



Proteção Radiológica na Saúde

Prof. Luciano Santa Rita
www.lucianosantarita.pro.br
tecnologo@lucianosantarita.pro.br



Sumário

- Histórico e objetivos da proteção radiológica
- Áreas de atuação da proteção radiológica na saúde
- Fontes de radiação ionizante utilizada na área de saúde
- Etapas de produção e classificação dos efeitos biológicos
- Conceitos fundamentais de proteção radiológica
- Requisitos básicos (Princípios) de proteção radiológica
- Nível de restrição de dose e de referência
- Legislação de proteção radiológica: Norma CNEN NN-3.01 e posições regulatórias e Portaria 453/98 ANVISA (incluindo memorial descritivo)
- Detectores de radiação ionizante e dosímetros
- Classificação de áreas e controle de dose ocupacional
- Plano de radioproteção.

Histórico



Histórico



Histórico



21 meses após o primeiro procedimento de fluoroscopia, a ulceração formada já expõe o processo espinhoso da coluna vertebral.

Histórico

***Nos dias de hoje, isto
ainda ocorre?***

*Em 2010, um cirurgião teve os dedos de uma das
mãos amputados, em função de sucessivos
procedimentos de fluoroscopia sem observar
procedimentos de proteção radiológica.*



Objetivos

- Conjunto de medidas que visam proteger o homem, seus descendentes e seu meio ambiente contra possíveis efeitos indevidos causados por radiação ionizante proveniente de fontes produzidas pelo homem e fontes naturais modificadas tecnologicamente.

