

SVISA - Av. Anhanguera, nº 5.195, Setor Coimbra, CEP: 74.043-011, Goiânia - GO

Fones: (62) 3201-4120 / 3201- 4121

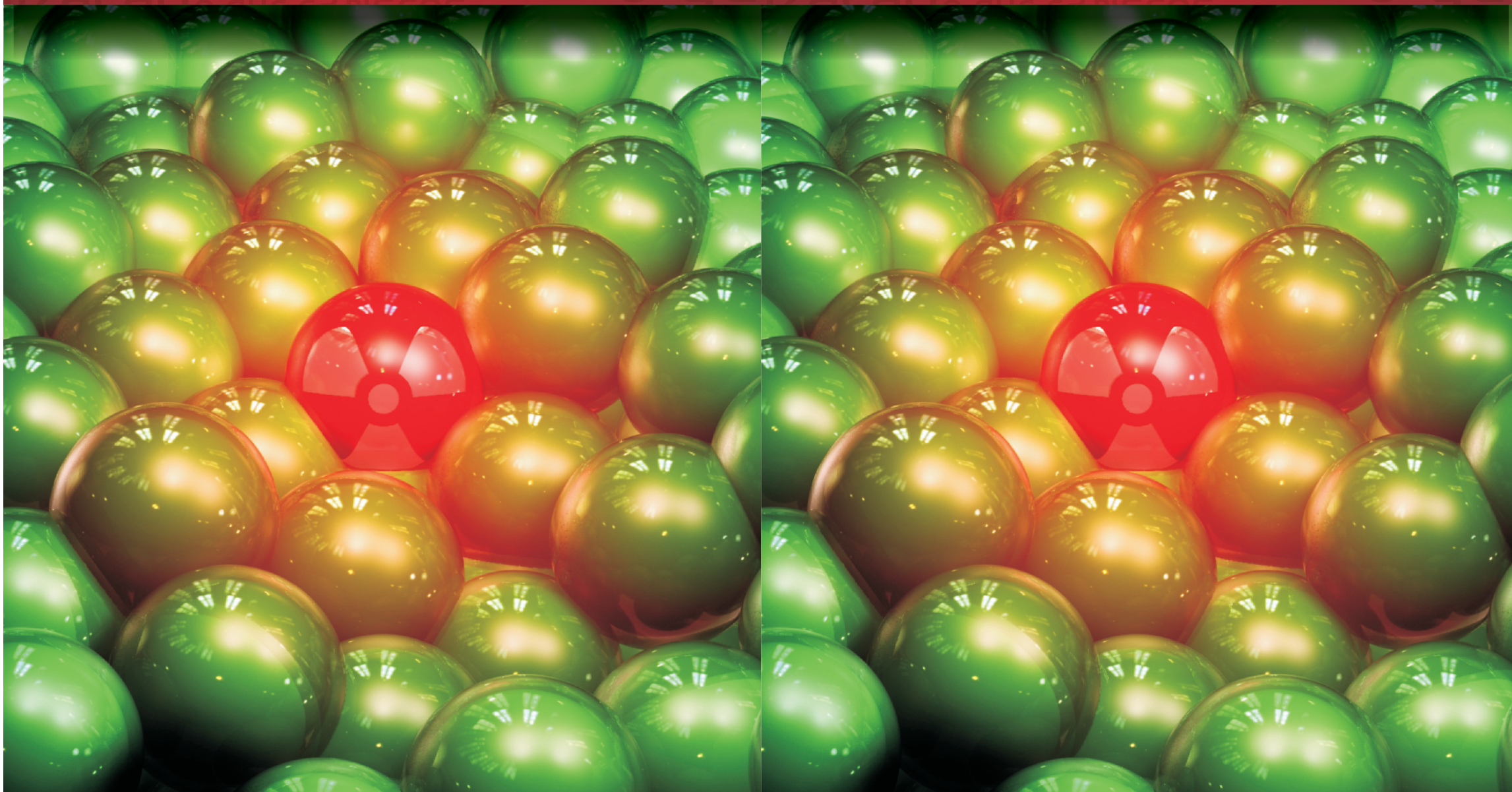
www.visa.goias.gov.br | gdtisa@visa.goias.gov.br

CRCN-CO - Parque Estadual Telma Ortegai, BR 060, Km 174.5, CEP 75345-000, Abadia de Goiás - GO

Fones: (62) 3604-6002 / 3604-6000 | FAX: (62) 3604-6010

www.crcn-co.cnen.gov.br | crcnco@cnen.gov.br

RADIAÇÃO IONIZANTE





SECRETARIA DA SAÚDE
DO ESTADO DE GOIÁS



**GOVERNO DO
ESTADO DE GOIÁS**
Desenvolvimento com Responsabilidade

Av. Anhanguera, nº 5.195, Setor Coimbra, CEP: 74.043-011, Goiânia - GO
Fones: (62) **3201-4120 / 3201- 4121**
www.visa.goias.gov.br | gdtisa@visa.goias.gov.br

GOVERNO DO ESTADO DE GOIÁS

Alcides Rodrigues Filho

SECRETARIA DA SAÚDE DO ESTADO DE GOIÁS

Helio Antonio de Sousa

SUPERINTENDÊNCIA DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

Angela Maria de Miranda Melo Cardoso

GERÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO TÉCNICO EM SERVIÇOS E AMBIENTES

Norico Watanabe



Centro Regional de
Ciências Nucleares
do Centro Oeste

Parque Estadual Telma Ortegal, BR 060, Km 174.5, CEP 75345-000, Abadia de Goiás - GO
Fones: (62) **3604-6002 / 3604-6000** | FAX: (62) **3604-6010**
www.crcn-co.cnen.gov.br | crcnco@cnen.gov.br

COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR DIRETORIA DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO

Isaac Obadia

COORDENAÇÃO DO CENTRO REGIONAL DE CIÊNCIAS NUCLEARES DO CENTRO -OESTE

Rosângela da Silveira Corrêa

ELABORAÇÃO

Lucy Aparecida Parreira Marins - SVISA
Rubemar de Souza Ferreira - CRCN-CO

Referência Bibliográfica

CHANDRA, R. **Introductory Physics of Nuclear medicine**. Philadelphia: Lea & Febiger, 1976. 179 p. ISBN 008121-0545-1

BRASIL, Comissão Nacional de Energia Nuclear. **Programa de Informação CNEN – PIC**. Ed. Rio de Janeiro: CNEN, 2003, 50 p.

