



SECRETARIA DE DESENVOLVIMENTO
ECONÔMICO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA.
FACULDADE DE MEDICINA DE MARÍLIA
COMITÊ DE PROTEÇÃO RADIOLOGICA

Boletim Informativo do Comitê de Proteção Radiológica - 0001/12

PRINCIPAIS ELEMENTOS DA PROTEÇÃO RADIOLÓGICA

Em 08 de novembro de 1895, Wilhem C. Rontgen descobriu a radiação X, que em fevereiro de 1896, foi pioneiramente usada pelo Dr. Gilman Frost para fins diagnósticos. Em março de 1896, Henri Becquerel demonstrou a existência de emanções na pech-blenda (uranita: complexo mineral de urânio e chumbo). Em abril de 1898, Marie Sklodowska Curie anunciou a descoberta de uma emanção característica proveniente da pech-blenda, com uma intensidade incrivelmente maior que a dos raios X. Mais tarde, fracionando o mineral, conseguiu separar dois elementos radioativos, que foram denominados de **polônio e rádio**. Nesse mesmo ano, Becquerel, por ter carregado no bolso, durante algum tempo, um pouco de rádio, presenteado pelo casal Curie, contraiu um eritema e declarou: “Eu amo o rádio, mas tenho alergia por ele”. Alguns anos depois o técnico que montava as ampolas de raios X, usadas por Rontgen, apresentou danos nas palmas das mãos.

Desde o descobrimento das radiações ionizantes, o homem constatou os benefícios e aprendeu que ocorriam danos porque, naquela época, não estava ciente de que era necessária uma proteção. Assim surgiu a primeira limitação no uso da radiação “... **uma quantidade diária de radiação pode provocar um eritema na palma das mãos**”.

Atualmente sabe-se que existe uma **dose limiar** para a maioria dos danos biológicos observados. É um valor da quantidade de radiação abaixo do qual o dano não é clinicamente diagnosticado. Contudo, existem efeitos biológicos, como os cânceres e os efeitos hereditários, para os quais parece não haver dose limiar, e o número de indivíduos que contraem a moléstia aumenta estatisticamente com a dose. Isto é, qualquer dose de radiação, por menor que seja, interage com o corpo, e nesse caso, é difícil estabelecer um **limite de dose** completamente seguro. **Portanto, o limite é um fenômeno probabilístico**. Nesse caso deve-se responder à pergunta:



SECRETARIA DE DESENVOLVIMENTO
ECONÔMICO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA.
FACULDADE DE MEDICINA DE MARÍLIA

COMITÊ DE PROTEÇÃO RADIOLOGICA

que nível de risco pode aceitar, em virtude do benefício que a radiação nos proporciona? É da resposta a essa pergunta que se originam os elementos principais da proteção radiológica, isto é, os seus paradigmas.

Se a radiação, por menor que seja a sua quantidade, pode produzir algum efeito à saúde então se devem proibir as irradiações desnecessárias. A sua aplicação deve ser justificada pela avaliação do benefício em relação ao dano.

“Só serão aceitas atividades humanas que empregam a radiação, quando o benefício obtido pela população superar o dano; caso contrário, o seu emprego será proibido”. Mas essa não é a única exigência. Deve-se criar também uma situação otimizada, na qual o **benefício é máximo relativamente ao dano**.

O primeiro caso é denominado em proteção radiológica, princípio da justificacão, e o segundo princípio da otimização.

Nem sempre a fração da população que sofre o dano é idêntica àquela que recebe o benefício. Por isso é necessário definir para a primeira fração um limite de dose de radiação máxima admissível. A palavra “admissível” justifica-se porque não se admitem irradiações a não ser que sejam justificadas e estejam otimizadas. Se os grupos da população que sofrem os danos e os que recebem os benefícios são coincidentes, os limites anuais não são aplicáveis. Por isso os pacientes de radiodiagnóstico e os de radioterapia devem satisfazer só os princípios da justificacão e da otimização.