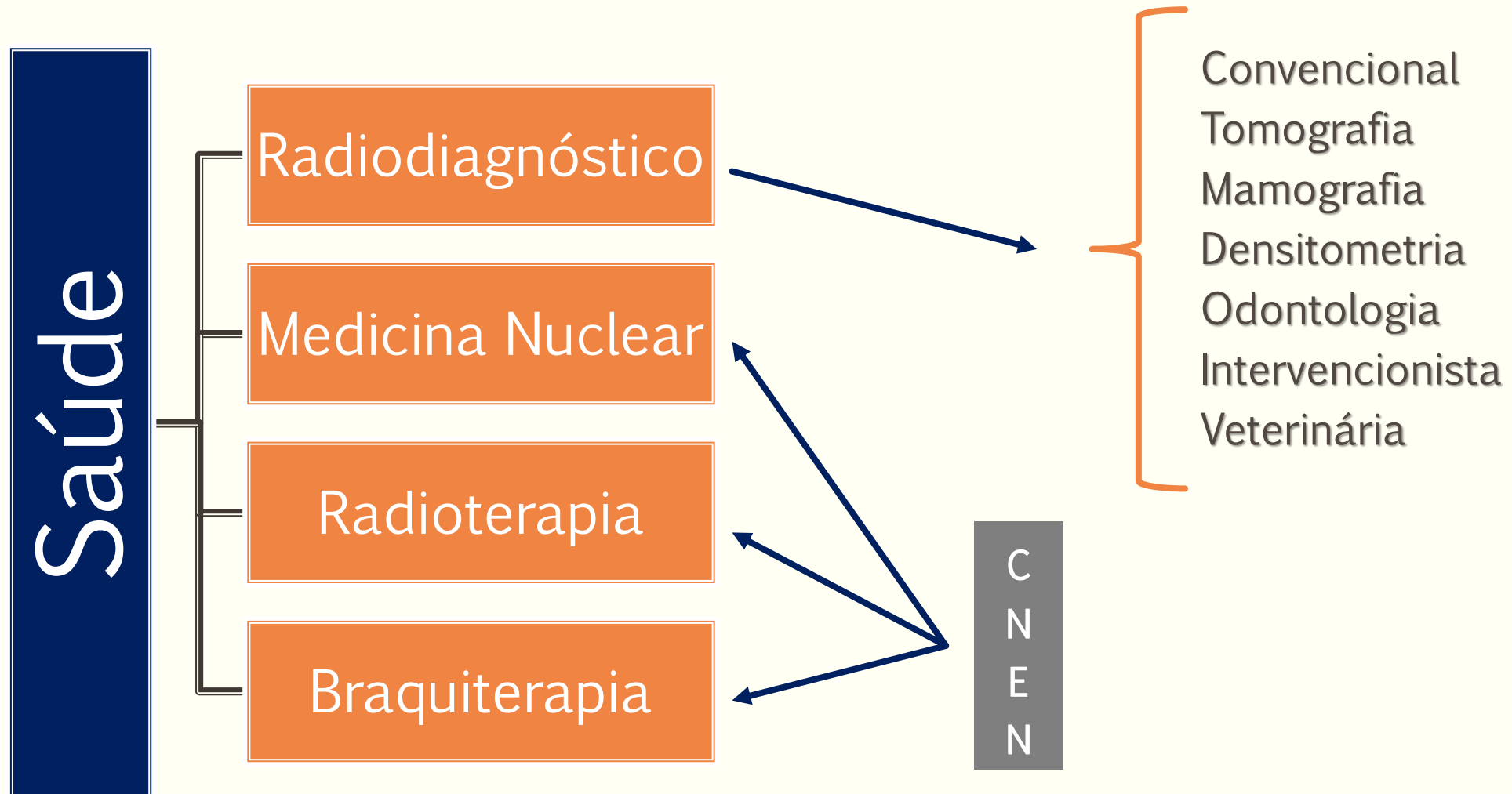


Objetivos

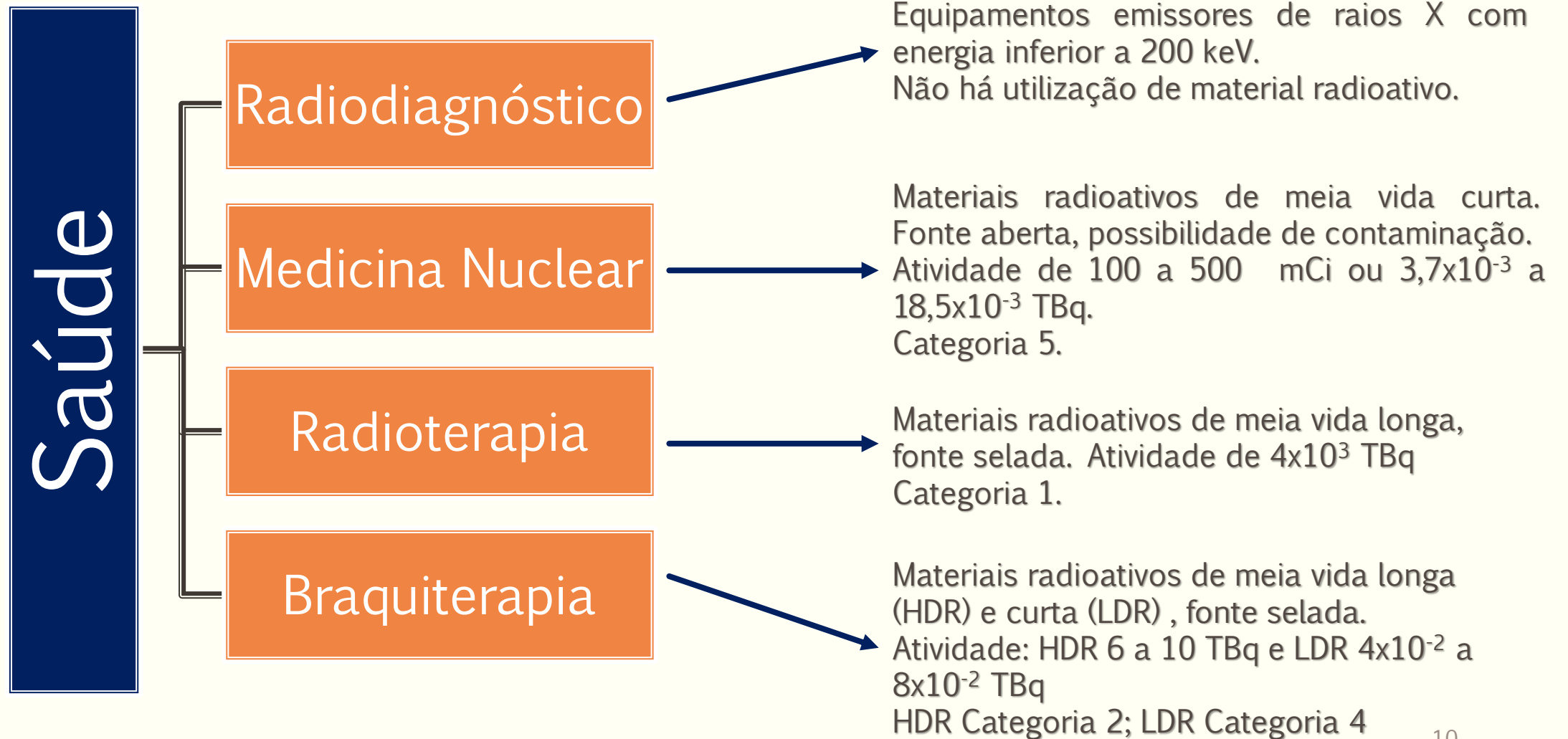
- **Minimizar** os riscos de efeitos biológicos no ser humano
- **Limitar** dose em atividades profissionais
- **Diminuir** a probabilidade de efeitos de longo prazo (câncer, efeitos genéticos, etc)



Áreas de atuação da proteção radiológica na saúde



Fontes de radiação ionizante utilizada na área de saúde



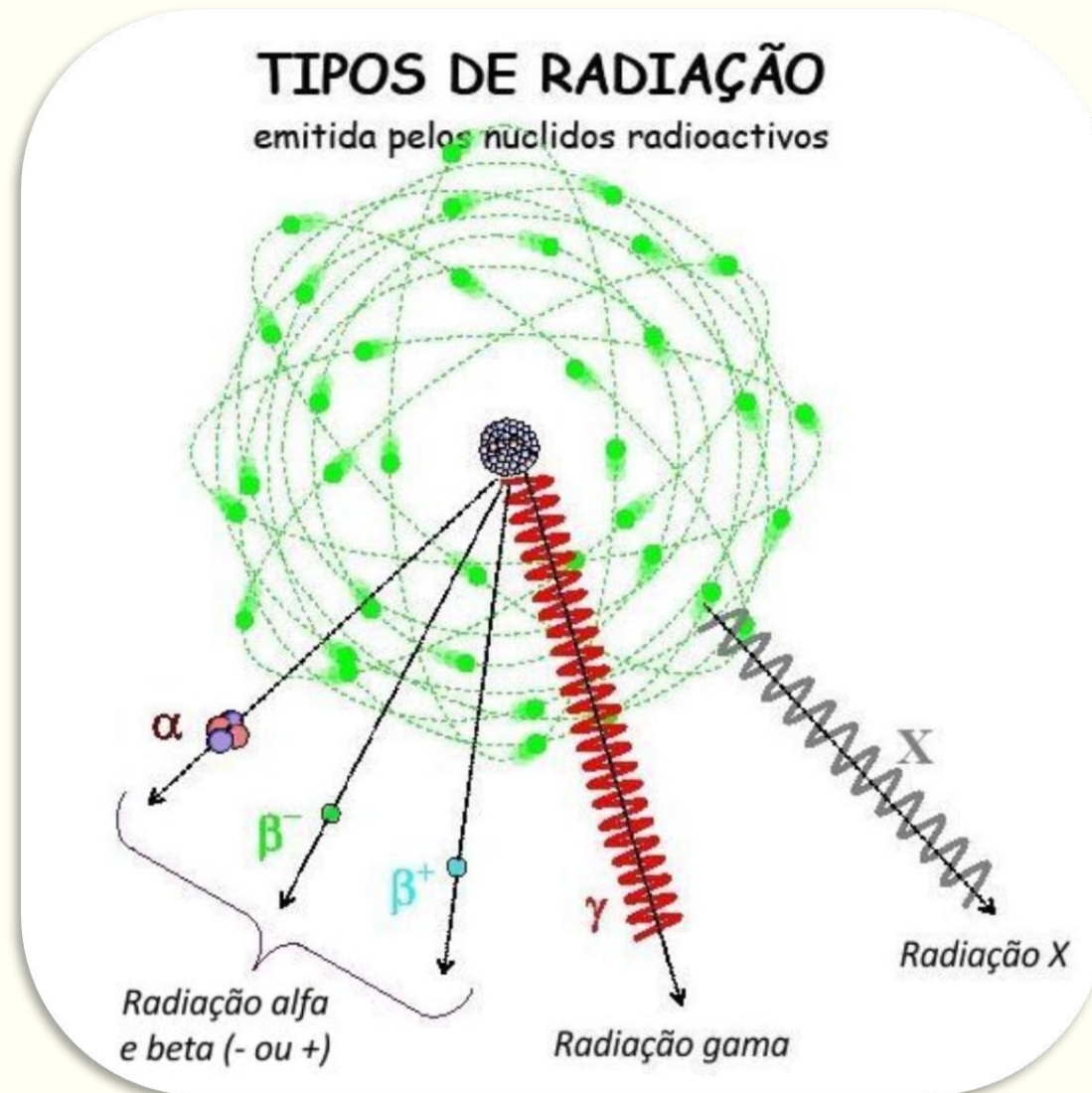
Fontes de radiação ionizante utilizada na área de saúde