AZEVEDO, A.C.P. **Radioproteção em Serviços de Saúde**. Rio de Janeiro: Fio Cruz – [200?] 36f. Disponível em: <<http://www.cro.rj.org.br/biosseguranca>>. Acesso em: 05 fev. 2007.

BRASIL, Conselho Nacional de Saúde. **Resolução nº 6, de 21 de dezembro de 1988**. Aprova as normas técnicas gerais de radioproteção, que com esta baixam, visando a defesa da saúde dos pacientes, indivíduos profissionalmente expostos, e do público em geral, para cumprimento do disposto no art. 9º do Decreto nº 81.384 de 22 de fevereiro de 1978.

DAROS, K.A.C. **Detectores de Radiação Ionizantes**. São Paulo: UNFSP-[200?] 9f. Disponível em: <http://cfr.epm.br/download/aulas/fisica/detectores.pdf>. Acesso em: 23 abr. 2008.

BRASIL, Comissão de Energia Nuclear. **Radioproteção: Diretrizes Básicas de Proteção Radiológica**. Rio de Janeiro: CNEN-NN-3.01, janeiro/2005, 26p.

BRASIL, Comissão Nacional de Energia Nuclear. **Instalações Radiativas: Gerência de Rejeitos Radioativos em Instalações Radiativas**. Rio de Janeiro: CNEN-NE-6.05, dezembro/1985, 25 p.

ÁUSTRIA, Internacional Atomic Energy. **Agency BSS 115 - International Basic Safety Standard for Protection against ionizing radiation and for the safety of radiation sources**. no 115_Viena, 1996, 354 p.

Índice

Qualquer instalação que utilize fontes radioativas, na indústria, centros de pesquisa, medicina nuclear ou radioterapia, deve ter pessoas qualificadas em Radioproteção, para que o manuseio seja realizado de forma adequada. Locais destinados ao armazenamento provisório de fontes ou rejeitos devem abrigá-los com segurança, nos aspectos físico e radiológico, até que possam ser removidos para outro local, com aprovação da CNEN.

Toda firma que usa material radioativo, ao encerrar suas atividades em um local, deve solicitar o cancelamento da autorização para funcionamento (operação), informando o destino a ser dado a esse material. A simples comunicação do encerramento das atividades não exime a empresa da responsabilidade e dos cuidados correspondentes, até o recebimento pela CNEN.



O símbolo da radiação ionizante significa a presença de radiação acima dos valores encontrados no meio ambiente. Na presença deste não é necessário pânico, apenas cuidado.

Apresentação	4
Radiação Eletromagnética	5
Radiação Não Ionizante	5
Radiação Ionizante	6
Exemplo de Atividade Radioativa	7
Os Benefícios do Uso das Radiações	7
Medicina Nuclear	8
Radioterapia	9
Aplicadores	10
Raios-X	11
Os Riscos Biológicos da Radiação	12
Tipos de Exposição e Seus Efeitos	13
Como se Proteger das Radiações?	14
Monitoração / Monitoramento	16
Detectores de Radiações	16
Detector/Contador Geiger-Müller (GM)	17
Câmara de Ionização	17
Dosímetros	17
Canetas Dosimétricas	18
Exposição e Contaminação	18
Contaminação Radioativa	18
Irradiação	18
Rejeitos Radioativos - "O Lixo Atômico"	20
Disposição dos Rejeitos Radioativos do Acidente de Goiânia	21
Referência Bibliográfica	23

Apresentação

A integração progressiva entre tecnologias de saúde, meio ambiente e a sociedade tem levado a que o cidadão comum seja diariamente desafiado a compreender fenômenos que direta ou indiretamente influenciam a sua vida. Não obstante a quantidade de informações disponíveis, as organizações públicas têm se mobilizado a divulgar informações técnicas em níveis básicos para o devido alcance à sociedade, a partir da premissa de que cidadãos informados fazem melhores escolhas em relação aos riscos e benefícios das diversas tecnologias disponíveis e que no sentido coletivo influenciam positivamente o estilo de vida dos grupos sociais a que pertencem.

Neste trabalho, considerando a importância de informar sobre tecnologias que envolvem o emprego de radiação em sua relação com o público, a SVISA-GO (Superintendência de Vigilância Sanitária e Ambiental) em parceria com o CRCN-CO/CNEN (Centro Regional de Ciências Nucleares do Centro-Oeste/Comissão Nacional de Energia Nuclear), disponibilizam conceitos gerais sobre os fenômenos que regem a produção de **radiação ionizante** em suas diversas formas, aplicações gerais do seu emprego, bem como princípios de proteção radiológica.

Longe de esgotar o assunto, espera-se que a presente leitura possa ampliar os elementos de discussão e opinião dos cidadãos acerca do emprego de tecnologias em saúde e meio ambiente que diária e diretamente intervêm em nossas vidas.

Os rejeitos de meia-vida curta são armazenados em locais apropriados, até sua atividade atingir um valor semelhante ao do meio ambiente, podendo, então, ser liberados. Esse critério de liberação leva em conta somente atividade do rejeito. Materiais de atividade ao nível ambiental, mas que apresentam toxicidade química para o ser humano ou que são prejudiciais ao ecossistema não podem ser liberados sem um tratamento químico adequado.

Em todos os casos, a boa gerência dos rejeitos é o fator determinante na segurança dos mesmos, até sua liberação como lixo comum.

Disposição dos Rejeitos Radioativos do Acidente de Goiânia

Devido ao acidente radioativo ocorrido em 1987 com césio -137, a CNEN estabeleceu uma série de procedimentos para a construção de dois depósitos com a finalidade de abrigar, de forma segura e definitiva, os rejeitos radioativos decorrentes desse acidente.

- Contêiner de Grande Porte (CGP) - depósito construído em 1995, dentro dos padrões internacionais de segurança, para os rejeitos menos ativos.
- O segundo depósito, para os rejeitos de mais alta atividade, concluído em 1997, será mantido sob controle institucional da CNEN por 50 anos, coberto por um programa de monitoração ambiental, de forma a assegurar que não haja impacto radiológico no presente e no futuro.



