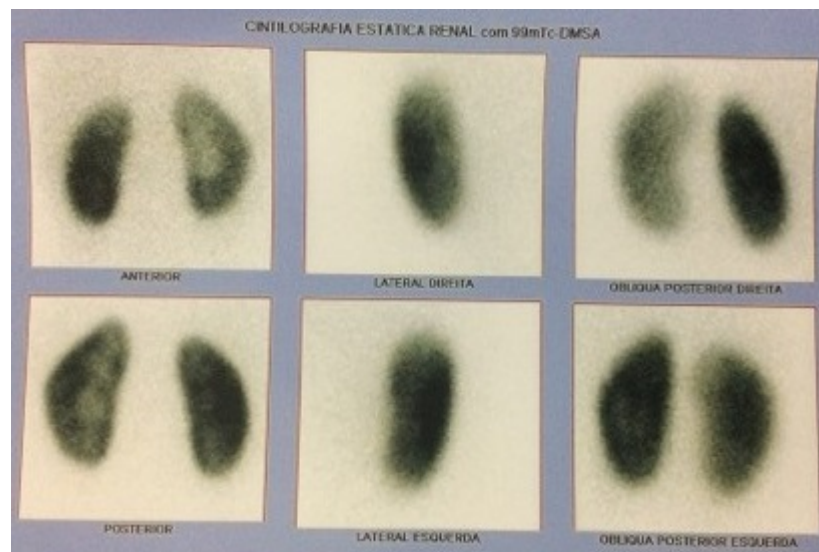


Figura 21: Exame de Cintilografia Renal: paciente com rins sem obstrução. O radiofármaco está presente em ambos os rins, indicando que não há nenhum impedimento para o funcionamento dos rins.

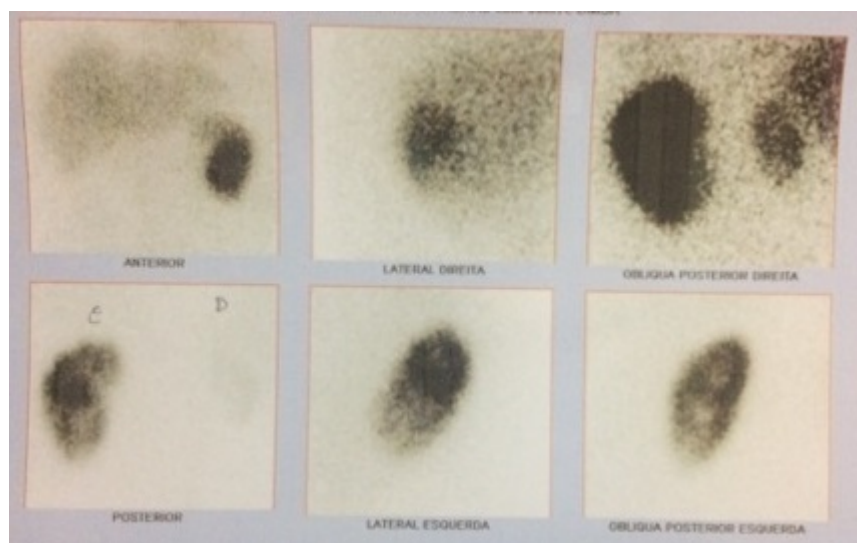


Figura 22: Exame de Cintilografia Renal: paciente com o obstrução no rim direito. O radiofármaco só está presente no rim esquerdo, indicando que algo está impedindo o rim direito de funcionar normalmente.

No caso da cintilografia refluxo gastroesofágica há uma dispersão do material radioativo por todo o trato gastrointestinal, como se observa na Figura 23. Logo, como foi mostrado no detector, mesmo muito próximo do estômago da criança (5cm) a taxa de dose é baixa.

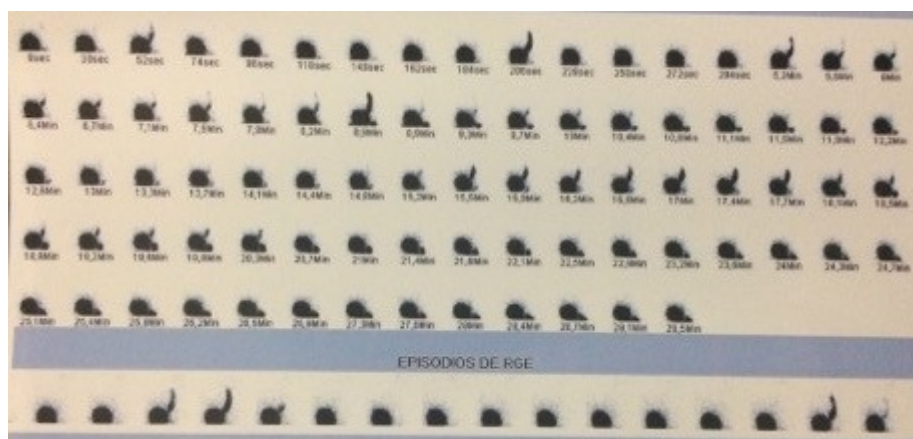


Figura 23: Exame de Cintilografia Refluxo Gastroesofágico: o paciente apresenta vários períodos de refluxo, sendo que o mais pertinente durou cerca de 5 minutos (Quadro 15 até Quadro 29).

De acordo com os limites estabelecidos pela CNEN na Norma NN3.01, a dose limite para acompanhantes é de 5mSv por ano. Vale salientar que a maioria dos pacientes que realizaram os exames abordados deverão refazê-los em 6 meses. Em alguns casos, como o abordado na situação 2 para acompanhantes em exames de cintilografia renal, realizando dois exames no período de um ano, o limite estabelecido será excedido. Com o objetivo de otimizar a dose recebida pelo acompanhante, a distância ideal mínima é de 05cm da fonte de radiação. Considerando que qualquer exposição à radiação ionizante ou substâncias radioativas é potencialmente prejudicial à saúde (PAZZIANOTTO, 1987), algumas medidas protetivas são necessárias para o acompanhante pois qualquer exposição, por menor que seja, é nociva à saúde.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após análise dos dados obtidos e estipulados, foi possível definir alguns cuidados necessários para os pais ou responsáveis por crianças que realizaram o exame de cintilografia renal e refluxo.

É importante haver rotatividade nos cuidados com a criança, evitando que apenas uma pessoa receba a radiação. Porém, essa rotatividade deve ser realizada apenas por pessoas com mais de 18 anos e não grávidas.

Principalmente para casos de refluxo, utilizar babador com forro plástico na criança e, em caso de vômito, retirar o babador sem fazer contato com o vômito. Colocar o babador e os objetos que tiveram contato com o vômito da criança em uma lata de alumínio com tampa e deixar no sol, em local isolado, podendo descartar em lixo comum após o período de 3 dias. O mesmo vale para fraldas com urina e fezes.

No dia do exame levar uma coberta para colocar em volta dos rins ou do tórax da criança, aumentando a distância entre a fonte de radiação e o acompanhante. Se possível, evitar ficar com a criança no colo por longo período de tempo.

Caso o trajeto seja longo e o meio de transporte não seja adequado, ou seja, a criança não será colocada no bebê-conforto, é indicado o uso de suportes, pequenas almofadas de espuma, colocados sob as vestes da criança, na região dos rins ou do estômago, presa na calça ou na fralda para diminuir a exposição à radiação ionizante.

Se possível, o laboratório que realiza os exames pode fornecer ao acompanhante o suporte de espuma, um babador com proteção plástica, um folheto explicativo e um saco plástico para descarte, para otimizar o procedimento, minimizar a exposição do acompanhante a radiação e informar sobre os cuidados com o paciente após a realização do exame. Se possível e necessário, o laboratório pode realizar capacitações com os funcionários para melhor entendimento da importância da proteção radiológica e como instruir os pacientes e acompanhantes após a realização de exames com radiofármacos.

REFERÊNCIAS

- [1] ROLLO, D. F. Nuclear Medicine Physics, Instrumentation, and agents. (1977)
- [2] EISEMBERG e RESNICK, Física Quântica, Editora Campos. (1979)
- [3] BURCHAM, W. E., Física Nuclear, Editora Reverté, S. A. Barcelona. (1974)
- [4] CNEN - NN 3.05 - Requisitos de Radioproteção e Segurança para Serviços de Medicina Nuclear
- [5] CNEN - NN 3.01 - Diretrizes Básicas de Proteção Radiológica - Anexo A
- [6] TORTORA, Gerard J. e DERRICKSON, B., Princípios de Anatomia e Fisiologia.
- [7] KNOLL. G. F., Radiation Detection and Mensuarement, Third Edition, Jonh Wiley and Sons.
- [8] YOSHIMURA, E. M. Física das Radiações: interação da radiação com a matéria; Revista Brasileira de Física Médica. 2009;3(1):57-67.
- [9] WAGNER H. N., BUCHANANA J. W., SZABO Z. Principles of nuclear medicine, Ed. W. B. Saunders Company, 2^a ed. 1995.
- [10] CHANDRA, RAMESH. Introductory physics of nuclear medicine. Philadelphia-Lea and Febiger, 4^a ed. 1992.
- [11] OKUNO, E.; YOSHIMURA, E. M. Física das radiações. São Paulo: Oficina de Textos, 2010

