

Radioproteção para Laboratórios de Pesquisa: Instruções e Procedimentos

Gabriel Luis Azzi*

Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas - Rio de Janeiro - RJ - Brasil - CEP:22290-180

Esta nota tem como objetivo instruir, orientar e alertar os profissionais que preparam e/ou utilizam fontes radioativas e/ou máquinas que produzem radiação sobre os principais aspectos e recomendações de segurança e proteção contra as radiações ionizantes. É importante destacar que as recomendações apresentadas estão limitadas à realidade do cotidiano do CBPF. Caso um procedimento de segurança não estiver mencionado, a omissão não pode ser usada como desculpa para isentar de responsabilidade os que trabalham em ambientes de pesquisa onde existem radiações, uma vez que informações adicionais de segurança e radioproteção podem ser colhidas pela Internet no sítio da CNEN.

Palavras chave: Proteção radiológica; radiação ionizante; segurança

This note aims to instruct, guide and warn professionals who prepare and / or use radioactive and / or machines that produce radiation on the main aspects of safety and protection against ionizing radiation sources. The recommendations presented are limited to the reality of CBPF. If a safety procedure is not mentioned, the omission cannot be used as an excuse to hold harmless those who works in research environments, where there are radiation, once that additional information of radioprotection can be obtained on the Internet in the CNEN site.

Keywords: Radiation protection; ionizing radiation; safety

1. INTRODUÇÃO

O CBPF possui uma diversidade de laboratórios onde são realizadas atividades de pesquisa com a participação de professores, pesquisadores, bolsistas de doutorado, apoio técnico à pesquisa, iniciação científica e extensão, alunos de mestrado e doutorado e estagiários provenientes de convênios com outras instituições.

As instalações do CBPF autorizadas pela CNEN a operar com fontes de radiações ionizantes são identificadas como:

- a) Laboratório do Acelerador Linear de Elétrons;
- b) Laboratório de Física Experimental de Baixas Energias, onde são realizados experimentos de espectroscopia de correlação angular com fontes radioativas seladas e não seladas;
- c) Laboratório de Matéria Condensada e Espectroscopia, onde são realizados experimentos de Espectroscopia-Mössbauer com fontes radioativas seladas;
- d) Laboratório de Matéria Condensada e Física Estatística, que possui Difratômetros de Raios-X para serviços de caracterização de materiais.

Pela natureza do trabalho que é desenvolvido nesses laboratórios há diferentes tipos de riscos de acidentes que podem ocorrer com os usuários desses laboratórios, pois, em geral, podem permanecer muito expostos a riscos. Além disso, em muitos casos, as pessoas não recebem durante sua formação instruções e treinamento adequado no que diz respeito às práticas de segurança no trabalho em ambientes de laboratórios.

Um experimento, ou qualquer outra atividade, exige um planejamento e um roteiro de execução adequado e seguro, além da orientação para descarte dos resíduos gerados.

Assim, procurou-se fazer uma coletânea de informações específicas para as atividades nos laboratórios onde há radiações ionizantes, baseadas nas normas vigentes de radioproteção da CNEN, numa tentativa de facilitar o conhecimento sobre os riscos existentes no ambiente de trabalho, visando à preservação da integridade física das pessoas, instalações e equipamentos, bem como a qualidade de vida e o bom andamento da instituição.

2. FONTES DE RADIAÇÕES IONIZANTES

Ao longo de toda a sua existência os seres humanos estão expostos aos efeitos das radiações ionizantes. Estas radiações podem ser de origem natural ou artificial.

Quanto à proteção radiológica, pouco podemos fazer para reduzir os efeitos das radiações provenientes da natureza. Essa radiação tem origem no cosmo (radiação cósmica) e na crosta terrestre.

Atualmente, aproximadamente metade da radiação à qual o homem está exposto provém do espaço sideral, como resultante de explosões solares e estelares. A maioria dela é atenuada pela atmosfera, porém uma porcentagem importante atinge os seres humanos.