Rejeitos Radioativos - “O Lixo Atômico”

A expressão “lixo atômico” é uma redundância ou um “pleonismo técnico”, porque qualquer lixo é formado por átomos e, por esta razão, é atômico. Ele passa a ter essa denominação popular, quando é radioativo.

Os materiais radioativos produzidos em Instalações Nucleares (Reatores Nucleares, Usinas de Beneficiamento de Minérios de Urânio e Tório, Unidades do Ciclo do Combustível Nuclear), Laboratórios e Hospitais, nas formas sólida, líquida ou gasosa, sem utilidade, não podem ser simplesmente “jogados fora”, devido as radiações que emitem. Esses materiais, que não são reutilizados em virtude dos riscos que apresentam, são “rejeitados”, até pelo lixo e, por esta razão, denominados Rejeitos Radioativos.

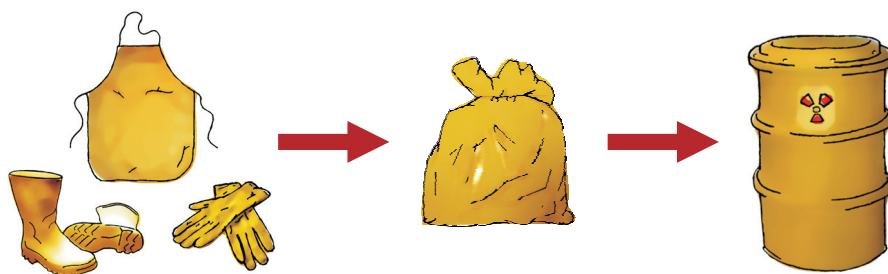


Figura 16 - Tratamento para rejeitos radioativos

Os rejeitos radioativos precisam ser tratados, antes de serem liberados para o meio ambiente. Eles só podem ser liberados quando o nível de radiação for igual a do meio ambiente e quando não apresentarem toxidez química.

Rejeitos sólidos, líquidos ou gasosos podem ser classificados, quanto à atividade, em rejeitos de baixa, média e alta atividade. Rejeitos sólidos de baixa atividade, como partes de maquinárias contaminadas, luvas usadas, sapatilhas e aventais contaminados, são colocados em sacos plásticos e guardados em tambores ou caixas de aço, após classificação e respectiva identificação.

Dependendo da meia-vida, alguns rejeitos podem permanecer radioativos por dezenas, centenas ou até milhares de anos. Os rejeitos com meias-vidas superiores a 30 anos são considerados rejeitos de meia-vida longa.

Radiação Eletromagnética

São ondas eletromagnéticas que se propagam com uma determinada velocidade, contêm energia e campo magnético; podem ser geradas por fontes naturais ou por dispositivos construídos pelo homem. A energia é variada desde valores pequenos até muito elevados. Ao interagir com a matéria, os diferentes tipos de radiação podem produzir variados efeitos que podem ser simplesmente a sensação de calor, a percepção de uma mensagem codificada e manipulada em áudio e vídeo numa televisão (Figura 01-A), a sensação de calor provocada por feixes de lasers, o aquecimento de alimentos num forno de microondas (Figura 01-B), uma imagem obtida em um filme radiográfico (Figura 01-C).

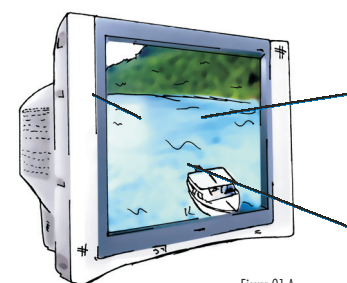


Figura 01-A



Figura 01-B



Figura 01-C

O homem sempre esteve exposto à radiação natural. Essa exposição ocorre pelos elementos radioativos contidos no solo e rochas; pelos raios cósmicos que chegam à atmosfera; pela incorporação de elementos radioativos provenientes da alimentação e respiração e pelas diferentes fontes de exposição a radiações distribuídas no ambiente em que vivemos (Figura 02). Dependendo do comprimento de onda envolvido, uma radiação pode ser classificada em **ionizante** ou **não ionizante**.



Figura 02

Radiação Não Ionizante

Possui relativamente baixa energia e está sempre a nossa volta. Apresenta energia suficiente para mover átomos em torno de uma molécula ou para fazê-la vibrar, mas não suficiente para remover elétrons. Ondas eletromagnéticas como a luz, calor, ondas de rádio e microondas são formas comuns de radiação não-ionizantes. Esse tipo de radiação pode ser capaz de provocar danos biológicos.

São radiações que apresentam maiores níveis de energia. Qualquer partícula ou radiação eletromagnética que ao interagir com a matéria “arranca” elétrons dos átomos ou de moléculas, transformando-os em íons, direta ou indiretamente. Assim, as radiações ionizantes são provenientes de materiais radioativos como é o caso dos raios alfa (α), beta (β) e gama (γ) ou são produzidas artificialmente em equipamentos, como é o caso dos raios X (Figura 03).

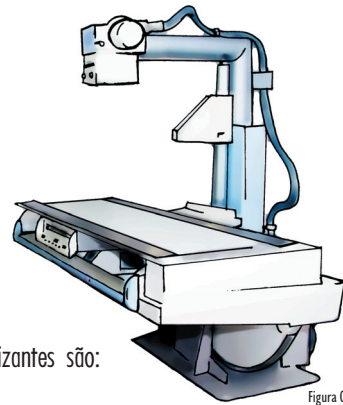


Figura 03

Sob o ponto de vista dos sentidos humanos, as radiações ionizantes são: **invisíveis, inodoras, inaudíveis, insípidas e indolores.**

Em relação a radiação ionizante, recomenda-se evitar toda e qualquer radiação adicional à existente no ambiente, exceto se os benefícios desse uso o justificarem.