ANEXO A

DIRETRIZES BÁSICAS DE PROTEÇÃO RADIOLÓGICA

DIRETRIZES BÁSICAS DE PROTEÇÃO RADIOLÓGICA

**Resolução CNEN 27/04
Publicação: DOU 06.01.2005**

**Resolução CNEN 48/05 (Alteração dos itens 1.2.5, 2.2 e 7)
Publicação: DOU 14.11.2005**

**Portaria CNEN 07/05 (Alteração dos itens 2.2 e 5.4.3.4)
Publicação: DOU 18.01.2006**

**Resolução CNEN 114/11 (Alteração do item 5.4.2.1)
Publicação: DOU 01.09.2011**

**Resolução CNEN 164/14 (Alteração do item 5.4.3.1)
Publicação: DOU 11.03.2014**

SUMÁRIO

CNEN NN 3.01 – DIRETRIZES BÁSICAS DE PROTEÇÃO RADIOLÓGICA

1.	OBJETIVO E CAMPO DE APLICAÇÃO	3
1.1	OBJETIVO	3
1.2	CAMPO DE APLICAÇÃO.....	3
2.	GENERALIDADES	3
2.1	INTERPRETAÇÕES.....	3
2.2	DOCUMENTOS COMPLEMENTARES	4
3.	DEFINIÇÕES E SIGLAS	4
4.	RESPONSABILIDADES GERAIS EM PRÁTICAS E INTERVENÇÕES.....	9
5.	REQUISITOS PARA PRÁTICAS.....	10
5.1	REQUISITO FUNDAMENTAL.....	10
5.2	REQUISITOS GERAIS	10
5.3	REQUISITOS ADMINISTRATIVOS	10
5.4	REQUISITOS BÁSICOS DE PROTEÇÃO RADIOLÓGICA	12
5.5	REQUISITOS DE GESTÃO	14
5.6	VERIFICAÇÃO DE PROTEÇÃO RADIOLÓGICA.....	14
5.7	EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL	15
5.8	CLASSIFICAÇÃO DE ÁREAS	16
5.9	MONITORAÇÃO INDIVIDUAL, MONITORAÇÃO DE ÁREA E AVALIAÇÃO DA EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL	16
5.10	SAÚDE OCUPACIONAL	17
5.11	REGISTROS OCUPACIONAIS	17
5.12	CONTROLE DE VISITANTE.....	17
5.13	EXPOSIÇÃO MÉDICA.....	17
5.14	EXPOSIÇÃO DO PÚBLICO	18
6.	REQUISITOS PARA INTERVENÇÃO	19
6.1	OBRIGAÇÕES FUNDAMENTAIS.....	19
6.2	REQUISITOS DE PROTEÇÃO RADIOLÓGICA.....	20
6.3	EXPOSIÇÃO EM SITUAÇÃO DE EMERGÊNCIA	20
6.4	EXPOSIÇÃO CRÔNICA	21
7.	DISPOSIÇÕES TRANSITÓRIAS	21
	COMISSÃO DE ESTUDO	22

DIRETRIZES BÁSICAS DE PROTEÇÃO RADIOLÓGICA

1. OBJETIVO E CAMPO DE APLICAÇÃO

1.1 OBJETIVO

O objetivo desta Norma é estabelecer os requisitos básicos de proteção *radiológica* das pessoas em relação à *exposição à radiação ionizante*.

1.2 CAMPO DE APLICAÇÃO

1.2.1 Esta Norma se aplica as *práticas*, incluindo todas as *fontes* associadas a essas *práticas*, bem como a *intervenções*.

1.2.2 As *práticas* para as quais esta Norma se aplica incluem:

- a) o manuseio, a produção, a posse e a utilização de *fontes*, bem como o transporte, o armazenamento e a deposição de materiais radioativos, abrangendo todas as atividades relacionadas que envolvam ou possam envolver *exposição à radiação*;
- b) aquelas que envolvam *exposição a fontes naturais* cujo controle seja considerado necessário pela *CNEN*.

1.2.3 Os requisitos desta Norma se aplicam às *exposições ocupacionais*, *exposições médicas* e *exposições do público*, em situações de *exposições normais* ou *exposições potenciais*.

1.2.4 As situações de *intervenção* às quais esta Norma se aplica são:

- a) aquelas decorrentes de *situações de emergência*, que requeiram uma *ação protetora* para reduzir ou evitar as *exposições à radiação*;
- b) aquelas decorrentes de situações de *exposições crônicas* que requeiram uma *ação remediadora* para reduzi-las ou evitá-las;
- c) aquelas decorrentes de *exposições* a resíduos oriundos de atividades não submetidas ao sistema regulatório da *CNEN*.

1.2.5 Exclusão

a) Estão excluídas do escopo desta Norma quaisquer *exposições* cuja intensidade ou probabilidade de ocorrência não sejam suscetíveis ao controle regulatório, a critério da *CNEN*, ou aqueles casos que a *CNEN* vier a considerar que estas diretrizes não se aplicam.

b) As práticas de radiodiagnóstico médico e odontológico são regulamentadas por Portaria do Ministério da Saúde.

(alterado pela Resolução CNEN/CD 48/2005, DOU em 14/11/2005)

2. GENERALIDADES

2.1 INTERPRETAÇÕES

2.1.1 A *CNEN* pode, por meio de Resolução, acrescentar, revogar ou modificar requisitos desta Norma, conforme considerar apropriado ou necessário.

2.1.2 Quaisquer dúvidas de interpretação que possam surgir em relação às disposições desta Norma serão esclarecidas pela Diretoria de Radioproteção e Segurança Nuclear da *CNEN*.

2.2 DOCUMENTOS COMPLEMENTARES

Constituem documentos complementares a esta Norma, as seguintes Posições Regulatórias:

- a) PR-3.01/001: Critérios de Exclusão, Isenção e Dispensa de Requisitos de Proteção Radiológica;
- b) PR-3.01/002: Fatores de Ponderação para as Grandezas de Proteção Radiológica;
- c) PR-3.01/003: Coeficientes de Dose para Indivíduos Ocupacionalmente Expostos;
- d) PR-3.01/004: Restrição de Dose, Níveis de Referência Ocupacionais e Classificação de Áreas;
- e) PR-3.01/005: Critérios para o Cálculo de Dose Efetiva a partir da Monitoração Individual;
- f) PR-3.01/006: Medidas de Proteção e Critérios de Intervenção em Situações de Emergência;
- g) PR-3.01/007: Níveis de Intervenção e de Ação para Exposição Crônica;
- h) PR-3.01/008: Programa de Monitoração Radiológica Ambiental;
- i) PR-3.01/009: Modelo para a Elaboração de Relatórios de Programas de Monitoração Radiológica Ambiental;
- j) PR-3.01/0010: Níveis de Dose para Notificação à CNEN; e
(alterado pela Resolução CNEN/CD 48/2005, DOU em 14/11/2005)
- l) PR-3.01/0011: Coeficientes de Dose para Exposição do Público.
(alterado pela Portaria CNEN 07/2006, DOU em 18/01/2006)

3. DEFINIÇÕES E SIGLAS

Para os fins desta Norma, são adotadas as seguintes definições e siglas:

- 1. **Ação protetora** - ação tomada durante uma *intervenção*, com o objetivo de reduzir ou evitar *doses* que poderiam ser recebidas em situações de *exposição* de emergência ou de *exposição crônica*.
- 2. **Ação remediadora** - ação tomada durante uma *intervenção* em campos de *radiação* existentes, com o objetivo de reduzir *doses*.
- 3. **Acidente** - qualquer evento não intencional, incluindo erros de operação e falhas de equipamento, cujas conseqüências reais ou potenciais são relevantes sob o ponto de vista de *proteção radiológica*.
- 4. **Área controlada** - área sujeita a regras especiais de proteção e segurança, com a finalidade de controlar as *exposições normais*, prevenir a disseminação de contaminação radioativa e prevenir ou limitar a amplitude das *exposições potenciais*.
- 5. **Área livre** - qualquer área que não seja classificada como *área controlada* ou *área supervisionada*.
- 6. **Área supervisionada** - área para a qual as condições de *exposição ocupacional* são mantidas sob supervisão, mesmo que medidas de proteção e segurança específicas não sejam normalmente necessárias.
- 7. **Atividade** (de uma quantidade de radionuclídeo em um determinado estado de energia em um instante de tempo) – grandeza definida por $A=dN/dt$, onde dN é o valor esperado do número de transições nucleares espontâneas daquele estado de energia no intervalo de tempo dt . A unidade no sistema internacional é o recíproco do segundo (s^{-1}), denominada becquerel (Bq).
- 8. **CNEN** – Comissão Nacional de Energia Nuclear.