Há lugares que recebem mais radiação cósmica do que outros, como por exemplo, as regiões polares. Verifica-se também que a intensidade dessa radiação aumenta com o aumento da altitude.

Como exemplos de radionuclídeos de origem cósmica, temos o Carbono-14, o Trítio (ou Hidrogênio-3) e o Berílio-7.

*Electronic address: gabriel@cbpf.br

As fontes terrestres (solo, água) de radiação são responsáveis pela outra parte da radiação natural à qual o homem está exposto. A radiação das fontes terrestres origina-se dos materiais radioativos distribuídos no solo e nas rochas, como por exemplo, o Urânio, Tório, Rádio, Radônio e Potássio. A partir da descoberta dos raios X, diversos avanços científicos ocorreram no campo da energia nuclear, levando o homem a produzir diversos materiais radioativos artificialmente e a aprender a utilizar a energia do átomo para os mais variados propósitos: medicina, indústria, agricultura, pesquisas, geração de energia elétrica e para fins bélicos.

Atualmente, o uso de radioisótopos na medicina (radiodiagnóstico) é responsável pela maior parte da exposição humana às fontes artificiais de radiação. Já a maior parte da dose anual por fontes naturais de radiação é proveniente do radônio que está presente, principalmente, nos materiais de construção e nas minas de urânio. Todo esforço deve ser direcionado no sentido de controlar os efeitos nocivos das fontes artificiais, através da aplicação efetiva dos preceitos de proteção radiológica.

3. SOBRE OS EFEITOS BIOLÓGICOS DAS RADIAÇÕES IONIZANTES

Há muitos anos verificou-se que as radiações ionizantes produzem danos biológicos nos seres vivos. Os primeiros casos de dano ao homem (dermatites, perda de cabelo, anemia) foram relatados na literatura logo após a descoberta dos raios X.

Os efeitos biológicos das radiações são oriundos de mudanças na química de células individuais, e o resultado mais simples pode ser a morte da célula. As células do organismo humano são divididas em dois grupos: as células somáticas e as células germinativas. As células somáticas são responsáveis pela formação da estrutura corpórea (ossos, músculos). Já as células germinativas estão presentes nas gônadas (ovários e testículos). Essas células são muito importantes, pois são as responsáveis pela transmissão das características hereditárias do indivíduo.

No caso de exposição de seres humanos, os efeitos agudos só são preocupantes quando níveis de radiação muito altos são atingidos, usualmente em acidentes, uma vez que uma fração muito alta das células do corpo é afetada, o que impossibilita a sustentação da vida. Níveis de radiação mais baixos, objeto da proteção radiológica, não impedem que as células mortas sejam substituídas por processos metabólicos normais. Neste caso, os efeitos de importância são mudanças químicas muito mais sutis que levam ao desenvolvimento de câncer ou a indução de danos genéticos em gerações futuras.

Os efeitos das radiações ionizantes sobre os organismos vivos dependem não somente da dose absorvida, mas também da razão de absorção (aguda ou crônica) e da região do corpo atingida.

Os efeitos nocivos das radiações ionizantes são divididos em efeitos somáticos e efeitos hereditários. Os efeitos somáticos são aquelas alterações ocorridas nas células somáticas e que se manifestam nos indivíduos expostos. Tais efeitos incluem cânceros (proliferação anormal de células) induzidos por radiações como leucemia ou câncero dos ossos, dos pul-

mões e da pele, que podem só aparecer muitos anos depois da irradiação. Outros efeitos incluem lesões cutâneas, perda de cabelo, deficiências sanguíneas, lesões gastrintestinais e cataratas. Os efeitos hereditários são aqueles transmissíveis aos descendentes e são consequência de alterações genéticas nos gametas dos indivíduos.

Os efeitos biológicos podem ser ainda estocásticos ou determinísticos. Os efeitos estocásticos são aqueles para os quais a probabilidade de ocorrência é função da dose, não existindo limiar; é o caso do câncer. Os efeitos determinísticos são aqueles que necessitam de um limiar de dose para ocorrer, como por exemplo, diarreia, vômito, queda de cabelos, hemorragia, catarata, anemia, etc.