Radioatividade - Resumo

- A radioatividade é um fenômeno natural ou artificial, pelos quais algumas substâncias ou elementos químicos chamados radioativos são capazes de emitir radiações.
- As radiações emitidas pelas substâncias radioativas são principalmente partículas alfa, beta e gama.
- A radioatividade é uma forma de energia nuclear, bastante empregada em medicina.
- Materiais radioativos são aqueles que emitem radiação ionizante. Ex: rádio, polônio, césio.
- Cada elemento radioativo, seja natural ou obtido artificialmente, se desintegra ou decai a uma velocidade que lhe é característica.
- O tempo que leva para um elemento radioativo ter sua atividade reduzida à metade da atividade inicial é denominado meia-vida do elemento. Significa dizer que para cada meia-vida que passa, a atividade vai sendo reduzida à metade da anterior, até atingir um valor insignificante que não permite mais distinguir suas radiações das do meio ambiente.

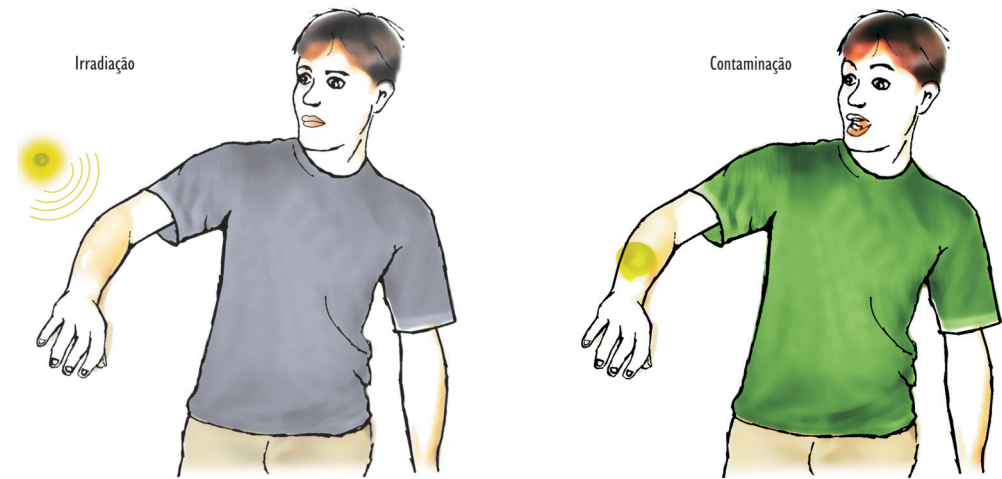


Figura 15

- Irradiar não significa contaminar.
- Contaminar com material radioativo implica em irradiar o local, onde esse material estiver.
- Irradiação não contamina, mas contaminação irradia.

A descontaminação radioativa consiste em retirar o contaminante (material indesejável) da área afetada. A partir do momento da remoção do contaminante radioativo, não há mais irradiação no local.

É importante esclarecer que a **irradiação externa** por fontes de césio-137, cobalto-60 e similares (emissores alfa, beta e gama), usadas na medicina e na indústria não torna os objetos ou o corpo humano radioativos. Isso só é possível em reatores nucleares e aceleradores de partículas de pesquisa e no caso dos pacientes que fazem uso de procedimentos de Medicina Nuclear. Neste caso, os radiofármacos são injetados no paciente ficando o mesmo “temporariamente radioativo”. Dependendo da dose a que foi submetido, poderá ter que ser isolado a fim de não contaminar outras pessoas ou o meio ambiente. Nesta situação, a fonte radioativa (radiofármaco) incorporou-se ao corpo do paciente que continua emitindo radiação. Os seres humanos podem ainda contaminar-se em acidentes como foi o caso de Goiânia em 1987. Neste acidente o césio-137 foi ingerido e passado sobre a pele de pessoas que ficaram contaminadas.

Exemplo de Atividade Radioativa

Canetas Dosimétricas

As canetas dosimétricas ou câmara de ionização de bolso possuem dimensões de uma caneta comum. No seu interior existe uma câmara de ionização acoplada a um capacitor que armazena as cargas produzidas no volume detector. A corrente armazenada no capacitor é medida após a exposição através de um leitor externo.

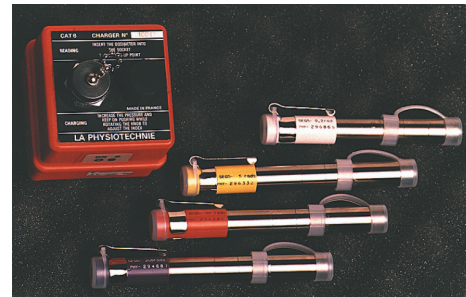


Figura 14

Exposição e Contaminação

Contaminação Radioativa

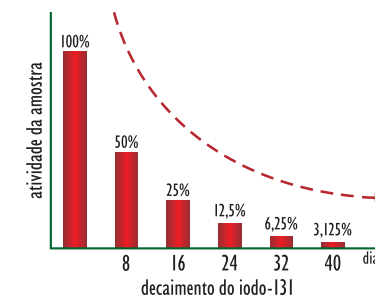
Pode ser definida como a presença de materiais radioativos, sob qualquer forma, dentro ou sobre lugares onde não são desejados, incluindo o ambiente, prédio e pessoas. Assim, uma pessoa está **externamente** contaminada se os materiais estiverem sobre a pele ou roupa e **internamente** se os materiais estiverem dentro do corpo (inalados, ingeridos ou absorvidos através de ferimentos).

Irradiação

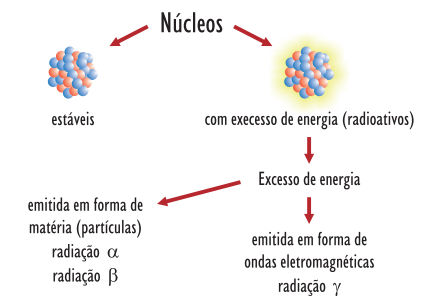
É definida como a exposição de um objeto ou de um corpo à radiação, sem que haja contato direto com a fonte de radiação.

Nenhum trabalhador deve ser exposto à radiação sem que seja necessário, sem ter conhecimento dos riscos radiológicos decorrentes desse tipo de trabalho e sem que esteja treinado para o desempenho seguro de suas funções.