Esses três princípios da justificacão, da otimização e da limitacão de dose – constituem atualmente o que se denomina **sistema de limitacão de dose**, ou ainda **sistema de proteçao radiológica**.

Como em qualquer atividade humana, aquelas que envolvem a radiação podem apresentar riscos de acidentes. Esses riscos são raros e geralmente envolvem poucas pessoas, mas também podem ser grandes. O maior, registrado em 1986, foi o acidente de Chernobyl, que causou 29 mortes. Um ano depois, em 1987 o acidente de Goiânia resultou em 04 mortes. No total, o número de óbitos em acidentes envolvendo a radiação, a partir de sua liberaçao para uso pacífico, em 1956, é de 49. Em virtude disso, foi criado um sistema de limitacão de risco com os três princípios,



SECRETARIA DE DESENVOLVIMENTO
ECONÔMICO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA.
FACULDADE DE MEDICINA DE MARÍLIA
COMITÊ DE PROTEÇÃO RADIOLOGICA

como no caso das atividades normais, e a única modificação foi à mudança do **limite anual de dose (LA)** para **limite anual de risco**.

CUSTO – BENEFÍCIO DA PROTEÇÃO RADIOLÓGICA

Como desenvolver melhor o princípio da otimização, para explicar os elementos principais da proteção radiológica?

Usando os fundamentos da filosofia exposta anteriormente, é possível dizer que as doses de radiação podem estar localizadas em três regiões do limite anual de dose. LA, apresentadas na figura abaixo, ou seja: a região **inaceitável**, em que as doses são superiores a um LA, a região **tolerável**, entre um LA10 e um LA, na qual é necessário aplicar o princípio da otimização, e a região **aceitável**, abaixo de um LA10, em que a dose representa um risco tão pequeno à saúde que não são necessários maiores cuidados.

Quando a atividade humana, em presença de radiação, provoca doses na região tolerável, deve-se, obrigatoriamente, melhorar as condições de proteção até se chegar à região aceitável, para que os riscos a saúde diminuam. Para tanto é necessário executar uma série de melhorias de modo a reduzir as doses de radiação. São várias as opções de melhorias denominadas **opções de proteção**. É lógico supor que, na seqüência das opções de proteção, a opção mais cara esteja associada à maior diminuição da dose anual, e a mais barata, à menor diminuição da dose anual. Nesse caso, torna-se necessário decidir qual é a opção a ser escolhida e implantada. Do ponto de vista do empreendedor, seria preferida a mais barata, para economizar verbas ou por não dispor de capital suficiente. Do ponto de vista do fiscal, a escolha deveria recair sobre a mais cara para que a instalação pudesse alcançar, com maior brevidade, a região aceitável de limite anual de dose. Então como resolver este dilema?

Esse antagonismo entre as partes interessadas pode ser resolvido com as conhecidas **técnicas de ajuda para a tomada de decisão**. Às opções escolhidas aplica-se uma dessas técnicas, e a escolha dependerá da complexidade do problema



**SECRETARIA DE DESENVOLVIMENTO
ECONÔMICO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA.
FACULDADE DE MEDICINA DE MARÍLIA**

COMITÊ DE PROTEÇÃO RADIOLOGICA

para se encontrar a opção ótima. Por exemplo, um caso específico em que existam sete opções de proteção, das quais a primeira é a mais barata, mas resulta em uma diminuição menor da dose e a sétima, na seqüência, é a mais cara, mais resulta em uma redução maior de dose, ao aplicar uma das técnicas de ajuda para a tomada de decisão, talvez a terceira seja a considerada como ótima. Isso significa que as opções um e dois não podem ser implantadas, mas a partir da opção três até a 7, todas podem ser aplicadas. A escolha de qual será a eleita é de responsabilidade única e exclusiva da autoridade máxima da instalação o empreendedor. O fiscal pode proibir a implantação das opções um e dois, mas não pode obrigar o empreendedor a escolher uma opção específica entre as opções 3 e 7. Se a escolha recair sob a opção 3 e for constatado que as doses não se encontram na região aceitável, deve-se montar um novo conjunto de opções de proteção, aplicar as técnicas de ajuda para a tomada de decisão e determinar uma nova opção ótima. Esse processo deve ser repetido até chegar à região aceitável e, nesse caso, a atividade em presença de radiação passará da fase de “estar otimizada” para a fase “é otimizada”.