Freqüentemente, o dano causado pela radiação (quando pequeno) é reparado pelas próprias células, que apresentam sistemas de reparo específicos para diferentes tipos de lesão. Entretanto, quando isso não ocorre é porque os danos causados foram provenientes de alterações químicas provocadas pela ionização das moléculas através de dois processos básicos, que são:

- a) Radiólise da água, que é a modificação estrutural da molécula de água em água oxigenada (H_2O_2), altamente oxidante e que pode alterar estruturas moleculares mais complexas, como proteínas e DNA; e
- b) Ação direta sobre uma molécula importante (DNA, proteínas), provocando a ionização desta e alterando, assim, a sua estrutura. O resultado dessas alterações pode ocasionar a morte da célula ou modificações do que resultará um dano no próprio indivíduo, ou mesmo genético nos seus descendentes.

3.1. Risco Fetal

O risco fetal para mulheres grávidas expostas a radiação depende do período da gestação em que ocorreu a exposição. O resultado mais provável da exposição à radiação durante os dez primeiros dias pós-concepção é a morte uterina prematura. O risco de anormalidades congênitas é baixo quando a exposição é menor do que 1mGy (Gy é a abreviatura para Gray, a unidade de dose absorvida decorrente de uma exposição à radiação, e equivale a absorção de 1 Joule de energia por quilograma do órgão ou corpo exposto; 1mGy é um milésimo do Gy). Para doses maiores do que 1mGy recebidas pelo feto no segundo ou terceiro trimestre da gravidez, o risco de leucemia pode ser aumentado em mais de 40%. Para doses maiores do que 100mGy aumenta o risco de malformação congênita. Nesse caso considera-se a possibilidades de interrupção da gravidez.

3.2. Irradiação e Contaminação

É muito comum confundir-se irradiação com contaminação. A contaminação se caracteriza pela presença de um material indesejável em determinado local e a irradiação é a exposição de um objeto ou de um corpo à radiação.

Pode haver irradiação sem existir contaminação, ou seja, sem contato entre a fonte de radiação e o objeto ou corpo

exposto à radiação. No entanto, havendo contaminação radioativa (presença de material radioativo), é claro que haverá irradiação do meio contaminado.

4. PROTEÇÃO CONTRA AS RADIAÇÕES

A Comissão Nacional de Energia Nuclear, (CNEN), é a Autoridade Regulatória na área de radiação ionizante no Brasil.

Pela norma NE-3.01, a CNEN estabelece as diretrizes básicas referentes à proteção radiológica, que se aplicam a todas as pessoas que trabalham em uma prática que envolva manuseio, produção, posse e utilização de fontes, bem como transporte, armazenamento e deposição de materiais radioativos, abrangendo todas as atividades relacionadas que envolvam ou possam envolver a exposição à radiação, bem assim como aquelas de exposições a fontes naturais cujo controle seja necessário pela CNEN.

4.1. Finalidades da Radioproteção

- Evitar o surgimento de efeitos determinísticos mantendo as doses abaixo dos limites aplicáveis, e assegurar todas as medidas possíveis para reduzir a indução de efeitos estocásticos;
- Proporcionar um nível adequado de proteção para as pessoas, sem limitar indevidamente as práticas benéficas nas quais ocorre exposição à radiação ionizante;
- Ajustar a realização de uma prática com o fim de maximizar o benefício líquido para o indivíduo ou para sociedade, ao mesmo tempo minimizando os riscos.