Categoria	Fonte	Exemplos	Atividade (TBq)
1	Extremamente perigosa	Radioterapia (^{60}Co)	$4,0 \times 10^3$
2	Muito perigosa	Gamagrafia (^{60}Co , ^{192}Ir e ^{75}Se), Braquiterapia HDR (^{192}Ir e ^{60}Co)	$6,0 \times 10^1 - 1,0 \times 10^2$ $6,0 \times 10^0 - 1,0 \times 10^1$
3	Perigosa	Medidores de nível (^{60}Co e ^{137}Cs)	$5,0 \times 10^0$
4	Provavelmente não perigosa	Medidores de espessura (^{85}Kr e ^{90}Sr), Braquiterapia LDR (^{125}I e ^{198}Au)	$1,0 \times 10^{-1} - 1,0 \times 10^0$ $4,0 \times 10^{-2} - 8,0 \times 10^{-2}$
5	Não perigosa	PET (^{68}Ge)	$3,0 \times 10^{-3}$

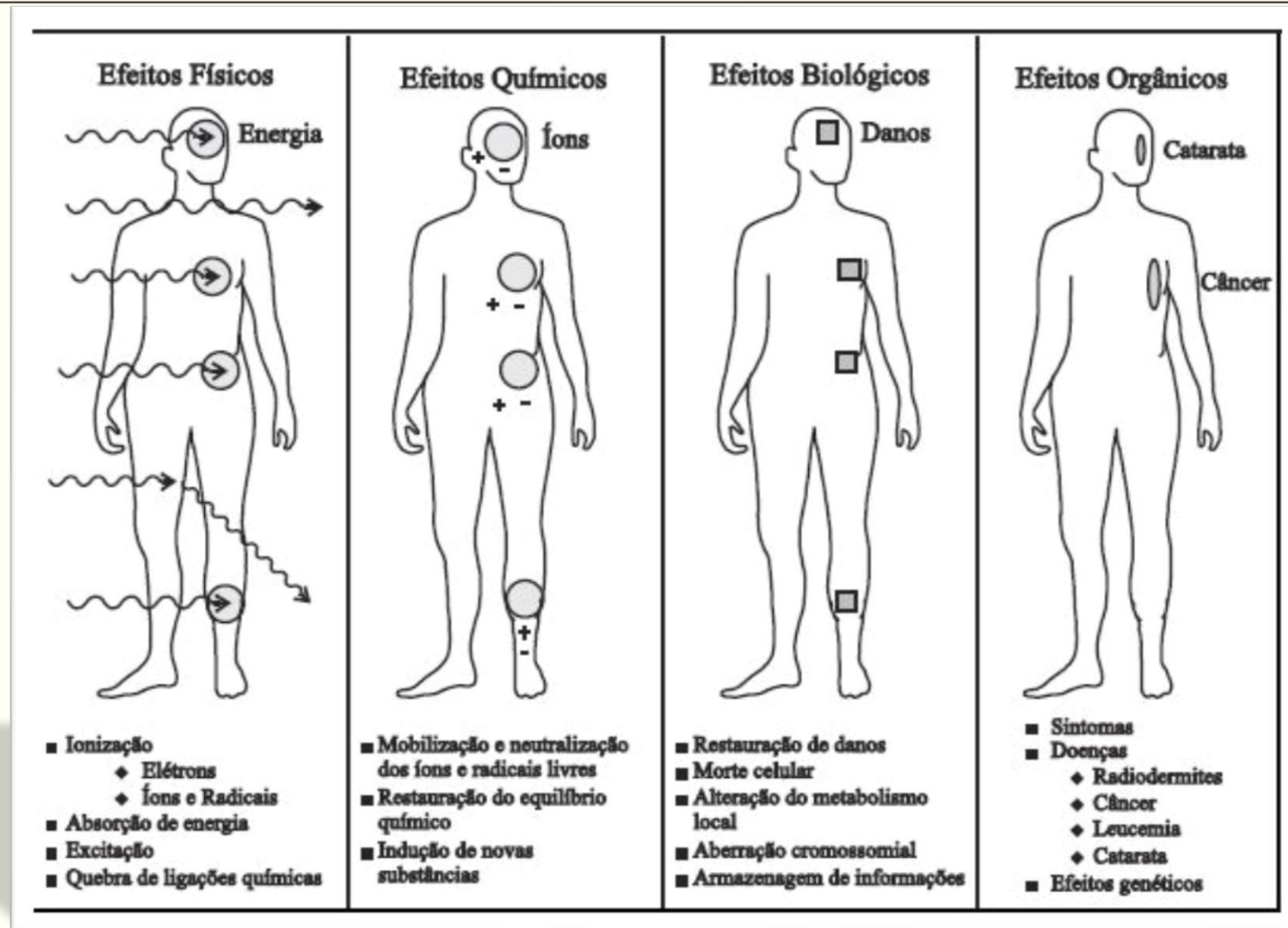
Categorização de fontes pela AIEA
(IAEA -TECDOC-1344)