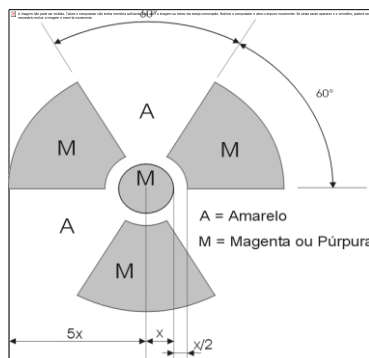
9. **Controle da Qualidade** - ações da garantia da qualidade que proporcionam meios para medir e controlar as características de uma estrutura, sistema, componente, processo ou *instalação*, de acordo com os requisitos estabelecidos.
10. **Controle Institucional** – controle mantido em repositório ou área descomissionada, com o objetivo de limitar a *dose* para a população, envolvendo a manutenção de registros, a delimitação de áreas, as restrições quanto ao uso da terra, o programa de *monitoração* radiológica ambiental, as inspeções periódicas e ações corretivas que se fizerem necessárias.
11. **Descomissionamento** – ações técnicas e administrativas tomadas para encerrar o controle regulatório da *instalação*.
12. **Detrimento** - dano total esperado, devido a *efeito estocástico*, em um grupo de indivíduos e seus descendentes, como resultado da *exposição* deste grupo à *radiação ionizante*. É determinado pela combinação das probabilidades condicionais de indução de câncer letal, câncer não letal, danos hereditários e redução da expectativa de vida.
13. **Dispensa** – retirada do controle regulatório de materiais ou objetos radioativos associados a uma *prática* autorizada.
14. **Dose** - *dose absorvida*, *dose efetiva*, *dose equivalente* ou *dose comprometida*, dependendo do contexto.
15. **Dose absorvida** - D - grandeza dosimétrica fundamental expressa por $D = d_E / dm$, onde d_E é a energia média depositada pela *radiação* em um volume elementar de matéria de massa dm . A unidade no sistema internacional é o joule por quilograma (J/kg), denominada gray (Gy).
16. **Dose absorvida comprometida** – $D(\tau)$ - grandeza expressa por $D(\tau) = \int_{t_0}^{t_0+\tau} \dot{D}(t) dt$, onde t_0 é o instante em que ocorre a incorporação, $\dot{D}(t)$ é a taxa de *dose absorvida* em um tempo t , e τ é o tempo transcorrido após a incorporação das substâncias radioativas. Quando não especificado de outra forma, τ tem o valor de 50 anos para adultos e até a idade de 70 anos para a incorporação por crianças.
17. **Dose coletiva** - expressão da *dose efetiva* total recebida por uma população ou um grupo de pessoas, definida como o produto do número de indivíduos expostos a uma *fonte de radiação ionizante*, pelo valor médio da distribuição de *dose efetiva* desses indivíduos. A *dose coletiva* é expressa em pessoa-sievert (pessoa.Sv).
18. **Dose comprometida** – *dose absorvida comprometida*, *dose equivalente comprometida* ou *dose efetiva comprometida*, dependendo do contexto.
19. **Dose efetiva** - E – é a soma das doses equivalentes ponderadas nos diversos órgãos e tecidos, $E = \sum_T w_T \cdot H_T$, onde H_T é a dose equivalente no tecido ou órgão e w_T é o *fator de ponderação de órgão ou tecido*. A unidade no sistema internacional é o joule por quilograma (J/kg), denominada sievert (Sv).
20. **Dose efetiva comprometida** – $E(\tau)$ - grandeza expressa por $E(\tau) = \sum_T w_T H_T(\tau)$, onde $H_T(\tau)$ é a *dose equivalente comprometida* no tecido T no período de integração τ e w_T é o *fator de ponderação de órgão ou tecido*. Quando não especificado de outra forma, τ tem o valor de 50 anos para adultos e até a idade de 70 anos para a incorporação por crianças.
21. **Dose equivalente** - H_T - grandeza expressa por $H_T = D_T w_R$, onde D_T é *dose absorvida* média no órgão ou tecido e w_R é o *fator de ponderação da radiação*. A unidade no sistema internacional é o joule por quilograma (J/kg), denominada sievert (Sv).

22. **Dose equivalente comprometida** – $H_T(\tau)$ – grandeza expressa por
- $$H_T(\tau) = \int_{t_0}^{t_0+\tau} \dot{H}_T(t) dt$$
- onde t_0 é o instante em que ocorre a incorporação, $\dot{H}_T(t)$ é a taxa de *dose equivalente* no órgão ou tecido no tempo t e τ é o período de tempo transcorrido após a incorporação das substâncias radioativas. Quando não especificado de outra forma, τ tem o valor de 50 anos para adultos e até a idade de 70 anos para a incorporação por crianças.
23. **Dose evitável** – dose que pode ser evitada por uma ou mais *ações protetoras*.
24. **Efeitos determinísticos** - efeitos para os quais existe um limiar de *dose absorvida* necessário para sua ocorrência e cuja gravidade aumenta com o aumento da *dose*.
25. **Efeitos estocásticos** - efeitos para os quais não existe um limiar de *dose* para sua ocorrência e cuja probabilidade de ocorrência é uma função da *dose*. A gravidade desses efeitos é independente da *dose*.
26. **Efetividade biológica relativa** – medida relativa da efetividade de diferentes tipos e energias de *radiação* em induzir um determinado efeito à saúde. É definida como a razão inversa das *doses absorvidas* de dois diferentes tipos e energias de *radiação* que produziram o mesmo grau de um efeito biológico definido.
27. **Empregador** - pessoa física ou jurídica com responsabilidades e deveres reconhecidos com relação a seu empregado, estagiário, bolsista ou estudante, no seu trabalho ou treinamento, devido a um contrato ou outro acordo formal. Um autônomo é considerado *empregador* e empregado.
28. **Exclusão** – inaplicabilidade de controle regulatório para *exposições* cuja intensidade ou probabilidade de ocorrência não sejam suscetíveis a tal controle, a critério da *CNEN*.
29. **Exposição** – ato ou condição de estar submetido à *radiação ionizante*.
30. **Exposição acidental** - *exposição* involuntária decorrente de situações de *acidente*, terrorismo ou sabotagem.
31. **Exposição crônica** – *exposição* que persiste ao longo do tempo.
32. **Exposição do público** - *exposição* de *indivíduos do público* a fontes e práticas autorizadas ou em situações de *intervenção*. Não inclui *exposição ocupacional*, *exposição médica* e *exposição natural* local.
33. **Exposição médica** - *exposição* a que são submetidos:
- pacientes, para fins de diagnóstico ou terapia;
 - indivíduos expostos, fora do contexto ocupacional, que voluntária e eventualmente assistem pacientes durante o procedimento radiológico de terapia ou diagnóstico;
 - indivíduos voluntários em programas de pesquisa médica ou biomédica.
34. **Exposição natural** – *exposição* resultante da *radiação* natural local.
35. **Exposição normal** - *exposição* esperada em decorrência de uma *prática* autorizada, em condições normais de operação de uma *fonte* ou de uma *instalação*, incluindo os casos de pequenos imprevistos que possam ser mantidos sob controle.
36. **Exposição ocupacional** – *exposição normal* ou *potencial* de um indivíduo em decorrência de seu trabalho ou treinamento em *práticas* autorizadas ou *intervenções*, excluindo-se a *radiação natural* do local.
37. **Exposição potencial** - *exposição* cuja ocorrência não pode ser prevista com certeza, mas que pode resultar de um *acidente* envolvendo diretamente uma *fonte* de *radiação*

ou em consequência de um evento ou de uma série de eventos de natureza probabilística.

38. **Fator de ponderação de órgão ou tecido (w_T)** – multiplicador da *dose equivalente* em um órgão ou tecido, usado para fins de *radioproteção*, de forma a considerar a diferença de sensibilidade dos diferentes órgãos ou tecidos na indução de *efeitos estocásticos* da *radiação*.
39. **Fator de ponderação da radiação (w_R)** – número pelo qual a *dose absorvida* no órgão ou tecido é multiplicada, de forma a refletir a *efetividade biológica relativa* da *radiação* na indução de *efeitos estocásticos* a baixas *doses*, resultando na *dose equivalente*.
40. **Fonte** - equipamento ou material que emite ou é capaz de emitir *radiação ionizante* ou de liberar substâncias ou materiais radioativos.
41. **Fontes Naturais** – fontes de *radiação* que ocorrem naturalmente, incluindo *radiação cósmica* e terrestre.
42. **Grupo crítico** - grupo de *indivíduos do público*, razoavelmente homogêneo em relação a uma determinada *fonte* ou via de *exposição*, que seja típico dos indivíduos recebendo as maiores *doses efetivas* ou *doses equivalentes* devidas àquela *fonte* ou via de *exposição*, conforme o caso.
43. **Indivíduo do público** - qualquer membro da população quando não submetido à *exposição ocupacional* ou *exposição médica*.
44. **Instalação** - estabelecimento ou parte de um estabelecimento ou local destinado à realização de uma *prática*. A *instalação* pode ser classificada como *instalação nuclear* ou *instalação radiativa*.
45. **Instalação Nuclear** – *instalação* na qual *material nuclear* é produzido, processado, reprocessado, utilizado, manuseado ou estocado em quantidades relevantes, a juízo da CNEN. Estão, desde logo, compreendidos nesta definição:
 - a) reator nuclear;
 - b) usina que utilize combustível nuclear para produção de energia térmica ou elétrica para fins industriais;
 - c) fábrica ou usina para a produção ou tratamento de *materiais nucleares*;
 - d) usina de reprocessamento de combustível nuclear irradiado; e
 - e) depósito de *materiais nucleares*, não incluindo local de armazenamento temporário usado durante transportes.
46. **Instalação radiativa** – estabelecimento ou *instalação* onde se produzem, utilizam, transportam ou armazenam *fontes de radiação*. Excetuam-se desta definição:
 - a) as *instalações nucleares*;
 - b) os veículos transportadores de *fontes de radiação*, quando estas não são partes integrantes dos mesmos.
47. **Intervenção** – toda ação adotada com o objetivo de reduzir ou evitar a *exposição* ou a probabilidade de *exposição* a *fontes* que não façam parte de uma *prática* controlada, ou que estejam fora de controle em consequência de um *acidente*, terrorismo ou sabotagem.
48. **IOE** – (Indivíduo Ocupacionalmente Exposto) – indivíduo sujeito à *exposição ocupacional*.
49. **Isenção** – ato regulatório que isenta uma *prática* ou uma *fonte* associada a uma *prática* de posterior controle regulatório, sob o ponto de vista de *proteção radiológica*.