4.2. Princípios Básicos da Radioproteção

A filosofia da proteção radiológica adota os seguintes princípios:

- Justificação:** Qualquer atividade envolvendo radiação ou exposição deve ser justificada em relação às outras alternativas produzindo um benefício líquido positivo para a sociedade, suficiente para compensar o dano correspondente, tendo-se em conta fatores sociais e econômicos;
- Otimização:** Para a atividade ocupacional se estabelece que todas as exposições devem ser mantidas tão baixas quanto razoavelmente exequíveis (ALARA - As low as reasonably achievable). A aplicação desse princípio requer a otimização da proteção radiológica em todas as situações onde possam ser controladas por medidas de proteção, particularmente na seleção, planejamento de equipamentos, operações e sistemas de proteção.
- Limitação da Dose Individual:** As doses individuais de indivíduos ocupacionalmente expostos e de indivíduos do público não devem exceder os limites anuais de dose equivalente estabelecidos pela norma CNEN NE 3.01.

- A unidade para a dose efetiva é “Sievert” (Sv), e mede o efeito que uma dose absorvida de radiação terá nas células do corpo; 1mSv é um milésimo do Sv.
- Variação média das doses efetivas de radiações na natureza: 1-10mSv/ano.
- Dose efetiva única para provocar vômito: 1Sv
- Dose efetiva única fatal em poucas semanas: 10Sv.

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

5. CONTROLE DE DOSES DE EXPOSIÇÃO À RADIAÇÃO

O controle da dose necessária para garantir o atendimento dos requisitos estabelecidos em Normas de Radioproteção está fundamentado em três elementos principais:

a) Tempo: Quanto menos tempo se passar no campo de irradiação, menor é a dose recebida individualmente de acordo com

$$\text{Dose} = \text{Taxa de dosagem} \times \text{Tempo}$$

onde, Dose é a quantidade total de radiação absorvida; taxa de dose é a maneira como essa dose é distribuída ao longo do tempo. Portanto, deve-se reduzir o tempo de trabalho com materiais radioativos tanto quanto possível:

- Trabalhando com radionuclídeos no momento oportuno, de maneira segura e sem precipitações;
 - Assegurando-se que todas as fontes radioativas voltam imediatamente para o seu local de armazenagem depois de utilizadas;
 - Eliminando frequentemente do laboratório os resíduos radioativos;
 - Procurando planejar eficazmente as manipulações em laboratório com substâncias radioativas.
- b) Distância:** a taxa de dosagem para a maioria das radiações gama e X varia com o inverso do quadrado da distância a uma fonte pontual:

$$\text{Taxa de dosagem} = \text{Constante} \times \frac{1}{(\text{Distância})^2}$$

Dobrando-se a distância entre uma fonte puntiforme e o detector, reduz-se a taxa de dose a 1/4 de seu valor inicial. Dessa forma, o modo mais fácil para se defender contra as radiações ionizantes é ficar longe da fonte. Para aumentar tal distância utilizam-se vários dispositivos e mecanismos, por exemplo, pinças com cabos compridos, ganchos e auxiliares de pipetar à distância.

c)Blindagem: Consiste em colocar entre a fonte e o operador, ou outros ocupantes do laboratório, proteções capazes de absorver ou de atenuar a energia irradiada ajudando a limitar a exposição. A escolha do material de blindagem depende do tipo de radiação, atividade da fonte e da taxa de dose que é aceitável fora do material de blindagem. Os materiais mais utilizados para blindagem são:

- Para nêutrons: a água, a parafina borada, o grafite e o concreto.
- Para partículas Beta: o acrílico, teflon, PVC e o poliuretano e folhas de alumínio.
- Raios X e Gama: Devido ao fato de fótons X e Gama atravessarem o material absorvedor, sua redução é determinada pela energia da radiação, pela natureza do material absorvedor e a sua espessura. Materiais bons atenuadores: chumbo, concreto, ferro e água.

6. PROCEDIMENTOS DE RADIOPROTEÇÃO NOS LABORATÓRIOS DE PESQUISA

O objetivo maior da radioproteção é evitar a exposição desnecessária do indivíduo à radiação ionizante. Para tanto, algumas regras básicas, fundamentadas essencialmente no bom senso, devem ser seguidas pelos usuários de fontes de radiação ionizante de modo a reduzir a exposição externa e evitar tanto a contaminação como a incorporação de material radioativo, seja por inalação ou ingestão.