Vejamos o caso do **iodo-131** utilizado em Medicina Nuclear para exames de tireóide, que possui a meia-vida de oito dias. Isso significa que decorridos 8 dias, a atividade ingerida pelo paciente será reduzida à metade. Após mais 8 dias, cairá à metade desse valor, ou seja, 1/4 da atividade inicial e assim sucessivamente. E depois de 80 dias (10 meia-vidas), atingirá um valor cerca de 1000 vezes menor. O organismo humano elimina rápida e naturalmente, via fezes, urina e suor, muitas das substâncias ingeridas. Dessa forma, após algumas horas, dependendo da dose administrada, o paciente poderá ir para casa, sem causar problemas para si e para seus familiares. Assim, ele fica liberado, mas o iodo-131 continua seu decaimento normal na urina armazenada no depósito de rejeito hospitalar, até que possa ser liberado para o esgoto comum.



O decaimento radioativo é a diminuição gradual de massa e atividade de um elemento radioativo.



Átomos radioativos são aqueles que emitem radiação.

Os Benefícios do Uso das Radiações

Os isótopos ou radioisótopos, devido à propriedade de emitirem radiações, têm vários usos. As radiações podem atravessar a matéria ou serem absorvidas por ela, o que possibilita múltiplas aplicações. Mesmo em quantidades cuja massa não pode ser determinada pelos métodos químicos, as radiações por eles emitidas podem ser detectadas onde estiverem, através de aparelhos apropriados, denominados detectores de radiação. Dessa forma, o deslocamento de um radioisótopo pode ser acompanhado e seu percurso ou caminho ser traçado num mapa do local. Por esse motivo, recebe o nome de traçador radioativo (são radioisótopos que, quando usados em pequeníssimas quantidades, podem ser acompanhados por detectores de radiação).

Pela absorção da energia das radiações, células ou pequenos organismos podem ser destruídos. Essa propriedade, que é altamente inconveniente para os seres vivos, pode ser usada em seu benefício, quando empregada para destruir células ou microrganismos nocivos.

Medicina Nuclear

Os benefícios advindos do uso das radiações ionizantes são incontáveis, sendo as principais, a cura de tumores através da terapia e a detecção precoce de doenças através do diagnóstico.

A medicina nuclear é uma especialidade médica que se utiliza de fontes de radiação ionizante não seladas (fontes abertas) para fins diagnósticos e terapêuticos. O uso dessas fontes, conhecidas como radioisótopos, pode ser a partir da associação de um radionuclídeo a um fármaco que apresenta afinidade específica a determinados órgãos e tecidos do corpo humano. A emissão de radiação ionizante, deste conjunto denominado radiofármaco, permite o seu acompanhamento externamente ao corpo, através de detectores especiais. Os sinais capturados são processados eletronicamente e convertidos em imagens ou contagens, cuja representação gráfica reflete a situação da função do corpo estudada.

A Medicina Nuclear abrange dois aspectos: o diagnóstico e a terapia. No diagnóstico as doses administradas são bastante baixas. Em terapia, por exemplo, é usado o radioisótopo samário-153 que é aplicado (injeto) em pacientes com metástase óssea, como paliativo para a dor.



Figura 04

Na figura 05 é possível ver a aplicação de alguns radioisótopos em regiões do corpo.

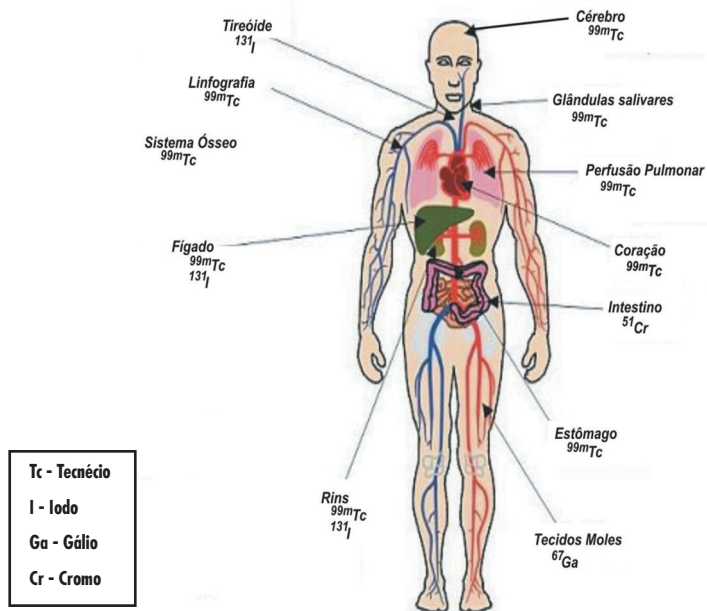


Figura 05

Detector/Contador Geiger-Müller (GM)

É um dos dispositivos mais antigos para detectar e medir radiação, desenvolvido por Geiger e Müller em 1928 e muito usado ainda por sua simplicidade, baixo custo e facilidade de operação. São utilizados para detecção de radiação beta (β) e gama (γ). (Figura 11)



Figura 11

Câmara de Ionização

É muito usada na prática de radioproteção, principalmente, para detecção de radiação secundária. São utilizados para detecção de radiação x e gama.

Dosímetros

São sistemas detectores que indicam a radiação total a que uma pessoa foi exposta. Com isto, os efeitos produzidos pela interação da radiação com o detector permitem chegar a conclusões sobre a quantidade e propriedades da radiação detectada. Para a monitoração individual são encontrados vários tipos de equipamentos: filme dosimétrico, TLD (dosímetro termo-luminescente), caneta dosimétrica e outros.

O uso do dosímetro é geralmente obrigatório, a não ser que a monitoração de área demonstre que não há risco. Um dos tipos de dosímetro individual mais utilizado é o dosímetro de tórax. Este deve sempre ser posicionado na parte superior do tórax. É o dosímetro que representa a dose recebida de corpo inteiro.



Figura 12 - Dosímetro de extremidade: anel. Geralmente utilizado por profissionais que lidam com fontes não seladas ou com equipamentos de fluoroscopia.



Figura 13 - Dosímetro de tórax

Radioterapia

Sempre que possível, o profissional deve utilizar os EPI na execução de procedimentos que envolvam radiação ionizante, assim como nos acompanhantes quando estes são solicitados a conter ou confortar um paciente. Devem também ser usados pelos próprios pacientes, a fim de evitar exposições desnecessárias de regiões do corpo que não estão sendo radiografadas.