- ***PADRÕES TÉCNICOS DE VIGILÂNCIA***

É dever dos serviços de proteção radiológica fazer cumprir os princípios elementares de proteção, dentro e fora da instalação que executa atividades em presença da radiação. Para tanto é necessário implantar:

- ✓ **Monitoramentos pessoais** – são subdivididos em monitoramentos do local de trabalho para irradiação externa, contaminação de superfície e contaminação do ar, e em monitoramentos individuais para irradiação externa, contaminação de pele e roupa e contaminação interna. Os do local de trabalho são muito importantes uma vez que permitem avaliar às doses no local, antes que o trabalhador inicie suas tarefas com radiação. Esse serviço tem um caráter preventivo, pois permite adotar medidas de segurança antes que o trabalhador receba as doses. No monitoramento individual só se medem as doses do trabalhador após as ter recebido. Nesse caso, afirma-se que o monitoramento



**SECRETARIA DE DESENVOLVIMENTO
ECONÔMICO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA.
FACULDADE DE MEDICINA DE MARÍLIA**

COMITÊ DE PROTEÇÃO RADIOLOGICA

individual tem um caráter confirmatório, pois confirma as previsões de doses avaliadas pelo monitoramento do local de trabalho.

- ✓ **Classificação dos trabalhadores em presença de radiação ionizante** – Os trabalhadores podem pertencer aos grupos com condição de trabalho A ou B. Os classificados na condição A são aqueles que recebem as doses maiores de radiação. Nesse caso, é obrigatório o monitoramento individual para estimar estas doses. Os classificados na condição B recebem doses menores que os da condição A que não necessitam do monitoramento individual. Basta conhecer os níveis do ambiente de trabalho, isto é, monitorar o local, porque os riscos são tão pequenos que não se justifica um monitoramento individual. É bom lembrar que atualmente, o monitoramento pessoal é considerado um equipamento de proteção individual, EPI, e que, de acordo com as normas deve ser usado em último caso. Isso significa que se dá preferência à proteção da própria fonte de radiação ou do ambiente de trabalho e só em último caso do trabalhador. Dessa forma o indivíduo trabalha mais livre, sem nenhum obstáculo, principalmente sobre o corpo.

- ✓ **Classificação do acesso aos locais de trabalho** – O local de trabalho será denominado **livre** quando os níveis de radiação no ambiente forem muito pequenos, bem inferiores a 1LA10, que corresponde à região aceitável. Nesse caso, não é necessário nenhum controle por parte dos serviços de proteção radiológica. Quando o nível de radiação for superior ao limite do que é denominado livre, o local de trabalho passa a denominar-se **restrito**, que é subdividido em **supervisionado** e **controlado**. No supervisionado o controle de acessos é brando, pois os riscos referentes aos níveis de radiação no ambiente não justificam uma medida mais rigorosa. Já no local classificado como controlado, o controle de acessos é rigoroso e muitas vezes pode haver limitação do tempo de permanência no local.