6.1. Obrigações dos Responsáveis dos Laboratórios que Utilizam Material Radioativo

- Garantir que os procedimentos no laboratório estejam em conformidade com os regulamentos de radioproteção e segurança estabelecidos pela Direção, de acordo com as Normas da CNEN;
- Informar ao Setor de Radioproteção da instituição a aquisição de material radioativo e/ou, quando não estiver mais sendo utilizado, para as devidas providências para o descarte;
- Informar ao Setor de Radioproteção qualquer ação fora da rotina de trabalho com materiais radioativos que possa colocar fora de segurança pessoas, aparelhos ou área física.

6.2. As Atividades de um Setor de Radioproteção

O Setor de Radioproteção deve ter como atividades o Controle de Doses dos Trabalhadores, o Controle das Áreas Restritas, o Controle das Fontes de Radiação em uso, o Controle do material radioativo considerado rejeito, o Controle dos Equipamentos, e manter atualizados os Registros:

O Controle de Doses dos Trabalhadores é efetuado por meio da Monitoração Individual e avaliação das doses recebidas durante seu período de trabalho.

O Controle das Áreas Restritas é feito pela avaliação e classificação periódica das áreas da Instalação, o controle de acesso e sinalização dessas áreas, e a execução de um programa de monitoração das mesmas.

O Controle das Fontes de Radiação em uso na Instalação é feito por meio de um programa de controle físico, com verificação da integridade das fontes, quanto a possíveis vazamentos e localização adequada com proteção e blindagem, quando for o caso.

Os equipamentos geradores de radiação devem passar por programas de inspeção periódica, enquanto que os Instrumentos Medidores de Radiação devem ser calibrados anualmente conforme a norma específica.

Os materiais radioativos considerados rejeito devem ser guardados em um depósito fechado, sinalizado e acondicionados em armário até completa desativação. Quando inteiramente esgotados, devem ser levados para o Setor de Rejeitos Químicos.

6.3. Procedimentos de Radioproteção nos Laboratórios

Os procedimentos operacionais a serem adotados visam prevenir a contaminação do pessoal e da área de trabalho. Os seguintes procedimentos de radioproteção devem ser observados:

- Não fumar, comer, beber ou usar cosméticos nas áreas de trabalho com material radioativo.
- Utilizar substâncias radioativas unicamente em áreas especialmente destinadas a tal fim.
- Só permitir a presença do pessoal indispensável.
- Não trabalhar sozinho no laboratório.
- Obrigatoriedade do uso do dosímetro pessoal para controle de dose do usuário à exposição radioativa.
- Saber a localização e como utilizar o chuveiro de emergência, extintores de incêndio e lavadores de olhos.
- A Portaria deve ser avisada quando o usuário for trabalhar até tarde da noite ou nos finais de semana para os vigilantes visitarem periodicamente o local.
- Usar luvas impermeáveis que devem ser descartadas de maneira apropriada, imediatamente após o uso.
- Usar sempre avental de manga comprida.
- Após o uso, o avental deve ser monitorado e deixado na sala de manipulação.

- Usar sempre óculos de segurança.
- As fontes radioativas seladas devem estar protegidas em caixas-Pb, próprias para o seu acondicionamento.
- Forrar todas as superfícies de trabalho com plástico e por cima papel absorvente.
- Usar sempre pipetas automáticas e ponteiros descartáveis. Nunca pipetar com a boca.
- Evitar manipular material radioativo quando tiver qualquer ferimento ou lesão na pele das mãos.
- Fazer a descontaminação sempre que forem detectados sinais de contaminação.
- Afixar nos recipientes de produtos radioativos o símbolo de presença de radioatividade, e identificar o radionuclídeo, sua atividade e a data do experimento.
- Na entrada das áreas restritas devem ser colocados painéis com o símbolo internacional de risco de irradiação.



- Manter registros precisos sobre a utilização e eliminação de materiais radioativos.
- Eliminar frequentemente da área de trabalho os resíduos radioativos.
- Ao sair do laboratório, verificar se não há torneiras (água ou gás) abertas, desligar todos os aparelhos, deixar todo o equipamento limpo, lavar as mãos e apagar as luzes.