Alguns cuidados precisam ser tomados quanto à manipulação dos EPI. Os aventais de chumbo são especialmente frágeis e devem ser manipulados cuidadosamente. Após o uso, guardá-los em cabides apropriados ou sempre na posição horizontal sem dobras. Os maus tratos podem causar fissuras e até mesmo o rompimento do lençol de chumbo, reduzindo o poder de proteção do mesmo e conseqüentemente, sua vida útil.

Monitoração / Monitoramento

Monitoramento Radiológico - medição relativa à radioproteção, para fins de avaliação e controle das condições radiológicas de locais onde existe ou se pressupõe a existência de radiação.

Monitoramento de Área - avaliação e controle das condições radiológicas das áreas de uma instalação, incluindo medição de grandezas relativas a:

- campos externos de radiação;
- contaminação de superfície;
- contaminação atmosférica.

Monitoramento Individual - monitoramento de pessoas com dispositivos individuais (dosímetro) colocados sobre o corpo.

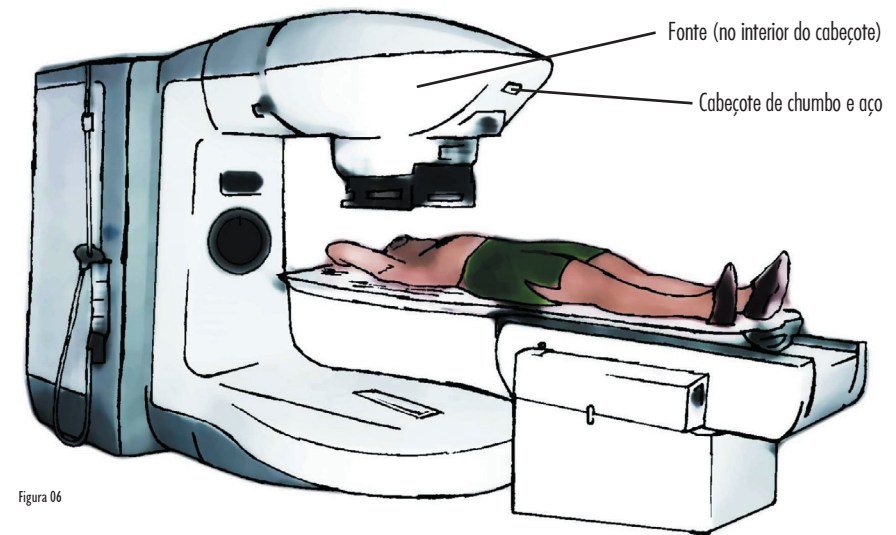
Detectores de Radiações

As radiações ionizantes por si só não podem ser medidas diretamente, a detecção é realizada pelo resultado produzido da interação da radiação com um meio sensível (detector).

Os detectores de radiação são os elementos ou dispositivos sensíveis a radiação ionizante, utilizados para determinar a quantidade de radiação presente em um determinado meio de interesse.

São aparelhos capazes de indicar a presença de radiação, convertendo a energia da radiação em um sinal elétrico, luz ou reação química. Detector depende do tipo da radiação presente: um detector muito eficiente para radiação gama pode ser inadequado para partículas alfa.

Monitores de radiação são detectores construídos e adaptados para um determinado tipo de radiação.



Consiste na utilização da radiação gama, raios x ou feixes de elétrons para o tratamento de tumores, eliminando células cancerígenas e impedindo o seu crescimento. O tratamento consiste na aplicação programada de doses elevadas de radiação, com a finalidade de atingir células cancerígenas, causando o menor dano possível aos tecidos sãos, intermediários ou adjacentes. Uma das maiores preocupações que se tem ao se utilizar o tratamento com a radioterapia é maximizar o dano no tecido tumoral, preservando ao máximo os tecidos vizinhos normais. O que é conseguido adequando-se devidamente a técnica ao caso específico. O tratamento radioterápico possui, basicamente, dois grandes grupos, a saber:

Teleterapia: tele é igual a distância. Nesta categoria enquadram-se os feixes de raios X, os feixes de raios gama e os elétrons de alta energia. Esses feixes são utilizados através de dispositivo, contendo em seu interior uma fonte de radiação que, colocados à distância do paciente promovem a irradiação do volume alvo. Em teleterapia o risco ocupacional é pequeno, uma vez que ao serem expostos, os pacientes ficam isolados em sala blindada.

Braquiterapia: braqui é igual a curto, perto. A braquiterapia é um método de terapia no qual, uma ou várias fontes encapsuladas são utilizadas para liberar radiação alfa ou beta, a curta distância ou até mesmo em contato. Em alguns casos, a braquiterapia torna-se o método de eleição, em razão da proximidade com a massa tumoral, diminuindo o risco de se aplicar uma dose inaceitável nos tecidos sãos adjacentes. Com relação a intensidade da fonte, a braquiterapia trabalha com Baixa Taxa de Dose (BTD) e Alta Taxa de Dose (ATD). A diferença está no tempo de exposição. Na BTD, a fonte pode permanecer no paciente por períodos curtos

até os implantes prolongados, dependendo do tipo e localização do tumor e também da atividade da fonte. O advento de equipamentos modernos de ATD, que são adequados para alguns tipos de tumores, causou uma redução substancial do tempo de tratamento.

Um dos aparelhos de radioterapia mais conhecidos é a Bomba de Cobalto, usada no tratamento contra o câncer. É uma fonte radiativa de cobalto-60 (Co-60), encapsulada ou “selada” (hermeticamente fechada) e blindada, para impedir a passagem de radiação. Até bem pouco tempo, para este fim, eram utilizadas fontes de césio-137, que foram substituídas pelas de cobalto-60, que entre outras razões técnicas, apresentam maior rendimento terapêutico.

Quando da utilização do aparelho, a fonte é deslocada de sua posição “segura”, dentro do cabeçote de proteção (feito de chumbo e aço inoxidável), para frente de um orifício, que permite a passagem de um feixe de radiação, concentrado sobre a região a ser “tratada” ou irradiada. Após o uso, a fonte é recolhida para a posição de origem (“segura”).

Importante!

Um objeto ou o corpo, quando exposto à radiação (irradiado) por uma fonte radiativa, não fica radioativo.