**SECRETARIA DE DESENVOLVIMENTO
ECONÔMICO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA.
FACULDADE DE MEDICINA DE MARÍLIA**

COMITÊ DE PROTEÇÃO RADIOLOGICA

- ✓ **Níveis de referência** – São valores pré-determinados das doses resultantes do monitoramento pessoal. Se forem ultrapassados ou se existir uma previsão de que possam sê-lo será necessária a intervenção do serviço de proteção radiológica. Normalmente existem três níveis de referência: **nível de registro**, **nível de investigação** e **nível de interferência**. O nível de registro que corresponde a valores de dose superiores a 1 LA 10 é um nível em que se justifica o registro. Doses inferiores a esse nível são registradas como zero ou nem são registradas. O nível de investigação é aquele em que doses acima de 1 LA 10 devem ser investigadas quanto ao porque de sua existência. Nesse caso, é obrigatória a aplicação do princípio da otimização, bem como o uso das técnicas de ajuda para a tomada de decisão. Numa primeira instância, esse nível foi fixado em 3 LA 10, e em Segunda instância, acima de 1 LA 10 (valor do nível de registro). O nível de interferência é aquele acima do qual se justifica interromper a atividade em curso para adotar medidas de segurança, portanto seu valor deve ser fixado quando a situação se tornar inaceitável: nesse caso, 1 LA.

- ✓ **Exposições Potenciais** – São o **princípio da justificação da otimização e dos limites anuais de risco** e para que sejam obedecidos o serviço de proteção radiológica age da forma seguinte: (a) tenta diminuir a probabilidade de ocorrência do evento que eleva ao risco potencial e que se torna real, caso ocorra: (b) tenta diminuir as doses de radiação previstas no caso do evento, que elevam a ocorrência do risco potencial: (c) tenta interpor linhas de atraso ao desenvolvimento da exposição potencial, evita que ela se conclua e recupera a situação normal.



**SECRETARIA DE DESENVOLVIMENTO
ECONÔMICO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA.
FACULDADE DE MEDICINA DE MARÍLIA
COMITÊ DE PROTEÇÃO RADIOLOGICA**

- ***CUIDADOS EXERCIDOS NO BRASIL E NO EXTERIOR***

Infelizmente, quanto aos cuidados exercidos no Brasil, o atraso com relação à Comunidade Européia é maior que vinte anos e maior que seis anos com relação aos Estados Unidos da América do Norte, que, com passos largos, procuram alcançar os europeus. Isso não significa que não exista competência técnica tanto no Brasil como nos Estados Unidos.

No Brasil, o retardamento é provocado pelas autoridades competentes, porque não implantam as normas técnicas, existentes e vigentes, assim como não exigem a sua aplicação e a fiscalização de seu cumprimento. Isso é confirmada no caso do exame do nível de investigação em que as doses de radiação devem ser reduzidas a 3 LA 10 por meio de melhorias na proteção, ocasião em que será selecionada a opção ótima, ditada pela solução analítica, aplicando-se uma das técnicas de ajuda para a tomada de decisão.

Os europeus, aplicando otimizações sucessivas, levaram, em média, quatorze anos para reduzir as doses de radiação a 3 LA10, entre 1977 a 1991, e agora já estão próximas de 1 LA 10, isto é, da linha demarcatória entre a região aceitável e tolerável. Os americanos, por sua vez começaram a abaixar as doses de radiação a partir de janeiro de 1991 estão se esforçando para alcançar os europeus.

E nós? As autoridades nacionais competentes continuam, adotando a filosofia antiga, que estabelecia os limites anuais máximos permissíveis, IAMP. Portanto é permitido trabalhar abaixo desses limites sem que exista uma preocupação em chegar a valores máximos, inferiores 1LA 10 dos valores em questão. Assim, se os europeus iniciaram os trabalhos em 1977, o Brasil está na realidade atrasado 22 anos e sem perspectiva de reduzir os limites adotados, pois as autoridades competentes não o exigem.



**SECRETARIA DE DESENVOLVIMENTO
ECONÔMICO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA.
FACULDADE DE MEDICINA DE MARÍLIA
COMITÊ DE PROTEÇÃO RADIOLOGICA**

• **COMO OS PROFISSIONAIS DE SAÚDE PODEM SE PROTEGER?**

Evitando doses desnecessárias, atendendo a filosofia **ALARA** (**As Low As Reasonable Achievable**): a exposição do indivíduo deve ser mantida tão pequena quanto razoavelmente exeqüível.