7. REQUISITOS PARA RADIO PROTEÇÃO DO PÚBLICO

As instalações deverão possuir controle de visitantes que observem os seguintes itens:

- Os visitantes devem ser acompanhados sempre pelos indivíduos autorizados na área controlada;
- Os visitantes devem receber instruções adequadas para entrar na área controlada;
- Os visitantes devem receber e usar o monitor individual de dose para uso na instalação;
- Controle adequado para entrada e saída nos laboratórios.

8. PROCEDIMENTOS NAS UNIDADES COM EQUIPAMENTOS DE RAIOS-X

- Aparelhos de raios-X analíticos produzem feixes intensos de radiação ionizante que são utilizados para estudos de difração e de fluorescência. Para o uso de equipamentos de difração de raios-X, além dos procedimentos de segurança, são recomendados uma boa blindagem e equipamentos de segurança adicionais para máquinas que operam em alta tensão, como, por exemplo, os sistemas de bloqueio.
- Não colocar qualquer parte do corpo exposta ao feixe de raios-X. Usar óculos de segurança ou óculos de grau para proteger os olhos da exposição secundária (óculos não podem proteger os olhos da exposição direta).

9. DESCARTE DE MATERIAIS RADIOATIVOS CONSIDERADOS REJEITOS

O rejeito deve ser mantido em local isolado, por tempo suficiente para que a quantidade de radiação emitida não ofereça mais perigo.

As condições e o tempo de armazenagem dependem basicamente do tipo de radiação, atividade da fonte, características químicas da fonte e meia vida de isótopo. A seguir, procedimentos para o descarte de material radioativo, em conformidade com a norma CNEN:

1. Os diferentes radioisótopos deverão ser armazenados separadamente, já que têm meias vidas diferentes.
2. Rejeito Sólido Radioativo – em sacos plásticos **brancos**.
3. Rejeito Líquido Radioativo: as categorias aquoso e orgânico (líquido de cintilação) deverão ser armazenados separadamente em frascos plásticos.
4. Cada recipiente contendo rejeitos radioativos deve ser devidamente rotulado com as seguintes informações:
 - NOME DO CHEFE DO GRUPO
 - TIPO DE RADIOISÓTOPO
 - ATIVIDADE ESPECÍFICA PARA LÍQUIDOS E ATIVIDADE TOTAL PARASÓLIDOS
 - DATA DO DESCARTE
5. Cumpridas essas normas, o Setor de Radioproteção deverá ser comunicado para que se encarregue da remoção do material. O material não será removido caso as normas acima não tenham sido respeitadas.
6. O modo de descarte do rejeito radioativo que não se encaixe nas categorias acima especificadas (por ex. putrescíveis, patogênicos) deverá ser consultado junto ao Setor de Radioproteção.

10. PROGRAMA DE CONTROLE RADIOLÓGICO

A monitoração individual externa deve ser realizada a partir da utilização de dosímetros termoluminescentes (TLD) e filmes dosimétricos. No CBPF, por exemplo, os filmes

e dosímetros são fornecidos e avaliados mensalmente pelo IRD/CNEN. Os laudos (Relatório de Exposição Ocupacional) são entregues diretamente ao responsável pelo Setor de Radioproteção, e então encaminhados ao Setor de Recursos Humanos (SRH), onde são devidamente arquivados.

Complementando, a cada seis meses são realizados em todos os servidores do CBPF testes sanguíneos cujos laudos são entregues diretamente ao SRH/CBPF, onde são devidamente arquivados. Todos esses laudos podem ser solicitados junto ao SRH/CBPF.

Todos os usuários dos laboratórios que trabalham com radiações ionizantes devem possuir dosímetros individuais, cuja solicitação deverá ser requisitada pelo responsável de cada laboratório junto ao Setor de Radioproteção da instituição que fará o pedido dos monitores ao Laboratório de Monitoração Individual Externa do Instituto de Radioproteção e Dosimetria, IRD/CNEN.