50. **Material nuclear** – os elementos nucleares ou seus subprodutos, definidos na Lei 4118/62.
51. **Monitoração** - medição de grandezas e parâmetros para fins de controle ou de avaliação da exposição à radiação, incluindo a interpretação dos resultados.
52. **Níveis de ação** – valores de taxa de dose ou de concentração de atividade, estabelecidos com base em modelo de exposição realista da situação, acima dos quais devem ser adotadas ações protetoras ou remediadoras em situações de emergência ou de exposição crônica, de modo que sua adoção implique em certeza da observância dos níveis de intervenção correspondentes.
53. **Nível de intervenção** – nível de dose evitável, que leva à implementação de uma ação remediadora ou protetora específica, em uma situação de emergência ou de exposição crônica.
54. **Nível de investigação** – nível de referência que, quando atingido ou excedido, torna necessária a avaliação das causas e conseqüências dos fatos que levaram à detecção deste nível, bem como a proposição de ações corretivas necessárias.
55. **Níveis operacionais** – níveis de dose, ou grandeza a ela relacionada, estabelecidos pelo titular, baseados nos níveis de referência e na aplicação de processos de otimização.
56. **Níveis de referência** – níveis de dose, ou grandeza a ela relacionada, estabelecidos ou aprovados pela CNEN, com a finalidade de determinar ações a serem desenvolvidas quando esses níveis forem alcançados ou previstos de serem excedidos. Esses níveis incluem os níveis de registro, níveis de investigação, níveis de ação e níveis de intervenção.
57. **Níveis de referência de diagnóstico** – valores de uma grandeza específica na prática de diagnóstico, para exames típicos em grupos de pacientes adultos, estabelecidos com base em boas práticas médicas e de proteção radiológica.
58. **Nível de registro** - valor de dose, ou grandeza a ela relacionada, obtido em um programa de monitoração, cuja magnitude seja relevante para justificar o seu registro.
59. **Prática** – toda atividade humana que introduz fontes de exposição ou vias de exposição adicionais ou estende a exposição a mais pessoas, ou modifica o conjunto de vias de exposição devida a fontes existentes, de forma a aumentar a probabilidade de exposição de pessoas ou o número de pessoas expostas.
60. **Proteção radiológica ou Radioproteção** – conjunto de medidas que visam a proteger o ser humano e seus descendentes contra possíveis efeitos indesejados causados pela radiação ionizante.
61. **Radiação ionizante** ou **Radiação** - qualquer partícula ou radiação eletromagnética que, ao interagir com a matéria, ioniza seus átomos ou moléculas.
62. **Restrição de dose** – valor inferior ao limite de dose estabelecido pela CNEN como uma restrição prospectiva nas doses individuais relacionadas a uma determinada fonte de radiação ionizante, utilizado como limite superior no processo de otimização relativo a essa fonte.
63. **Serviço de proteção radiológica** – estrutura constituída especificamente com vistas à execução e manutenção do plano de proteção radiológica de uma instalação. Esta denominação não tem caráter obrigatório.
64. **Símbolo internacional da radiação ionizante** - símbolo utilizado internacionalmente para indicar a presença de radiação ionizante:



65. **Situação de Emergência** – situação envolvendo exposição temporária de pessoas, em decorrência de *acidente*, terrorismo ou sabotagem, que implique em *intervenção*.
66. **Supervisor de proteção radiológica ou supervisor de radioproteção** – indivíduo com habilitação de qualificação emitida pela *CNEN*, no âmbito de sua atuação, formalmente designado pelo *titular* da *instalação* para assumir a condução das tarefas relativas às ações de *proteção radiológica* na *instalação* relacionada àquela *prática*.
67. **Titular** – responsável legal pela instituição, estabelecimento ou *instalação* para a qual foi outorgada, pela *CNEN*, uma licença, autorização ou qualquer outro ato administrativo de natureza semelhante.

4. RESPONSABILIDADES GERAIS EM PRÁTICAS E INTERVENÇÕES

4.1 Os responsáveis principais pela aplicação desta Norma são:

- a) os *titulares*; e
- b) os *empregadores*.

4.2 Os titulares podem delegar a outras partes ações e tarefas relacionadas a essas responsabilidades, porém continuam responsáveis por essas ações e tarefas.

4.3 São também responsáveis pela aplicação desta Norma quaisquer pessoas físicas ou jurídicas para as quais o *titular* ou *empregador* tenha formalmente delegado responsabilidades específicas.

4.4 As responsabilidades básicas dos *titulares* e *empregadores* são:

- a) implantar, implementar e documentar um sistema de *proteção radiológica*, em consonância com a natureza e extensão dos riscos associados com as *práticas* e *intervensões* sob sua responsabilidade, em conformidade com esta Norma e demais normas aplicáveis, estabelecidas pela *CNEN*;
- b) determinar as medidas e os recursos necessários para garantir o cumprimento das diretrizes de *proteção radiológica* desta Norma, assegurar que os recursos sejam fornecidos e que essas medidas sejam implementadas corretamente;
- c) rever, continuamente, tais medidas e recursos, identificar quaisquer falhas e deficiências na sua aplicação, corrigi-las e evitar suas repetições, bem como verificar regularmente se os objetivos de *proteção radiológica* estão sendo alcançados;
- d) estabelecer mecanismos para facilitar a troca de informação e cooperação entre todas as partes interessadas com relação à *proteção radiológica*, incluindo a segurança das *fontes*;
- e) manter os registros apropriados relativos ao cumprimento de suas responsabilidades;
- f) tomar as ações necessárias para assegurar que os *IOE* estejam cientes de que sua segurança é parte integrante de um programa de *proteção radiológica*, no qual os *IOE*

possuem obrigações e responsabilidades tanto pela sua própria proteção como pela de terceiros.

4.5 No caso de falhas no cumprimento de qualquer requisito desta Norma, os *titulares* e *empregadores* são responsáveis pela:

- a) investigação das causas e conseqüências;
- b) adoção das medidas apropriadas para evitar a repetição de falhas semelhantes;
- c) comunicação à *CNEN*, na forma e nos prazos por ela estabelecidos, as causas e as ações corretivas ou preventivas adotadas ou que devam ser adotadas. Esta comunicação deve ser em caráter de urgência, sempre que uma *situação de emergência* tenha se iniciado, esteja se desenvolvendo ou em vias de se desenvolver; e,
- d) adoção de quaisquer outras ações especificadas pela *CNEN*.

4.6 Os *titulares* e os *empregadores* devem permitir aos inspetores da *CNEN* o acesso às suas *instalações* e registros, para fins de verificação do cumprimento dos requisitos desta Norma.

4.6.1 No caso de *exposições médicas*, o acesso, pelos inspetores da *CNEN*, aos registros não deve incluir a identificação individual dos pacientes, exceto com seu expresso consentimento.

5. REQUISITOS PARA PRÁTICAS

5.1 REQUISITO FUNDAMENTAL

Qualquer ação envolvendo *práticas*, ou *fontes* associadas a essas *práticas*, só pode ser realizada em conformidade com os requisitos aplicáveis desta Norma, a não ser que resulte em *exposição* excluída do controle regulatório da *CNEN*, ou que a *fonte* esteja isenta ou dispensada desse controle.

5.2 REQUISITOS GERAIS

5.2.1 Para a realização de uma *prática*, devem ser consideradas todas as ações e etapas envolvidas, desde a escolha do local até o *descomissionamento* ou até o fim do *controle institucional* da *instalação*, tendo como base critérios técnicos sólidos, os quais devem:

- a) considerar as Normas pertinentes da *CNEN*, assim como outros códigos e Normas técnicas aceitos pela *CNEN*;
- b) incluir margens de segurança suficientes, de forma a garantir um desempenho seguro durante a existência da *fonte*, atendendo, em especial, à prevenção de *acidentes* e à mitigação de suas conseqüências, tanto no presente como no futuro.

5.2.2 As *fontes* e *instalações* devem ser mantidas em condições de segurança tais que sejam prevenidos roubos, avarias e quaisquer ações de pessoas físicas ou jurídicas não autorizadas.

5.2.3 Deve-se aplicar às *fontes* e *instalações* um sistema de segurança e proteção, do tipo barreiras múltiplas, que esteja em consonância com a intensidade e a probabilidade das *exposições potenciais* envolvidas.