- ❖ Categoria 1: $(A/D) > 1000$
- ❖ Categoria 2: $(A/D) 10,0 - 1000$
- ❖ Categoria 3: $(A/D) 1,0 - 10,0$
- ❖ Categoria 4: $(A/D) 0,01 - 1,0$
- ❖ Categoria 5: $(A/D) < 0,01$

Etapas de produção e classificação dos efeitos biológicos



Etapas de produção e classificação dos efeitos biológicos



Etapas de produção e classificação dos efeitos biológicos

- Os efeitos radioinduzidos podem receber denominações em função do *valor da dose e forma de resposta*, em função do *tempo de manifestação* e do *nível orgânico* atingido. Assim, em função da dose e forma de resposta, são classificados em estocásticos e determinísticos; em termos do tempo de manifestação, em imediatos e tardios; em função do nível de dano, em somáticos e genéticos (hereditários).

Etapas de produção e classificação dos efeitos biológicos

- Efeito estocástico

- ❖ São efeitos em que a probabilidade de ocorrência é proporcional à dose de radiação recebida, sem a existência de limiar. Isto significa, que doses pequenas, abaixo dos limites estabelecidos por normas e recomendações de proteção radiológica, podem induzir tais efeitos. Entre estes efeitos, destaca-se o câncer.

- Efeito determinístico

- ❖ São efeitos causados por irradiação total ou localizada de um tecido, causando um grau de morte celular não compensado pela reposição ou reparo, com prejuízos detectáveis no funcionamento do tecido ou órgão. *Existe um limiar de dose*, abaixo do qual a perda de células é insuficiente para prejudicar o tecido ou órgão de um modo detectável. Isto significa que, os efeitos determinísticos, são produzidos por doses elevadas, acima do limiar, onde a severidade ou gravidade do dano aumenta com a dose aplicada. *A probabilidade de efeito determinístico, assim definido, é considerada nula para valores de dose abaixo do limiar, e 100%, acima.*

Etapas de produção e classificação dos efeitos biológicos

- Limiares de dose para efeitos determinísticos nas gônadas, cristalino e medula óssea.

TECIDO E EFEITO	LIMIAR DE DOSE		
	Dose Equivalente Total recebida em uma única exposição (Sv)	Dose Equivalente Total recebida numa exposição fracionada ou prolongada (Sv)	Taxa de Dose Anual recebida em exposições fracionadas ou prolongadas por muitos anos (Sv)
<i>Gônadas</i> - esterilidade temporária - esterilidade	0,15 3,5 - 6,0	ND ND	0,40 2,00
<i>Ovários</i> - esterilidade	2,5 - 6,0	6	> 0,2
<i>Cristalino</i> - opacidade detectável - catarata	0,5 - 2,0 5,0	5 > 8	> 0,1 > 0,15
<i>Medula óssea</i> - depressão de hematopoiese	0,5	ND	> 0,4

Etapas de produção e classificação dos efeitos biológicos

- Efeito somático

- ❖ Surgem do dano nas células do corpo e o efeito aparece na própria pessoa irradiada. Dependem da dose absorvida, da taxa de absorção da energia da radiação, da região e da área do corpo irradiada.

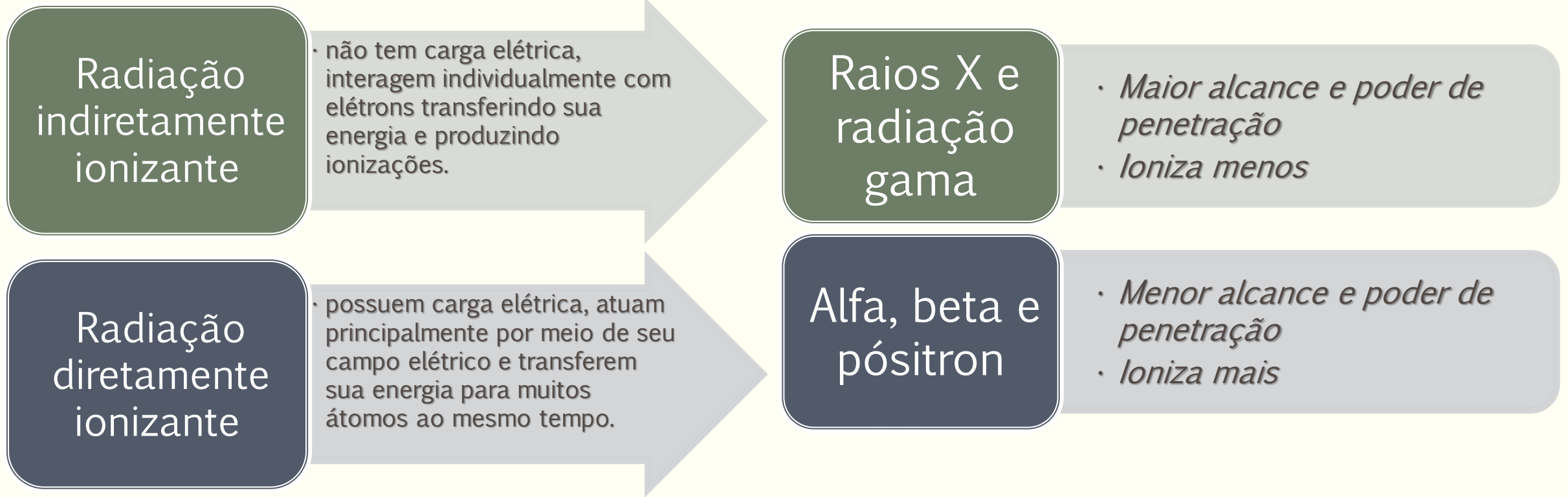
- Efeito genético ou hereditário

- ❖ São efeitos que surgem no descendente da pessoa irradiada, como resultado do dano produzido pela radiação em células dos órgãos reprodutores, as gônadas. Têm caráter cumulativo e independe da taxa de absorção da dose.