11. PROCEDIMENTOS E ORIENTAÇÕES EM SITUAÇÃO DE EMERGÊNCIA

1. Isolar o local;
2. Comunicar à CNEN;
3. Com o contador GM verificar se pessoas foram contaminadas monitorando mãos, calçados, roupas, etc. Se as pessoas estiverem contaminadas iniciar os procedimentos de descontaminação;
4. Manter as pessoas em lugar apropriado até os profissionais de emergência chegarem ao local com os monitores de radiação.

11.1. Métodos de Descontaminação de Pessoas (pele e mãos) e de Superfícies

Os procedimentos de descontaminação visam fornecer aos usuários instruções nos casos de acidentes e contaminações. Sempre que se iniciar um procedimento de descontaminação a primeira medida deve ser a de comunicar o fato ao responsável pela radioproteção. Somente o responsável pode liberar o local para retornar as suas atividades.

Existem basicamente dois tipos de acidentes envolvendo as radiações: **exposição excessiva** e **contaminação**.

Em caso de exposição de pessoas sem contaminação, só é possível tratar dos sintomas imediatos como queimaduras ou outras lesões e a Síndrome Aguda da Radiação.

Nos casos de contaminação (derramamentos, vazamentos) há cinco passos a serem seguidos:

Quando superfícies do corpo ou da roupa se tornam contaminadas, é importante que a contaminação seja removida tão logo quanto possível, para evitar que se espalhe a outras superfícies.

- a) Isolar a área contaminada para evitar exposição de pessoas.
- b) Retirar do local as pessoas não contaminadas e não necessárias ao trabalho de descontaminação.
- c) Descontaminar pessoas atingidas pelo material radioativo.

d) Descontaminar as superfícies atingidas.

e) Delimitar e isolar a área se restar contaminação.

Para a descontaminação das pessoas é importante que o processo de limpeza não cause maiores danos. Para descontaminar a pele deve-se utilizar água e detergentes neutros, e não esfregar a pele com força. Em caso de contaminação interna é recomendado o uso de substâncias quimicamente semelhantes ao contaminante para acelerar sua eliminação pelo organismo.

Para descontaminar superfícies, o princípio é o mesmo. Não usar produtos ou processos abrasivos, pois a alteração da superfície pode facilitar a maior penetração do material radioativo.

- Quando superfícies do corpo ou da roupa se tornam contaminadas, é importante que a contaminação seja removida tão logo quanto possível, para evitar que se espalhe a outras superfícies.

- Lavar imediatamente a parte atingida com água e sabão neutro. Na impossibilidade de uso de água diretamente como no caso das narinas, usar cotonetes para remover o contaminante. No caso de contaminar as mãos, lavar com água corrente, usando sabão neutro ou material descontaminante. O corte das unhas pode remover uma quantidade significativa de contaminação que permanece nas mãos após a lavagem.

- Pessoas suspeitas de estarem contaminadas devem ser monitoradas com um detector de radiação para identificar as áreas contaminadas.

- Se a contaminação estiver na área de um ferimento, um médico deverá supervisionar a operação de descontaminação. Ferimentos suspeitos de contaminação deverão ser irrigados com água morna em abundância.

- Um kit de emergência contendo detergente, fubá, sacos plásticos, toalhas absorventes, algodão, etc. que possam ser usados no caso de queda e respingos de material radioativo, deverá estar disponível para os usuários.

11.2. Incêndio

As radiações não podem provocar incêndios nem podem ser destruídas ou modificadas pelo fogo. Este último, no entanto, pode mudar o estado de uma substância radioativa e torná-la mais perigosa, em virtude da ameaça de dispersão sob a forma de gases, aerossóis, fumaças ou cinzas. Em caso de incêndio, o corpo de bombeiros será alertado quanto à presença de radiação ionizante no local. O ocorrido deverá ser comunicado imediatamente à CNEN.