5.3 REQUISITOS ADMINISTRATIVOS

5.3.1 Toda pessoa física ou jurídica com a intenção de realizar qualquer ação relacionada a *práticas* ou *fontes* associadas a essas *práticas* deve submeter requerimento à *CNEN* para obtenção das licenças, autorizações ou quaisquer outros atos administrativos pertinentes, de acordo com normas aplicáveis da *CNEN*.

5.3.1.1 Pessoa física para a qual não seja exigido ato administrativo emitido pela *CNEN* deve estar devidamente habilitada ou ser supervisionada por profissional habilitado pela *CNEN*.

5.3.1.2 Em relação a produtos para consumo, são necessários requerimentos somente para fabricação, montagem, importação e distribuição.

5.3.2 Os *titulares* são os responsáveis por estabelecer e implementar as medidas técnicas e organizacionais necessárias para garantir a segurança das *fontes* sob sua responsabilidade e a *proteção radiológica* em *exposições ocupacionais*, *exposições médicas* e *exposições do público*.

5.3.3 As partes para as quais foram delegadas pelos *titulares* ações e tarefas relacionadas a esta Norma devem estar devidamente habilitadas pela *CNEN*, conforme atos administrativos ou normas específicas.

5.3.4 Os *titulares* devem manter uma estrutura de *proteção radiológica* dimensionada de acordo com o porte da *instalação*, conforme estabelecido pela *CNEN*.

5.3.4.1 Esta estrutura deve contar com, pelo menos, um indivíduo habilitado pela *CNEN* como *supervisor de proteção radiológica*.

5.3.5 Os *titulares* devem solicitar autorização à *CNEN* para introduzir modificações nas *práticas* ou nas *fontes* associadas a essas *práticas*, para as quais tenham sido autorizados, sempre que tais modificações possam ter implicações significativas na segurança das *fontes* ou na *proteção radiológica*. É vedada a execução dessas modificações antes que tenham sido autorizadas pela *CNEN*.

5.3.6 A *isenção* aos requisitos desta Norma será concedida sempre que as *práticas* e as *fontes* associadas a essas *práticas* se enquadrem em critérios de *isenção* estabelecidos pela *CNEN*.

5.3.7 As *fontes* radioativas, incluindo materiais e objetos contendo radionuclídeos, associadas às *práticas* poderão obter *dispensa* do controle regulatório sempre que se enquadrarem nos critérios de dispensa estabelecidos pela *CNEN*.

5.3.8 O *titular* deve submeter à aprovação da *CNEN* um Plano de *Proteção Radiológica*, contendo, no mínimo, as seguintes informações:

- a) identificação da *instalação* e da sua estrutura organizacional, com uma definição clara das linhas de responsabilidade e respectivos responsáveis;
- b) objetivo da *instalação* e descrição da *prática*;
- c) função, classificação e descrição das áreas da *instalação*;
- d) descrição da equipe, *instalações* e equipamentos que compõem a estrutura do *serviço de proteção radiológica*;
- e) descrição das *fontes de radiação* e dos correspondentes sistemas de controle e segurança, com detalhamento das atividades envolvendo essas *fontes*;
- f) demonstração da otimização da *proteção radiológica*, ou de sua *dispensa*;
- g) função, qualificação e jornada de trabalho dos *IOE*;
- h) estimativa das *doses anuais* para os *IOE* e *indivíduos do público*, em condições de *exposição normal*;
- i) descrição dos programas e procedimentos relativos a *monitoração* individual, *monitoração* de área, *monitoração* de efluentes e *monitoração* do meio ambiente;
- j) descrição do sistema de gerência de rejeitos radioativos;
- k) descrição do sistema de liberação de efluentes radioativos;

- l) descrição do controle médico de *IOE*, incluindo planejamento médico em caso de *acidentes*;
- m) programas de treinamento específicos para *IOE* e demais funcionários, eventualmente;
- n) *níveis operacionais* e demais restrições adotados;
- o) descrição dos tipos de *acidentes* previsíveis, incluindo o sistema de detecção dos mesmos, destacando os mais prováveis e os de maior porte;
- p) planejamento de resposta em *situações de emergência*, até o completo restabelecimento da situação normal;
- q) regulamento interno e instruções gerais a serem fornecidas por escrito aos *IOE* e demais trabalhadores, visando a execução segura de suas atividades; e
- r) Programa de Garantia da Qualidade aplicável ao sistema de *proteção radiológica*.

5.3.9 Constituem-se responsabilidades do *supervisor de proteção radiológica*:

- a) assessorar e informar a direção da *instalação* sobre todos os assuntos relativos à *proteção radiológica*;
- b) zelar pelo cumprimento do plano de *proteção radiológica* aprovado pela *CNEN*;
- c) planejar, coordenar, implementar e supervisionar as atividades do *serviço de proteção radiológica*, de modo a garantir o cumprimento dos requisitos básicos de *proteção radiológica*;
- d) coordenar o treinamento, orientar e avaliar o desempenho dos *IOE*, sob o ponto de vista de *proteção radiológica*.

5.3.10 O substituto eventual do *supervisor de proteção radiológica* deve estar devidamente treinado ou habilitado, a critério da *CNEN*, para exercer a função de *supervisor de proteção radiológica* naquela *prática*.

5.4 REQUISITOS BÁSICOS DE PROTEÇÃO RADIOLÓGICA

5.4.1 Justificação

5.4.1.1 Nenhuma *prática* ou *fonte* associada a essa *prática* será aceita pela *CNEN*, a não ser que a *prática* produza benefícios, para os indivíduos expostos ou para a sociedade, suficientes para compensar o *detrimento* correspondente, tendo-se em conta fatores sociais e econômicos, assim como outros fatores pertinentes.

5.4.1.2 As *exposições médicas* de pacientes devem ser justificadas, ponderando-se os benefícios diagnósticos ou terapêuticos que elas venham a produzir em relação ao *detrimento* correspondente, levando-se em conta os riscos e benefícios de técnicas alternativas disponíveis, que não envolvam *exposição*.

5.4.1.3 Com exceção das *práticas* com *exposições médicas* justificadas, as seguintes *práticas* não são justificadas, sempre que, por adição deliberada de substâncias radioativas ou por ativação, resultem em aumento de *atividade* nas mercadorias ou produtos associados:

- a) as *práticas* que envolvam alimentos, bebidas, cosméticos ou quaisquer outras mercadorias ou produtos destinados a ingestão, inalação, incorporação percutânea ou aplicação no ser humano;
- b) as *práticas* que envolvam o uso frívolo de *radiação* ou substâncias radioativas em mercadorias ou produtos, estando incluídos, desde já, brinquedos e objetos de joalheria ou de adorno pessoal;

c) *exposições* de pessoas para fins de demonstração ou treinamento.

5.4.2 Limitação de dose individual

5.4.2.1 A *exposição normal* dos indivíduos deve ser restringida de tal modo que nem a *dose efetiva* nem a *dose equivalente* nos órgãos ou tecidos de interesse, causadas pela possível combinação de *exposições* originadas por *práticas* autorizadas, excedam o limite de *dose* especificado na tabela a seguir, salvo em circunstâncias especiais, autorizadas pela CNEN. Esses limites de *dose* não se aplicam às *exposições médicas*.

Limites de Dose Anuais [a]			
Grandeza	Órgão	<i>Indivíduo ocupacionalmente exposto</i>	<i>Indivíduo do público</i>
<i>Dose efetiva</i>	Corpo inteiro	20 mSv [b]	1 mSv [c]
<i>Dose equivalente</i>	Cristalino	20 mSv [b] (Alterado pela Resolução CNEN 114/2011)	15 mSv
	Pele [d]	500 mSv	50 mSv
	Mãos e pés	500 mSv	---

[a] Para fins de *controle administrativo* efetuado pela CNEN, o termo *dose* anual deve ser considerado como *dose* no ano calendário, isto é, no período decorrente de janeiro a dezembro de cada ano.

[b] Média aritmética em 5 anos consecutivos, desde que não exceda 50 mSv em qualquer ano.

(Alterado pela Resolução CNEN 114/2011)

[c] Em circunstâncias especiais, a CNEN poderá autorizar um valor de *dose efetiva* de até 5 mSv em um ano, desde que a *dose efetiva* média em um período de 5 anos consecutivos, não exceda a 1 mSv por ano.

[d] Valor médio em 1 cm² de área, na região mais irradiada.

Os valores de *dose efetiva* se aplicam à soma das *doses efetivas*, causadas por *exposições* externas, com as *doses efetivas comprometidas* (integradas em 50 anos para adultos e até a idade de 70 anos para crianças), causadas por incorporações ocorridas no mesmo ano.

5.4.2.2 Para mulheres grávidas ocupacionalmente expostas, suas tarefas devem ser controladas de maneira que seja improvável que, a partir da notificação da gravidez, o feto receba *dose efetiva* superior a 1 mSv durante o resto do período de gestação.

5.4.2.3 Indivíduos com idade inferior a 18 anos não podem estar sujeitos a *exposições ocupacionais*.

5.4.2.4 Os limites de *dose* estabelecidos não se aplicam a *exposições médicas* de acompanhantes e voluntários que eventualmente assistem pacientes. As *doses* devem ser restritas de forma que seja improvável que algum desses acompanhantes ou voluntários receba mais de 5 mSv durante o período de exame diagnóstico ou tratamento do paciente. A *dose* para crianças em visita a pacientes em que foram administrados materiais radioativos deve ser restrita de forma que seja improvável exceder a 1 mSv.