Aplicadores

São, em geral, fontes radioativas de emissão beta distribuídas sobre uma superfície. Por exemplo, o estrôncio (Sr-90) é um radionúclídeo muito usado em aplicadores dermatológicos e oftalmológicos.

O princípio de operação é a aceleração do processo de cicatrização de tecidos submetidos a cirurgias, evitando sangramentos (operação de pterígio) e quelóides (cirurgia plástica), de modo semelhante a uma cauterização superficial.

A atividade das fontes radioativas é baixa e não oferecem risco de acidente significativo sob o ponto de vista radiológico. O importante é o controle do tempo de aplicação no tratamento, a manutenção da sua integridade física e a guarda adequada dos aplicadores.

• **Tempo** - a dose absorvida por uma pessoa é diretamente proporcional ao tempo em que ela permanece exposta à radiação. Qualquer trabalho em uma área controlada deve ser cuidadosamente programado e realizado no menor tempo possível.

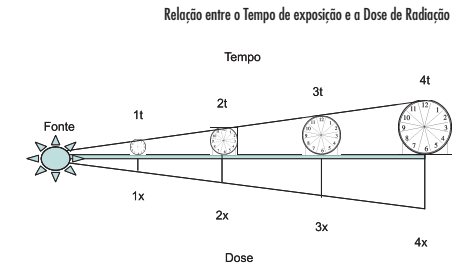


Figura 07

• **Distância** - é o espaço mantido entre o trabalhador e a fonte de radiação. O trabalhador pode realizar suas tarefas sem risco de ser atingido pelas radiações, porque se encontra em uma distância segura. De uma forma geral, para as fontes radioativas pontuais pode-se considerar que a dose de radiação é inversamente proporcional ao quadrado da distância. Isto é, decresce com o quadrado da distância da fonte à pessoa.

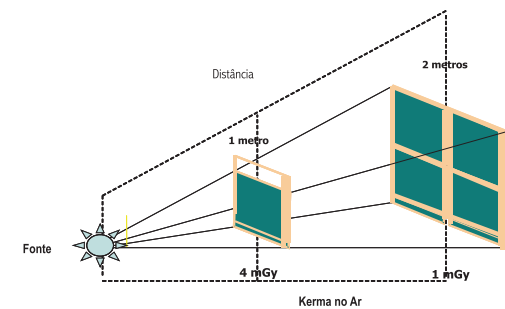


Figura 08

• **Blindagem** - é o modo mais seguro de proteção contra as radiações ionizantes, uma vez que os dois métodos anteriores dependem de um controle administrativo contínuo dos trabalhadores. Corresponde à utilização de barreiras feitas de materiais que sejam capazes de absorver radiações ionizantes. Essas barreiras devem ser feitas e orientadas por especialistas para que não se corra riscos.

Figura estilizada mostrando tipos de materiais empregados para blindagem das radiações.

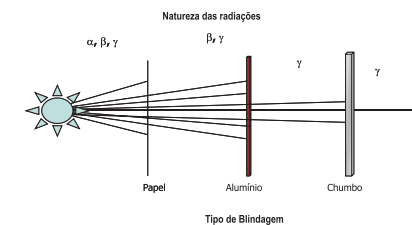


Figura 09

• **EPI** - Equipamentos de Proteção Individual (EPI) - (Figura 10) Existem diversos tipos de equipamentos destinados a proteger as pessoas contra os efeitos das radiações ionizantes. Dentre os mais usados, encontram-se os aventais de chumbo (longos ou curtos), os protetores de tireóide e de gônadas, os óculos plumbíferos e as luvas protetoras de chumbo.

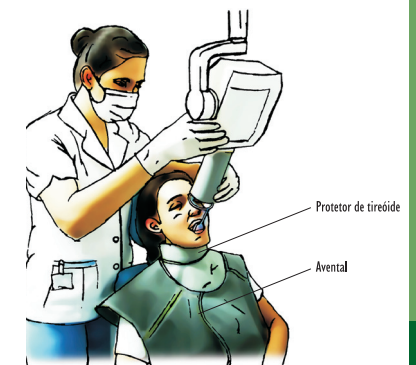


Figura 10

Como se Proteger das Radiações?

A proteção radiológica ou radioproteção tem como objetivo evitar ou reduzir os efeitos maléficos das radiações sobre o ser humano sem limitar os benefícios criados pela aplicação das radiações ionizantes, sejam elas de origem natural ou de fontes produzidas artificialmente. Esse objetivo pode ser atingido, aplicando-se os Princípios Básicos de Radioproteção, prescritos nas Diretrizes Básicas de Radioproteção em documentos da Agência Internacional de Energia Atômica e, no Brasil, da Comissão Nacional de Energia Nuclear.

Durante toda a vida, os seres humanos estão expostos diariamente aos efeitos das radiações ionizantes. Essas radiações podem ser de origem natural ou artificial. As fontes naturais, representam cerca de 70% da exposição, sendo o restante, devido à fontes artificiais.

FONTES DE RADIAÇÕES IONIZANTES

De forma elementar, podemos explicar as fontes artificiais como constituídas a partir de equipamentos **elétricos** e os **não-elétricos**.

- **Equipamentos elétricos:** utilizam eletricidade como fonte de energia para acelerar partículas e gerar radiação ionizante e, só emitem radiação, no momento em que são energizados. Dentre os equipamentos elétricos mais utilizados, encontram-se os tubos de raios X que produzem radiação quando elétrons energéticos emitidos por um filamento aquecido choca-se com o alvo. Outra categoria que utiliza eletricidade são os aceleradores de partículas largamente utilizados em radioterapia. Também necessitam ser energizados para produzir radiação ionizante.

- **Equipamentos não elétricos:** por serem fontes propriamente, deve-se ter cuidados adicionais no seu manuseio, pelo fato de emitirem radiação continuamente. Nesta categoria, encontram-se os irradiadores com radioisótopos largamente utilizados na indústria e na ciência. Dentre suas principais aplicações encontram-se a preservação de alimentos, o controle de pragas e insetos através da esterilização de machos. Fontes artificiais, também encontram aplicação em geologia, por exemplo, no estudo da dinâmica de lagos e reservas. Na indústria, a produção de energia nuclear nas usinas atômicas também se encontra bem difundida. Em medicina, o uso das radiações ionizantes tem inúmeras aplicações tanto no diagnóstico quanto na terapia. As grandes áreas de aplicação são: medicina nuclear, radioterapia e radiodiagnóstico. Em radioterapia, a bomba de Co 60, as fontes de radiação para braquiterapia e os aplicadores oftalmológicos e dermatológicos com emissores encontram-se dentre os mais utilizados.