A necessidade de cuidados existe sempre que haja possibilidade de que, em um ano a dose, ou o risco ultrapasse 1 LA 10.

Podem-se evitar doses superiores a 1 LA10 de três formas. Protegendo:

- ✓ **A fonte de radiação:** isolando a fonte do indivíduo. Isso pode ser feito usando-se paredes de chumbo, celas blindadas (que tem paredes absorvedoras da radiação) e garras, manipuladoras ou telemanipuladores;
- ✓ **O ambiente de trabalho:** eliminando ou modificando no ambiente de trabalho os caminhos que expõe o indivíduo a radiação. Por exemplo, para gases ou vapores que podem permanecer suspensos no ar podem-se usar filtros absorvedores para evitar a migração no ambiente de trabalho;
- ✓ **O indivíduo:** usando equipamentos de proteção individual, como máscaras ou indumentárias especiais. Deve-se lembrar que os EPI são usados em último caso, quando as providências (a) e (b) são insuficientes ou se forem impraticáveis.

De qualquer maneira, sempre que possível, o método (a) é preferível, uma vez que não é invasivo.

O profissional de saúde deve ter em mente as práticas de proteção radiológica durante o uso de material radioativo. A dose recebida pode ser efetivamente reduzida de três formas:

Reduzindo-se o tempo de permanência próximo a fonte emissora de radiação. Quanto menor o tempo menor será a dose recebida. A relação proporcional. Seu tempo de permanência próximo à fonte for reduzido à metade, a dose recebida também será a metade. Outra alternativa fazer revezamento entre os profissionais envolvidos ou contratar mais pessoas.



**SECRETARIA DE DESENVOLVIMENTO
ECONÔMICO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA.
FACULDADE DE MEDICINA DE MARÍLIA
COMITÊ DE PROTEÇÃO RADIOLOGICA**

Mantendo-se distância entre a fonte e o indivíduo. Quanto maior for a distância entre a fonte de radiação e o indivíduo, menor será a dose. Essa relação varia com o inverso do quadrado da distância (I)... Por exemplo:

Aumentando-se a distância de 1 cm para 100 cm, o fator de redução será de 10.000.

Por que: $(1 \text{ cm}) = 1 \text{ cm}^2$ e $(100 \text{ cm}) = 10.000 \text{ cm}^2$

Aumentando-se a distância de 100 cm para 400 cm, fator de redução será 16.

Por que: $(100 \text{ cm})^2 = 10.000 \text{ cm}^2$ e $(400 \text{ cm}) = 160.000 \text{ cm}^2$

Usando garras ou pinças é fácil trabalhar a 1 metro de distância da fonte, e o decréscimo é muito grande. Mas a 4 metros de distância, além de ter o trabalho dificultado, o decréscimo na dose não compensa. Por isso mesmo, o método da distância da fonte só é eficaz até 1 metro de distância.

Interpondo-se um absorvedor de radiação entre a fonte e o indivíduo. Quando os primeiros métodos não forem suficientes para reduzir as doses recebidas pelos indivíduos a 1 LA 10, só sobra esta forma de proteção.

O temor que perdura até hoje, causado pelo lançamento das bombas atômicas em Hiroshima e Nagasaki em 1945, é o maior entrave para o uso pacífica da energia nuclear. Esse estigma foi propositadamente mantido pelas grandes potências detentoras dos conhecimentos técnicos e científicos sobre o assunto, para evitar a divulgação dessa atividade tão poderosa e benéfica para a humanidade. Atualmente a situação esta completamente revertida e o meio científico podem usufruir a técnica, mas a população por falta de conhecimento, mantém vivo o estigma. A crescente expansão do uso de material radioativo permite prever um futuro profícuo, porque o uso de radioisótopos é muito competitivo com relação às demais técnicas em vários campos do conhecimento humano. Isso incluiu suas aplicações em diversas especialidades médicas.