5.4.3 Otimização

5.4.3.1 Em relação às exposições causadas por uma determinada fonte associada a uma prática, a proteção radiológica deve ser otimizada de forma que a magnitude das doses individuais, o número de pessoas expostas e a probabilidade de ocorrência de exposições mantenham-se tão baixas quanto possa ser razoavelmente exequível, tendo em conta os fatores econômicos e sociais. Nesse processo de otimização, deve ser observado que as doses nos indivíduos decorrentes de exposição à fonte devem estar sujeitas às restrições de dose relacionadas a essa fonte. No caso de exposições médicas de pacientes, a otimização médica da proteção radiológica deve ser entendida como a aplicação da dose de radiação necessária e suficiente para atingir os propósitos a que se destina.

(Alterado pela Resolução CNEN 164/2014)

5.4.3.2 Nas avaliações quantitativas de otimização, o valor do coeficiente monetário por unidade de *dose coletiva* não deve ser inferior, em moeda nacional corrente, ao valor equivalente a US\$ 10000/pessoa.sievert.

5.4.3.3 A menos que a CNEN solicite especificamente, a demonstração de otimização de um sistema de *proteção radiológica* é dispensável quando o projeto do sistema assegura que, em condições normais de operação, se cumpram as 3 (três) seguintes condições:

- a) a *dose efetiva* anual média para qualquer IOE não excede 1 mSv;
- b) a *dose efetiva* anual média para *indivíduos do grupo crítico* não ultrapassa 10 µSv;
- c) a *dose efetiva coletiva* anual não supera o valor de 1 pessoa.Sv.

5.4.3.4 Como condição limitante do processo de otimização da *proteção radiológica* em uma *instalação*, deve ser adotado um valor máximo de 0,3 mSv para a restrição da *dose efetiva* anual média para indivíduos do grupo crítico, referente à liberação de efluentes.

(alterado pela Portaria CNEN 07/2006, DOU em 18/01/2006)

5.4.3.5 Os efeitos cumulativos de cada liberação anual de qualquer efluente devem ser restringidos de forma que seja improvável que a *dose efetiva*, em qualquer ano, exceda o limite de *dose* aplicável. Devem-se levar em conta os indivíduos a qualquer distância da *fonte*, abrangendo as gerações atuais e futuras, as liberações acumuladas e as *exposições* decorrentes de todas as demais *fontes* e *práticas* pertinentes, submetidas a controle.

5.5 REQUISITOS DE GESTÃO

5.5.1 O *titular* deve fomentar e manter uma cultura de segurança para estimular e fortalecer atitudes e comportamentos que contribuam para aprimorar a segurança das *fontes* e a *proteção radiológica*.

5.5.2 O sistema de garantia da qualidade estabelecido e implementado pelo *titular* deve proporcionar, no que se refere à *proteção radiológica*:

- a) garantia de que os requisitos especificados estão satisfeitos; e
- b) mecanismos e procedimentos de *controle da qualidade*, para revisar e avaliar se as medidas de *proteção radiológica* adotadas são efetivas.

5.5.3 Devem ser tomadas medidas para reduzir, o quanto for exequível, a contribuição de erros humanos que levem a *acidentes* ou outros eventos que possam vir a originar *exposições* inadvertidas ou não intencionais em qualquer indivíduo.

5.6 VERIFICAÇÃO DE PROTEÇÃO RADIOLÓGICA

5.6.1 Devem ser realizadas análises relativas à *proteção radiológica* e à segurança das *fontes* associadas às *práticas* em todas as ações e estágios envolvidos, desde a escolha do local até o *descomissionamento* ou até o fim do *controle institucional*, a fim de:

- a) identificar as situações em que possam ocorrer *exposições normais* e *potenciais*, levando em consideração os efeitos de eventos externos às *fontes*, que envolvam diretamente as *fontes* e/ou os equipamentos a elas associados; e
- b) determinar a magnitude prevista das *exposições normais* e, quando razoável e exequível, estimar as probabilidades e os valores das *exposições potenciais*.

5.6.2 O *titular* é responsável pela *monitoração* radiológica e medição dos parâmetros necessários para verificar o cumprimento dos requisitos prescritos por esta Norma.

5.6.3 Para fins de *monitoração* e verificação do cumprimento dos requisitos de *proteção radiológica*, o *titular* deve dispor de procedimentos e instrumentação suficientes e adequados. A instrumentação deve ser corretamente mantida e, quando aplicável, testada e calibrada em intervalos apropriados, usando-se como referência padrões rastreáveis aos padrões nacionais ou internacionais.

5.6.4 O *titular* deve manter registros dos resultados das *monitorações* e da verificação do cumprimento dos requisitos pertinentes, incluindo os registros dos testes e calibrações, de acordo com o especificado no Plano de *Proteção Radiológica*.

5.7 EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL

5.7.1 Os *titulares* e *empregadores* de *IOE* são responsáveis pela proteção desses indivíduos em atividades que envolvam *exposições ocupacionais*.

5.7.2 Os *titulares* e *empregadores* devem assegurar que os *IOE* ou indivíduos eventualmente expostos à *radiação* cuja origem não esteja diretamente relacionada ao seu trabalho, sejam tratados como os *indivíduos do público* e recebam o mesmo nível de proteção.

5.7.3 O *titular*, ao terceirizar serviços que envolvam ou possam envolver *exposição* de *IOE* a uma *fonte* sob sua responsabilidade, deve:

- a) assegurar que o *empregador* esteja ciente de suas responsabilidades, em relação a esses *IOE*, conforme estabelecidas nesta Norma;
- b) assegurar ao *empregador* desses *IOE*, ou responsável pelos mesmos, que a *instalação* atende aos requisitos de *proteção radiológica* desta Norma; e
- c) prestar toda informação disponível, com relação à conformidade a esta Norma, que o *empregador* venha a requerer antes, durante ou após a contratação de tais serviços.

5.7.4 Os *titulares* devem como condição prévia ao trabalho dos *IOE* terceirizados, obter, dos *empregadores*, histórico de *exposição ocupacional* prévia e outras informações que possam ser necessárias para fornecer *proteção radiológica* adequada, em conformidade com esta Norma.

5.7.5 Os *IOE* devem:

- a) seguir as regras e procedimentos aplicáveis à segurança e *proteção radiológica* especificados pelos *empregadores* e *titulares*, incluindo participação em treinamentos relativos à segurança e *proteção radiológica* que os capacite a conduzir seu trabalho de acordo com os requisitos desta Norma;
- b) fornecer ao *empregador* ou ao *titular* quaisquer informações sobre seu trabalho, passado e atual, incluindo histórico de dose, que sejam pertinentes para assegurar tanto a sua *proteção radiológica* como a de terceiros;
- c) fornecer ao *empregador* ou ao *titular* a informação de ter sido ou estar sendo submetido a tratamento médico ou diagnóstico que utilize *radiação ionizante*;
- d) abster-se de quaisquer ações intencionais que possam colocá-los, ou a terceiros, em situações que contrariem os requisitos desta Norma.

5.7.6 Os *IOE* devem comunicar ao *empregador* ou ao *titular*, tão logo seja possível, qualquer circunstância que não esteja, ou possa vir a não estar, em conformidade com esta Norma.

5.7.7 Os *titulares* e *empregadores* devem registrar qualquer comunicado recebido de um *IOE* identificando qualquer circunstância que não esteja, ou possa vir a não estar, em conformidade com esta Norma, e tomar as ações requeridas.

5.7.8 Os *titulares* devem relatar imediatamente à *CNEN* as situações em que os níveis de *dose* especificados para fins de notificação forem atingidos.

5.7.9 Compensações ou privilégios especiais para *IOE* não devem, em hipótese alguma, substituir os requisitos aplicáveis desta Norma.

5.7.10 Uma mulher ocupacionalmente exposta, ao tomar conhecimento da gravidez, deve notificar imediatamente esse fato ao seu *empregador*.

5.7.11 A notificação da gravidez não deve ser considerada um motivo para excluir uma mulher ocupacionalmente exposta do trabalho com *radiação*; porém o *titular* ou *empregador*, nesse caso, deve tomar as medidas necessárias para assegurar a proteção do embrião ou feto, conforme estabelecido na subseção 5.4.2.2 desta Norma.

5.8 CLASSIFICAÇÃO DE ÁREAS

5.8.1 Para fins de gerenciamento da *proteção radiológica*, os *titulares* devem classificar as áreas de trabalho com *radiação* ou material radioativo em *áreas controladas*, *áreas supervisionadas* ou *áreas livres*, conforme apropriado.

5.8.2 Uma área deve ser classificada como *área controlada* quando for necessária a adoção de medidas específicas de proteção e segurança para garantir que as *exposições ocupacionais* normais estejam em conformidade com os requisitos de otimização e limitação de *dose*, bem como prevenir ou reduzir a magnitude das *exposições potenciais*.