Para proteção contra radiações ionizantes, devemos observar os seguintes fatores:

- Tempo de exposição (deve ser o menor possível);
- Distância da fonte (deve ser a maior possível);
- Tipo de isolamento (placas de chumbo, concreto, etc);
- Uso de equipamentos de proteção individual (EPI) .

Raios-X

Os raios-X são radiações da mesma natureza que radiação gama (ondas eletromagnéticas), com características idênticas. Só diferem da radiação gama pela origem, ou seja, os raios-X não saem do núcleo do átomo. Os raios-X de produção artificial são emitidos quando elétrons, acelerados por alta voltagem, são lançados contra átomos e sofrem frenagem, perdendo energia. Não têm, pois, origem no núcleo do átomo.

Toda energia nuclear é atômica, porque o núcleo pertence ao átomo. Mas nem toda energia atômica é de origem nuclear.

As primeiras aplicações dos aparelhos de raios-X ocorreram na medicina, para diagnóstico de fraturas ósseas e, logo após, na odontologia, para diagnóstico de canais dentários. Foram desenvolvidos aparelhos mais potentes para uso em radiografia industrial (semelhante à gamagrafia). Em relação ao ser humano, os raios-X requerem os mesmos cuidados que a radiação gama e, por isso, não podem ser usados indiscriminadamente.

É Bom Saber!

- Uma máquina de raios X quando desligada, não produz mais radiação e, portanto, não é um equipamento radioativo e sim um equipamento gerador de radiação.
- Nenhum material irradiado por raios X dentre aplicações mais conhecidas, fica radioativo. Tampouco os locais onde são implementados os exames, como consultórios dentários, salas de radiodiagnóstico ou radioterapia.

Cuidados primários

- Não se deve tirar radiografia sem necessidade e, principalmente, com equipamentos fora dos padrões técnicos de operação.
- O risco de dano é maior para o operador que executa rotineiramente muitas radiografias por dia, assim para se evitar exposições desnecessárias o operador deve ficar o mais distante possível no momento do disparo do raios X ou protegido por um biombo com blindagem de chumbo.
- As pessoas submetidas a exames radiográficos não ficam radioativas, e nem as salas de operação.

Atenção

O tubo de raios X não é uma fonte de radiação propriamente dita. É um dispositivo eletrônico que quando disparado a partir de mecanismos eletrônicos emite raios X, portanto os aparelhos de Raios-X não são radioativos. Só emitem radiação quando estão ligados, isto é, em operação.

Os Riscos Biológicos da Radiação

A exposição aguda se refere a altos níveis de radiação em curto espaço de tempo. Os efeitos agudos à saúde decorrentes da exposição à radiação aparecem muito rápido. Os sintomas incluem náuseas, fraqueza, perda de cabelo, queimaduras na pele ou diminuição da função orgânica. Pacientes tratados com radiação frequentemente experimentam os efeitos agudos, devido à exposição em altas doses. A radiação pode ainda causar envelhecimento precoce ou mesmo a morte.

Quando ficamos expostos, a uma certa dose de radiação, num longo período de tempo, nosso corpo tem tempo para reparar os danos. Porém, se o período for curto, os mecanismos de defesa podem não conseguir corrigir o dano, e a célula morre. Os danos, ao corpo, podem ser grandes se a célula se reproduzir.

É perigoso se expor às radiações ?

Sim. É importante conhecermos o tipo e o grau de periculosidade a que estamos submetidos.

Os efeitos biológicos acontecem em intervalos de tempo que vão de minutos a anos. Consistem na resposta natural do organismo a um agente agressor e não constituem necessariamente, em doença. Ex: redução de leucócitos.

Os efeitos orgânicos são as doenças. Representam a incapacidade de recuperação do organismo devido à frequência ou quantidade dos efeitos biológicos. Ex: catarata, câncer, leucemia.

O câncer é considerado por muitos um efeito primário da exposição à radiação. Geralmente, o processo natural do organismo controla a taxa em que as células crescem e são substituídas, reparando o tecido danificado que pode ocorrer no nível celular ou molecular. Quando o controle do crescimento é rompido, ocorre o aumento descontrolado de células cancerosas, uma vez que a radiação ionizante tem a habilidade de quebrar os elos químicos dos átomos e moléculas.

O risco de câncer devido a exposição a raios X ou gama depende da dose, da duração da exposição, do sexo, da idade em que se deu a exposição e de outros fatores como, por exemplo, a sensibilidade dos tecidos frente aos efeitos carcinogênicos da radiação.

A radiação pode também causar alterações no DNA, denominadas mutações. Inicialmente, o processo que assegura o reparo de uma célula produz uma cópia perfeita da célula original. Algumas vezes, porém, o corpo falha no reparo dessas mutações ou mesmo cria mutações durante este reparo, e as mutações podem gerar efeitos teratogênicos ou genéticos.

Importante!

Todos os equipamentos emissores de radiações ionizantes, em uso, nos serviços, devem estar em plenas condições de funcionamento e ações corretivas necessárias devem ser executadas prontamente, mediante um programa adequado de manutenção preventiva e corretiva.

Tipos de Exposição e Seus Efeitos

Exposição externa: é resultante de fontes externas ao corpo, proveniente dos raios-X ou fontes radioativas.

Exposição interna: resulta da entrada de material radioativo no organismo por inalação, ingestão, ferimentos ou absorção pela pele. A manifestação dos efeitos causados por estas exposições podem ser tardios ou imediatos. Podem ocorrer num período de poucas horas até vários dias.

Quanto ao nível de dano, os efeitos podem ser somáticos, que acontecem na própria pessoa irradiada, ou hereditários, os quais se manifestam na prole do indivíduo como resultado de danos causados nas células dos órgãos reprodutores.