- Efeito imediato e tardio

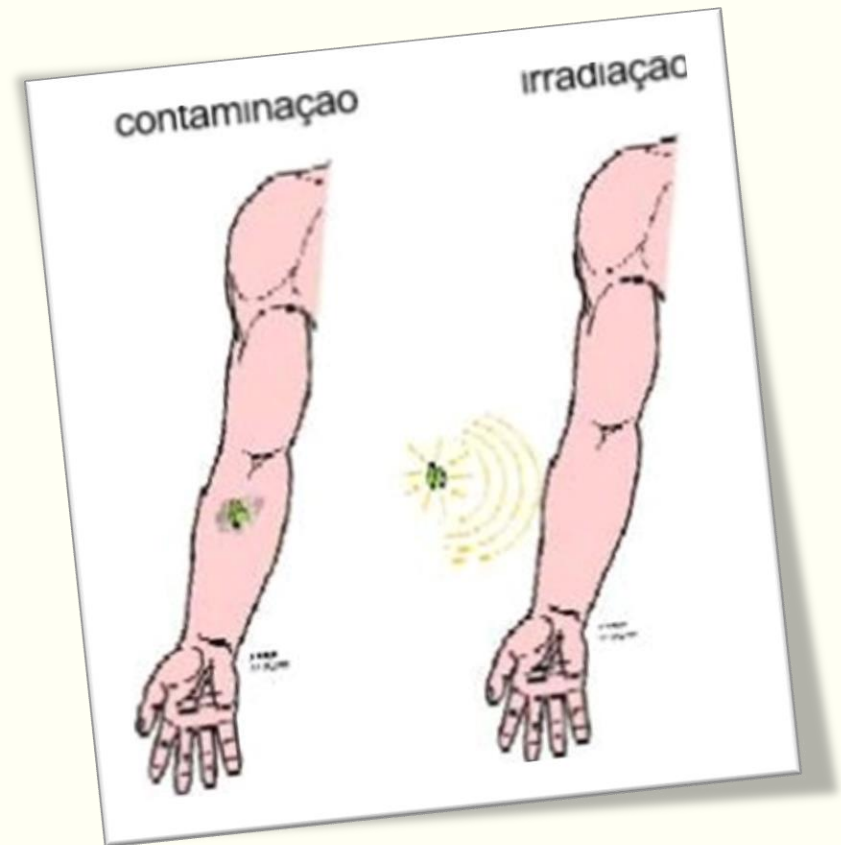
- ❖ Os primeiros efeitos biológicos causados pela radiação, que ocorrem num período de poucas horas até algumas semanas após a exposição, são denominados de efeitos imediatos, como por exemplo, a radiodermite. Os que aparecem depois de anos ou mesmo décadas, são chamados de efeitos retardados ou tardios, como por exemplo, o câncer.

Conceitos fundamentais de proteção radiológica



Conceitos fundamentais de proteção radiológica

- Para haver contaminação tem existir material radioativo no ambiente e a pessoa ou objeto ter contato com o material radioativo.
- De outra maneira o que esta ocorrendo é um processo de irradiação.
- Uma pessoa ou objeto contaminado permanece sofrendo irradiação até que o mesmo seja descontaminado.



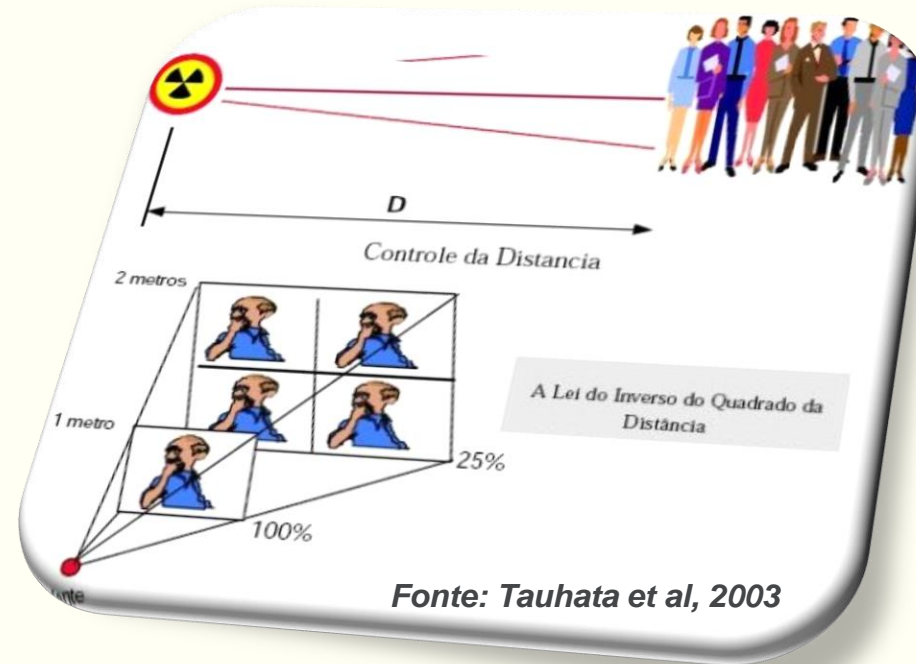
Conceitos fundamentais de proteção radiológica



Fonte: Tauhata et al, 2003

- **Tempo** - A dose acumulada por uma pessoa que trabalha numa área exposta a uma determinada taxa de dose é diretamente proporcional ao tempo em que ela permanece na área. Deve-se sempre ter em mente que quanto menor o tempo de exposição, menores serão os efeitos causados pela radiação.