11.3. Roubo

Quando constatado roubo, este deverá ser imediatamente comunicado às autoridades policiais, alertando-as que se trata de material radioativo, e a seguir comunicar a CNEN.

11.4. Inundação

Ocorrendo uma inundação no local de armazenamento das fontes radioativas, as de maior atividade devem ser retiradas

e levadas para local mais seguro. Em seguida o fato deve ser comunicado ao responsável pela Radioproteção, que por sua vez comunicará à CNEN.

11.5. Telefones para Contato em Caso de Emergência Radiológica

CNEN - GERAL	(21)2173-2001/2320
DIEME - Divisão de Atendimento a Emergências Radiológicas	(21)2442-2539 (21)9218-6433
IRD- Instituto de Radioproteção e Dosimetria	(21) 2442-2937
Polícia Militar	190
Corpo de Bombeiros - RJ	193
Setor de Radioproteção CBPF	(21) 2141-7120/ 7106

12. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A radioproteção tem a finalidade de fornecer condições seguras para atividades que envolvam radiações ionizantes. Condições básicas de segurança devem ser observadas no exercício profissional.

Esta Nota Técnica foi elaborada para revisar conhecimentos, reforçando conceitos e pressupostos científicos. Propõe-se o seu aprofundamento através de revisão de normas e diretrizes relacionadas à radioproteção estabelecidas pela CNEN, visto que determinados assuntos deixaram de ser abordados na presente comunicação.

Sugere-se aos titulares de todas as instalações que utilizam monitoração individual que instruem os indivíduos ocupacionalmente expostos sobre o uso correto dos monitores individuais, sobre a obrigatoriedade do uso do mesmo campo de atuação e sobre a importância de se qualificar em Curso de Radioproteção específico, reconhecido e oferecido pela

CNEN.

Complementado este trabalho, recomenda-se a leitura da nota técnica publicada pelo Prof. Odilon A. P. Tavares, intitulada “**Sobre as Doses de Exposição a Nêutrons Gerados de Fontes de 252 Cf**”, feita com o objetivo de instruir, orientar e alertar as pessoas que trabalham com fontes seladas de 252 Cf.

Agradecimento

O autor deseja externar seu reconhecimento a Odilon A. P. Tavares pelo apoio e atenção dada à leitura crítica dos originais.

Apêndice

Fonte	H (mSv/ano)
Raios Cômicos	0,3-0,5
Solo (barro, argila)	~ 0,5
Rochas ñ graníticas	0,6-1,2
Granitos	0,8-3
Casas de Madeira	0,5-0,6
Casas de Tijolos	~ 1
Casas de Concreto	1-2
Gás Radônio	
- Casas de Madeira	0,7
- Casas de Tijolos	1,3
- Casas de Concreto	2,6
- Fora das casas	0,2
Corpo Humano	
- ⁴⁰ K	0,20
- ¹⁴ C	0,02
- Ra	0,02
Raio-X diagnóstico	
- Médico	0,7
- Dental (panorâmica).	0,6
Ocupacional em Minas de Urânio	
- Média	3-5
- Máxima (Australia)	10

- [1] Norma CNEN-NE-3.01, Diretrizes Básicas de Radioproteção, 2011.
- [2] Norma CNEN-NE-3.02, Serviços de Radioproteção, 1988.
- [3] Tawata, L; Salati, I.P.A., Di Prinzio, R. e Di Prinzio, A. R., Radioproteção e Dosimetria: Fundamentos, Instituto de Radioproteção e Dosimetria-IRD, Comissão Nacional de Energia Nuclear -CNEN, Rio de Janeiro, 2003.
- [4] Apostilas Educativas da CNEN; URL:

<http://www.cnen.gov.br/ensino/apostilas.asp>. Visualizado em 01/07/2013.

- [5] Knoll, G.F., Radiation Detection and Measurement, Second Edition, John Wiley Sons, 1989.
- [6] Odilon A. P. Tavares, Sobre as doses de Exposição a Nêutrons Gerados de Fontes de 252 Cf. - Angra Neutrino Project - Angra Note 020-2012.