5.8.3 Uma área deve ser classificada como *área supervisionada* quando, embora não requeira a adoção de medidas específicas de proteção e segurança, devem ser feitas reavaliações regulares das condições de *exposições ocupacionais*, com o objetivo de determinar se a classificação continua adequada.

5.8.4 As *áreas controladas* devem estar sinalizadas com o *símbolo internacional de radiação ionizante*, acompanhando um texto descrevendo o tipo de material, equipamento ou uso relacionado à *radiação ionizante*.

5.8.5 As *áreas supervisionadas* devem ser indicadas como tal, em seus acessos.

5.9 MONITORAÇÃO INDIVIDUAL, MONITORAÇÃO DE ÁREA E AVALIAÇÃO DA EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL

5.9.1 Os *titulares*, em cooperação com o *empregador*, devem estabelecer e implementar um programa de *monitoração* individual e de área, conforme aplicável, levando-se em conta a natureza e intensidade das *exposições normais* e *potenciais* previstas.

5.9.2 Os *titulares* e *empregadores* são responsáveis pela avaliação da *exposição ocupacional* dos *IOE*. Essa avaliação deve estar baseada na *monitoração* individual e de área, conforme aplicável.

5.9.3 Qualquer *IOE* que possa receber uma *exposição ocupacional* sujeita a controle deve ser submetido à *monitoração* individual, sempre que adequada, apropriada e factível. Nos casos em que a *monitoração* individual não for aplicável, a avaliação da *exposição ocupacional* do *IOE* tomará como base os resultados da *monitoração* da área e as informações sobre as atividades do *IOE* na área.

5.9.4 Os *titulares* e *empregadores* devem solicitar aconselhamento médico adequado sempre que qualquer *IOE*, em uma única *exposição*, vier a receber uma *dose efetiva* superior a 100 mSv ou *dose absorvida* superior ao limiar de *efeitos determinísticos*.

5.10 SAÚDE OCUPACIONAL

Os *titulares* e *empregadores* devem implantar um programa de saúde ocupacional, para avaliação inicial e periódica da aptidão dos *IOE*, baseado nos princípios gerais de saúde ocupacional, tendo como referência o Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional.

5.11 REGISTROS OCUPACIONAIS

5.11.1 Os *titulares* e *empregadores* devem manter registros de *exposição* para cada *IOE*, incluindo informações sobre:

- a) a natureza geral do trabalho;
- b) as *doses* e as incorporações, quando iguais ou superiores aos *níveis de registro* pertinentes; e
- c) os dados e modelos que serviram de base para as avaliações de *dose*.

5.11.2 Se os *IOE* estiverem envolvidos em atividades que levem, ou possam levar, à *exposição* a uma *fonte* que não esteja sob controle do seu *empregador*, o *titular* responsável pela *fonte* deve fornecer ao *IOE* e ao seu *empregador* os registros de *dose* referentes ao período de realização dessas atividades.

5.11.3 *Empregadores* e *titulares* devem dar acesso e informar aos *IOE* os dados dos seus registros de *dose*, bem como fornecer cópia do histórico de *dose* quando solicitado pelo *IOE*.

5.11.4 Se o *empregador* ou o *titular* cessar a sua atividade envolvendo *exposição* dos *IOE*, deve providenciar meios para a guarda dos registros de *doses* anuais dos *IOE* em um órgão de registro oficial e comunicar esse fato à *CNEN*.

5.11.5 Os registros de *dose* para cada *IOE* devem ser preservados durante o período ativo do indivíduo. Esses registros devem ser preservados até os *IOE* atingirem a idade de 75 anos e , pelo menos, por 30 anos após o término de sua ocupação, mesmo que já falecido.

5.12 CONTROLE DE VISITANTE

Os *titulares* devem:

- a) tomar as medidas necessárias para assegurar a *proteção radiológica* adequada de visitantes a *áreas controladas*, incluindo informações e instruções apropriadas;
- b) assegurar que visitantes sejam acompanhados, em qualquer *área controlada*, por uma pessoa com conhecimentos sobre as medidas de *proteção radiológica* para aquela área;
- c) assegurar que visitantes menores que 16 anos não tenham acesso às *áreas controladas*.

5.13 EXPOSIÇÃO MÉDICA

5.13.1 RESPONSABILIDADES

5.13.1.1 Os *titulares* devem assegurar que:

- a) sejam tomadas as medidas administrativas necessárias para que *exposições médicas* com *fontes* sob sua responsabilidade, para fins de diagnóstico ou terapia de pacientes, sejam realizadas apenas sob prescrição médica;

- b) estejam disponíveis, na *instalação*, equipe médica legalmente reconhecida e habilitada para uso de *fontes* radioativas, além de IOE treinados e supervisionados por profissionais habilitados pela *CNEN*;
- c) seja implementado um programa de garantia da qualidade para *exposições médicas*;
- d) sejam conduzidos ou supervisionados por especialistas, com qualificação reconhecida pela *CNEN*, a calibração dos feixes e das *fontes*, a dosimetria clínica e os testes de *controle da qualidade*;
- e) esteja disponível, na *instalação*, médico especialista com qualificação legalmente reconhecida para práticas médicas “in vivo”;
- f) assegurar que a calibração de equipamentos usados para calibrar feixes e *fontes* empregadas em *exposição médica* seja rastreada por um laboratório padrão de dosimetria, reconhecido ou autorizado pela *CNEN*;
- g) seja restrita, conforme especificada nesta Norma, a *exposição* de voluntários que assistam pacientes submetidos a um procedimento diagnóstico ou terapêutico.

5.13.1.2 Os profissionais envolvidos com as *exposições médicas* devem informar imediatamente ao *titular* qualquer deficiência ou necessidade, relativa ao cumprimento desta Norma, no que se refere à *proteção radiológica* dos pacientes.

5.13.1.3 Os *titulares* devem ainda:

- a) identificar possíveis falhas de equipamento e erros humanos que possam resultar em *exposições médicas* acidentais;
- b) tomar todas as medidas necessárias para prevenir as falhas e os erros, ou minimizar as suas consequências, incluindo a seleção de procedimentos adequados para a *prática*, considerando os aspectos de segurança e *proteção radiológica*.

5.13.1.4 Com relação a *acidentes* que envolvam *exposições médicas* diferentes daquelas pretendidas, conforme definido pela *CNEN*, os *titulares* devem:

- a) investigar imediatamente o ocorrido;
- b) calcular ou estimar as *doses* recebidas e sua distribuição no paciente;
- c) indicar as medidas para prevenir a recorrência de tais *acidentes* e implementar aquelas sob sua responsabilidade;
- d) submeter à *CNEN*, logo após a investigação, um relatório escrito que esclareça as causas do *acidente*, bem como as providências tomadas; e
- e) informar por escrito ao paciente e ao médico solicitante sobre o *acidente*.

5.13.1.5 No processo de otimização das *exposições médicas* para fins de diagnóstico, os *titulares* devem considerar os *níveis de referência de diagnóstico* estabelecidos com base em boas práticas médicas e de *proteção radiológica*.

5.14 EXPOSIÇÃO DO PÚBLICO

5.14.1 Em relação às *fontes* sob sua responsabilidade, os *titulares* devem estabelecer, implementar e manter medidas para:

- a) assegurar a aplicação da otimização da *proteção radiológica* para *indivíduos do público* cuja *exposição* seja atribuível a tais *fontes*, considerando as *restrições de dose* para o *grupo crítico* relevante, estabelecidas pela *CNEN*;
- b) garantir a segurança dessas *fontes*, tomando todas as medidas necessárias para prevenir falhas e erros que possam resultar em *exposição acidental* do público, ou para minimizar as suas consequências;

- c) estimar a *exposição do público*, incluindo, quando aplicável, programa de *monitoração* radiológica ambiental; e
- d) garantir resposta adequada a *situações de emergências radiológicas* que possam envolver *exposição do público*, incluindo planos ou procedimentos de emergência em consonância com a natureza e a intensidade do risco envolvido.

5.14.2 Os *titulares* devem assegurar que as medidas otimizadas, de acordo com os requisitos desta Norma, sejam também apropriadas para restringir a *exposição* em áreas de acesso público da *instalação* sob sua responsabilidade.

5.14.3 Os *titulares* devem assegurar que os materiais radioativos provenientes de *práticas* sob sua responsabilidade não sejam liberados no meio ambiente, a menos que tais liberações estejam autorizadas pela *CNEN* e sejam otimizadas e controladas.

5.14.4 Os *titulares*, em relação às *fontes* sob sua responsabilidade, devem:

- a) manter todas as liberações de efluentes radioativos otimizadas com relação à *proteção radiológica*, respeitando os níveis de *restrição de dose* autorizados, considerando a *exposição dos grupos críticos*;
- b) estabelecer os *níveis operacionais* para liberação de efluentes radioativos e submetê-los à *CNEN* para aprovação;
- c) monitorar as liberações de efluentes radioativos, para demonstrar o atendimento aos *níveis operacionais* de liberação acima citados;
- d) monitorar, quando aplicável, as vias de exposição do *grupo crítico*, decorrentes das liberações de efluentes radioativos para o meio ambiente;
- e) registrar e manter os resultados dessas *monitorações*, incluindo as estimativas de *dose*, e emitir os relatórios de *monitoração* conforme estabelecido pela *CNEN*; e
- f) comunicar imediatamente à *CNEN* qualquer liberação que exceda os *níveis operacionais* de liberação especificados para fins de notificação.