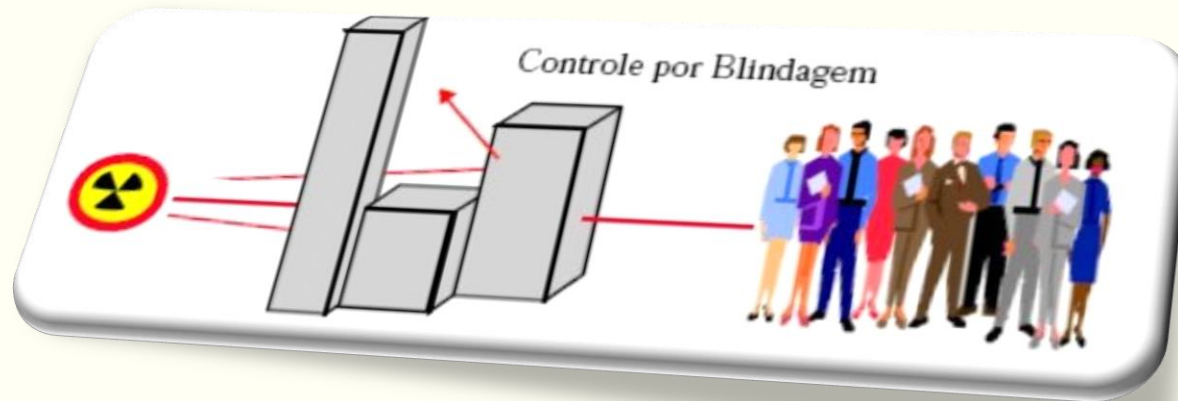
Conceitos fundamentais de proteção radiológica



$$\frac{D_1}{D_2} = \left(\frac{d_2}{d_1}\right)^2$$

- **Distância** - Para uma fonte puntiforme, emitindo radiações em todas as direções, o fluxo, que é proporcional à taxa de dose numa determinada distância da fonte, é inversamente proporcional o quadrado dessa distância.

Conceitos fundamentais de proteção radiológica



Fonte: Tauhata et al, 2003

- **Blindagem** - Denomina-se blindagem a todo sistema destinado a atenuar um campo de radiação por interposição de um meio material entre a fonte de radiação e as pessoas ou objetos a proteger, sendo a blindagem o método mais importante de proteção contra a irradiação externa.

Fonte: Bellintani et al, 2002

Requisitos básicos (Princípios) de proteção radiológica

- Justificação (prática e exposições médicas)
- Limitação da dose individual
- Otimização (da proteção radiológica)



Requisitos básicos (Princípios) de proteção radiológica

■ Justificação (prática e exposições médicas)

- ❖ Nenhuma prática ou fonte adscrita a uma prática deve ser autorizada a menos que produza suficiente benefício para o indivíduo exposto ou para a sociedade, de modo a compensar o detrimento que possa ser causado.
- ❖ Em medicina e odontologia ele deve ser aplicado considerando que deve resultar em benefício real para a saúde do indivíduo e/ou para a sociedade, tendo sido considerada a eficácia de técnicas alternativas disponíveis que não envolvam o uso de radiações ionizantes. E também que a responsabilidade pela aplicação deste princípio é de um médico ou odontólogo (radiologia odontológica).



Requisitos básicos (Princípios) de proteção radiológica – Limitação de dose individual

Limites de Dose Anuais [a]			
Grandeza	Órgão	Indivíduo ocupacionalmente exposto	Indivíduo do público
Dose efetiva	Corpo inteiro	20 mSv [b]	1 mSv [c]
Dose equivalente	Cristalino	20 mSv [b] <i>(Alterado pela Resolução CNEN 114/2011)</i>	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.

CNEN NN-3.01

Requisitos básicos (Princípios) de proteção radiológica

- Otimização (da proteção radiológica)
 - ❖ Este princípio de proteção radiológica ocupacional estabelece que todas as exposições devem ser mantidas tão baixas quanto razoavelmente exequíveis (ALARA: As Low As Reasonably Achievable)
 - ❖ Estudos epidemiológicos e radiobiológicos em baixas doses mostraram que não existe um limiar real de dose para os efeitos estocásticos. Assim, qualquer exposição de um tecido envolve um risco carcinogênico, dependendo da radiosensibilidade desse tecido por unidade de dose equivalente (coeficiente de risco somático). Além disso, qualquer exposição das gônadas pode levar a um detrimento genético nos descendentes do indivíduo exposto.
 - *Portaria ANVISA 453/98, capítulo 2 art. 2.6 - 2.10 e Norma CNEN NN 3.01 tópico 5 art. 5.4.3*

Requisitos básicos (Princípios) de proteção radiológica

- Otimização (da proteção radiológica)
 - ❖ *Restrição de dose (PR-3.01/004)* : Com a finalidade de garantir um nível adequado de proteção individual para cada IOE, deve ser estabelecido, como condição limitante do processo de otimização da proteção radiológica, um valor de restrição de dose. Ex.: no radiodiagnóstico a ANVISA estabeleceu para áreas controladas o valor de 5,0 mSv/ano como restrição de dose e 0,5 mSv/ano para área livre.
 - ❖ *Níveis de referência (CNEN NN-3.01)* 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.