5.14.5 Os *titulares* devem, quando apropriado, rever e ajustar as suas medidas de controle de liberação, para as *fontes* sob sua responsabilidade, sempre que houver mudança nas condições de liberação, vias de *exposição* ou composição do *grupo crítico*, que possam afetar a estimativa de *dose* decorrente das liberações. Qualquer modificação deve ser aprovada pela *CNEN*.

5.14.6 Os *titulares* devem comunicar imediatamente à *CNEN* qualquer aumento significativo, no meio ambiente, de campos de *radiação* ou de contaminação radioativa, que possa ser atribuído à *radiação* ou às liberações radioativas provenientes das *fontes* sob sua responsabilidade.

6. REQUISITOS PARA INTERVENÇÃO

6.1 OBRIGAÇÕES FUNDAMENTAIS

6.1.1 Sempre que justificadas, devem ser implementadas *ações protetoras* ou *remediadoras* visando a reduzir ou evitar exposições em situações de *intervenção*.

6.1.2 Qualquer *ação protetora* ou *remediadora* deverá ser otimizada em sua forma, extensão e duração, de modo que produza o máximo benefício líquido, levando em consideração as condições sociais e econômicas.

6.1.3 Nas *intervenções*, para proteger os *indivíduos do público*, devem ser observados os *níveis de intervenção* e *níveis de ação* estabelecidos pela *CNEN* para as diferentes *ações protetoras* ou *remediadoras*.

6.1.3.1 Em *situações de emergência*, os *níveis de intervenção* pré-estabelecidos devem ser reavaliados, no momento de sua implementação, em função das condições existentes, desde que não sejam excedidos os níveis de *dose*; neste caso, a *intervenção* deve ocorrer em qualquer circunstância.

6.1.3.2 Em situações de *exposição crônica*, quando ultrapassados os *níveis de ação* relevantes, estabelecidos ou aprovados pela CNEN, *ações remediadoras* devem ser executadas.

6.2 REQUISITOS DE PROTEÇÃO RADIOLÓGICA

6.2.1 Uma *intervenção* se justifica somente quando se espera atingir um benefício maior que o dano, tendo em conta os fatores de saúde, sociais e econômicos.

6.2.2 Durante a resposta a uma *situação de emergência*, a justificação da *intervenção*, os níveis de *intervenção* e os *níveis de ação* pré-estabelecidos pela CNEN poderão ser reconsiderados pelos órgãos envolvidos na *intervenção*, levando em conta:

- a) os fatores característicos da situação real, tais como a natureza da liberação, as condições meteorológicas e outros fatores não radiológicos relevantes; e
- b) a probabilidade de que as *ações protetoras* tragam um benefício líquido, dadas as incertezas envolvidas.

6.3 EXPOSIÇÃO EM SITUAÇÃO DE EMERGÊNCIA

6.3.1 No caso de *exposições ocupacionais* recebidas no curso de uma *intervenção*, devem ser cumpridos os seguintes requisitos, conforme apropriado, em relação às equipes de *intervenção*:

- a) nenhum membro das equipes de *intervenção*, para atendimento a *situações de emergência*, deve ser exposto a dose superior ao limite anual de *dose* para *exposição ocupacional*, estabelecido nesta Norma, exceto com a finalidade de:
 - i) salvar vidas ou prevenir danos sérios à saúde;
 - ii) executar ações que evitem *dose coletiva* elevada; ou
 - iii) executar ações para prevenir o desenvolvimento de situações catastróficas;
- b) quando da realização de *intervensões* para atendimento a *situações de emergência* sob as circunstâncias mencionadas acima, as *doses efetivas* dos membros da equipe devem ser inferiores a 100 mSv, com exceção das ações para salvar vidas, quando devem ser sempre observados os limiares relacionados aos *efeitos determinísticos*;
- c) somente voluntários podem empreender ações nas quais a *dose efetiva* possa exceder 50 mSv. Nesses casos, esses voluntários devem ser informados, com antecedência, dos riscos associados à saúde, e devem ser treinados para as ações que possam ser necessárias;
- d) quando a fase de pós-emergência de uma *intervenção* for iniciada, os membros das equipes, que efetuam operações de recuperação, deverão estar sujeitos aos mesmos requisitos de *exposição ocupacional* para as *práticas*, conforme especificados nesta Norma;
- e) os *titulares*, *empregadores* e responsáveis pelas demais organizações envolvidas na *intervenção*, devem, durante a *intervenção* de emergência, fornecer *proteção radiológica* apropriada aos membros das equipes, avaliar e registrar as *doses* recebidas e, quando a *intervenção* terminar, fornecer os históricos das *doses* recebidas;
- f) as *doses* recebidas em *situação de emergência* não impedem *exposições ocupacionais* posteriores, uma vez que estas não devem ser contabilizadas para fins de conformidade

com os limites de *dose* para *práticas*. No caso de ter recebido, em *situação de emergência*, uma *dose efetiva* superior a 100 mSv ou *dose absorvida* superior ao limiar de *efeitos determinísticos*, o *titular* ou *empregador* deve solicitar aconselhamento médico qualificado, antes que o membro da equipe venha a se submeter a qualquer *exposição* adicional.

6.3.2 Cada *titular* responsável por *fontes* que possam necessitar de uma *intervenção* em *situação de emergência*, deve assegurar a existência de um plano de emergência, definindo as diversas ações e responsabilidades, aprovado pela *CNEN*.

6.3.3 Os *titulares* devem garantir os meios adequados para informar prontamente à *CNEN* sobre a:

- a) previsão ou avaliação prévia da extensão e significância de qualquer liberação acidental de materiais radioativos para o meio ambiente;
- b) evolução da situação;
- c) necessidade de *ações protetoras*.

6.3.4 Os *titulares* deverão notificar imediatamente à *CNEN* quando houver possibilidade ou quando ocorrer uma situação que requeira *intervenção* e deverão mantê-la informada sobre:

- a) a situação, sua evolução e como se prevê que se desenvolva;
- b) as medidas tomadas para a *proteção radiológica* dos *IOE* e dos *indivíduos do público*;
- c) as *exposições* ocorridas e as previstas.

6.3.5 Devem ser tomadas as medidas necessárias para permitir a avaliação das *exposições* recebidas por *indivíduos do público*, como consequência de uma *situação de emergência*, e para colocação dos resultados dessa avaliação à disposição do público.

6.3.6 Uma *ação protetora* deve ser interrompida quando a avaliação mostrar que a continuidade da ação não é mais justificada.

6.3.7 Devem ser mantidos registros de todas as avaliações, bem como dos resultados de *monitoração* das equipes de *intervenção*, dos *indivíduos do público* e do meio ambiente.

6.4 EXPOSIÇÃO CRÔNICA

6.4.1 Planos de *ações remediadoras*, genéricos ou específicos para o local, relativos a situações de *exposição crônica*, devem especificar as *ações remediadoras* e os *níveis de ação* justificados e otimizados, considerando:

- a) as *exposições* individuais e coletivas;
- b) os riscos radiológicos e não radiológicos; e
- c) os custos financeiros e sociais, os benefícios e a responsabilidade financeira para as *ações remediadoras*.

6.4.2 Os *níveis de ação* para *intervenção*, em situações de *exposição crônica*, devem ser baseados nos critérios e valores estabelecidos ou aprovados pela *CNEN*.

7. DISPOSIÇÕES TRANSITÓRIAS

Deve ser estabelecido um período de 2 (dois) anos para as instalações já em operação se adaptarem a esta Norma. As novas instalações a serem licenciadas devem cumprir o estabelecido nesta Norma.

(alterado pela Resolução CNEN/CD 48/2005, DOU em 14/11/2005)

COMISSÃO DE ESTUDO

Presidente:

Wilson Melo da Silva Filho

DRS/CNEN

Membros:

Ana Maria Xavier

DRS/CNEN

Ricardo Nicoll Júnior

DPD/CNEN

Edson Luiz Damasceno de Souza

PJU/CNEN

Arnaldo Mezhari

CGLC/CNEN

Iara Arraes Monteiro

CGLC/CNEN

Dunstana Melo

IRD/CNEN

Elaine Rochedo

IRD/CNEN

Helvécio Correa Mota

IRD/CNEN

Nádia Soide Falcão Martins

IRD/CNEN

Luis Carlos R. Machado da Silva

INB

Gian Maria Sordi

ABENDE

Alfredo Lopes F. Filho

SBPR

Ricardo Tadeu Lopes

SBPR

Josilto Oliveira Aquino

SBPR

Carlos Eduardo Ferreira Domingues

MTE

Andréa Fátima Giacomet

ANVISA

José Alberto Ferreira do Amaral

ANVISA

Antônio Carlos Mazzaro

Eletronuclear

Marcos A. do Amaral

Eletronuclear

Rone César Morales

IBAMA

Sandra Cecília Miano

IBAMA

João Luiz Fernandes da Silva

SBR

Elaine Galli

SBR

Lucia Helena Bardella

ABFM

Marcelo Tatit Sapienza

SBBMN

Adelamir Antônio Barroso

SBBMN

Secretário:

Marcos Sodré Grund

DRS/CNEN