Requisitos básicos (Princípios) de proteção radiológica

- Otimização (da proteção radiológica) – Níveis de referência
 - ❖ *Nível de registro*: monitoração individual mensal de IOE deve ser igual ou inferior a 0,20 mSv/mês para dose efetiva (CNEN NN-3.01) e 0,10 mSv/mês (ANVISA Portaria 453/98).
 - ❖ *Nível de investigação*: monitoração individual de IOE deve ser, para dose efetiva, 6 mSv por ano ou 1 mSv em qualquer mês (CNEN NN-3.01) e 1,5 mSv/mês (ANVISA Portaria 453/98).
 - ❖ *Nível de intervenção*: valor de dose que leva a uma ação de proteção em situação de emergência ou exposição crônica. Valores que indiquem que o limite anual será alcançado são mandatários para uma intervenção. Assim valores de dose superiores a 4 mSv/mês devem sofrer intervenção pelo responsável pela proteção radiológica.
 - ❖ *Nível de ação*: valores de taxa de dose, 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.

Legislação de proteção radiológica:

- Portaria 453/98 ANVISA e
- Norma CNEN NN-3.01 e posições regulatórias

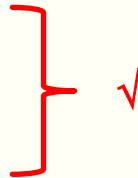


Legislação de proteção radiológica: Portaria 453/98 da ANVISA

- Este regulamento estabelece as diretrizes básicas de proteção radiológica em radiodiagnóstico médico e odontológico, dispões sobre o uso dos raios-X diagnósticos em todo território nacional.
 - Este Regulamento deve ser adotado em todo território nacional e observado pelas pessoas físicas e jurídicas, de direito privado e público, envolvidas com a utilização dos raios X diagnósticos.
 - Estrutura
 - ❖ Capítulo 1 - Disposições gerais
 - ❖ Capítulo 2 - Sistema de Proteção Radiológica
 - ❖ Capítulo 3 - Requisitos Operacionais
 - ❖ Capítulo 4 - Requisitos Específicos para Radiodiagnóstico Médico
 - ❖ Capítulo 5 - Requisitos Específicos para Radiologia Odontológico
- *Obs. Na referência técnica para funcionamento dos serviços sanitários da ANVISA esta descrito que todo estabelecimento que mantiver equipamentos de raios X deve incluir em seu alvará deve incluir em seu alvará a atividade de serviço de diagnóstico por imagem com uso de radiação ionizante e cumprir o estabelecido na portaria 453/98 da ANVISA.*

Legislação de proteção radiológica: Portaria 453/98 da ANVISA

- Princípios Básicos que regem este Regulamento: (Cap. 02)
 - ❖ Justificação da prática;
 - ❖ Otimização da proteção Radiológica;
 - ❖ Limitação de doses individuais;
 - ❖ Prevenção de Acidentes.
- Responsabilidades básicas (Cap. 03)
 - ❖ Titulares e Empregadores
 - ❖ Responsável Técnico
 - ❖ Supervisor de Proteção Radiológica
 - ❖ Técnicos e Auxiliares
- Controle das áreas do serviço de radiodiagnóstico (Cap. 03)
- Controle ocupacional (Cap. 03)
- Memorial descritivo (Cap. 03)
- Requisitos específicos do radiodiagnóstico médico e odontológico (Cap. 04 e 05)



Legislação de proteção radiológica: Portaria 453/98 da ANVISA

- Responsabilidades básicas - *Titulares e empregadores*:
 - ❖ Assegurar que estejam disponíveis os profissionais necessários em número e com qualificação para conduzir os procedimentos radiológicos, bem como proteção radiológica;
 - ❖ Manter as instalações e seus equipamentos de raios-X nas condições exigidas neste regulamento;
 - ❖ Prover monitoração individual e o controle de saúde dos IOE;
 - ❖ Prover as vestimentas de proteção individual para a proteção dos pacientes, da equipe e de eventuais acompanhante;
 - ❖ Nomear um médico da equipe como Responsável Técnico (RT) para responder pelos procedimentos radiológicos.

Legislação de proteção radiológica: Portaria 453/98 da ANVISA

- Responsabilidades básicas - *Responsável técnico*:
 - Responsabilizar-se pelos procedimentos radiológicos a que são submetidos os pacientes;
 - Elaborar e revisar as tabelas de exposição para cada equipamento de raios-X do serviço; (*Médico* ????)*
 - Orientar e supervisionar as atividades da equipe no que se refere às técnicas e procedimentos radiológicos.

Legislação de proteção radiológica: Portaria 453/98 da ANVISA

- Responsabilidades básicas - Supervisor de Proteção Radiológica:
 - ❖ Certificar a segurança das instalações durante o planejamento, construção e/ou modificação.
 - ❖ Estabelecer, em conjunto com o RT, os procedimentos seguros de operação dos equipamentos e assegurar que os operadores estejam instruídos sobre os mesmos.
 - ❖ Implementar o programa de garantia da qualidade e manter os assentamentos dos dados obtidos, incluindo informações sobre ações corretivas.
 - ❖ Revisar e atualizar periodicamente os procedimentos operacionais de modo a garantir a otimização da proteção radiológica.
 - ❖ Elaborar e manter atualizado o memorial descritivo de proteção radiológica.
 - ❖ Coordenar o programa de treinamento periódico da equipe sobre os aspectos de proteção radiológica e garantia de qualidade.

Legislação de proteção radiológica: Portaria 453/98 da ANVISA

- Responsabilidades básicas – Técnico e auxiliares:
 - ❖ Executar suas atividades em conformidade com a Portaria e com as instruções do RT e do SPR;
 - ❖ Realizar apenas exposições autorizadas;
 - ❖ Atuar no programa de qualidade, segundo instruções do SPR;
 - ❖ Assentar os procedimentos radiográficos realizados.

a portaria 453, por ser de 1998, não menciona em seu texto os Tecnólogos em Radiologia e este fato é de grande importância para uma revisão da mesma.

Legislação de proteção radiológica: Portaria 453/98 da ANVISA

- Controle de áreas de um serviço de radiodiagnóstico:
 - ❖ Os ambientes do serviço devem ser delimitados e classificados em áreas livres (0,5mSv/ano) ou em áreas controladas (5mSv/ano); (art. 3.45)
 - ❖ As salas onde se realizam os procedimentos radiológicos e a sala de comando devem ser classificadas como áreas controladas; (art. 3.41)
 - ❖ Os ambientes classificados como áreas controladas devem possuir medidas específicas de proteção e segurança; (art. 3.40)
 - ❖ Em instalações de radiodiagnóstico, toda circunvizinhança da área controlada deve ser classificada como área livre, sob o aspecto de proteção radiológica. (art. 3.42)

Legislação de proteção radiológica: Portaria 453/98 da ANVISA

■ Controle ocupacional

- ❖ Todo trabalhador com raios-X diagnósticos deve usar, durante o trabalho em área controlada dosímetro individual de leitura direta; (art. 3.47b)
- ❖ Utilizando avental plumbífero, o dosímetro deve ser colocado sobre o avental; (art. 3.47e)
- ❖ Os dosímetros devem ser mantidos em local seguro, em condições adequadas de armazenamento e afastados de fonte de radiação ionizante; (art. 3.47g)
- ❖ Os dosímetros devem ser obtidos apenas em laboratórios credenciados pela CNEN.(art. 3.47k)
- ❖ Os titulares devem providenciar a investigação dos casos de doses efetivas mensais superiores a 1,5 mSv.(art. 3.47i)

Legislação de proteção radiológica: Portaria 453/98 da ANVISA

▪ Controle de saúde

- ❖ Todo indivíduo ocupacionalmente exposto deve estar submetido a um programa de controle de saúde baseado nos princípios gerais de saúde ocupacional.(art. 3.48a)
- ❖ Exames periódicos de saúde não podem ser utilizados para substituir ou complementar o programa de monitoração individual.(art. 3.48b)
- ❖ Ocorrendo exposição acidental com dose equivalente acima do limiar para efeitos determinísticos, o titular deve encaminhar o indivíduo para acompanhamento médico e, se necessário, com o aconselhamento de um médico especialista com experiência ou conhecimento específico sobre as consequências e tratamentos de efeitos determinísticos da radiação.(art. 3.48b)

Legislação de proteção radiológica: Portaria 453/98 da ANVISA

▪ Controle de saúde

❖ *Observar a norma regulamentadora N.7 do MTE.*

- Estabelece o programa de controle médico e saúde ocupacional (PCMSO)
- Determina que as empresas devem realizar exames médicos obrigatórios nos funcionários. São eles:
- Exame admissional, exame periódico, retorno ao trabalho, mudança de função, exame demissional.
- Exames complementares também poderão ser solicitados a critério do médico do trabalho, dependendo do grau de risco da empresa e agentes agressores presentes no ambiente de trabalho.
- Existirão exames específicos para cada risco que o trabalho possa gerar.

Legislação de proteção radiológica: Portaria 453/98 da ANVISA

■ Restrição de dose em exposição médica (art. 3.49a,b,c)

- ❖ Os exames de radiodiagnóstico devem ser realizados de modo a considerar os níveis de referência de radiodiagnóstico apresentados no Anexo A deste Regulamento.
- ❖ Os níveis de referência de radiodiagnóstico devem ser utilizados de modo a permitir a revisão e adequação dos procedimentos e técnicas quando as doses excederem os valores especificados (como parte do programa de otimização)
- ❖ Os níveis de referência apresentados neste Regulamento foram obtidos apenas para paciente adulto típico.

Níveis de Referência de Radiodiagnóstico

TABELA A1. Níveis de referência de radiodiagnóstico por radiografia para paciente adulto típico

	EXAME	DEP (mGy)*
Coluna lombar	AP	10
	LAT	30
	JLS	40
Abdômen, urografia e colecistografia	AP	10
	AP	10
Bacia	AP	10
Tórax	PA	0,4
	LAT	1,5
Coluna Torácica	AP	7
	LAT	20
Odontológico	Periapical	3,5**
	AP	5
Crânio	AP	5
	LAT	3
Mama***	CC com grade	10
	CC sem grade	4

Notas: PA: projeção pósterio-anterior; AP: projeção antero-posterior; LAT: projeção lateral; CC: projeção crânio-caudal; JLS: junção lombo-sacro.

(*) DEP, dose de entrada da pele. Estes valores são para receptor de imagem de sensibilidade média, velocidade relativa de 200. Para combinações filme-tela mais rápidas (400-600) estes valores devem ser reduzidos por um fator de 2 a 3.

(**) para filme do grupo E.

(***) determinada em uma mama comprimida de 4,5 cm para sistema tela-filme e uma unidade com anodo e filtração de molibdênio.

Legislação de proteção radiológica: Portaria 453/98 da ANVISA

■ Memorial descritivo

❖ O memorial descritivo de proteção radiológica deve conter, no mínimo:

- *Descrição do estabelecimento e de suas instalações,*
- *Programa de proteção radiológica,*
- *Relatórios de aceitação da instalação.*

■ *Descrição do estabelecimento e de suas instalações,*

- ❖ identificação do serviço e seu responsável legal;
- ❖ relação dos procedimentos radiológicos implementados;
- ❖ descrição detalhada dos equipamentos e componentes, registro de imagem, câmara escura e processamento.

Legislação de proteção radiológica: Portaria 453/98 da ANVISA

- *Programa de proteção radiológica,*
 - ❖ relação nominal de toda a equipe, suas atribuições e responsabilidades, com respectiva qualificação;
 - ❖ programa de treinamento periódico;
 - ❖ programa de monitoração de área incluindo verificação das blindagens;
 - ❖ programa de monitoração individual e controle de saúde ocupacional;
 - ❖ descrição das vestimentas de proteção individual, com respectivas quantidades por sala;
- *Relatórios de aceitação da instalação*
 - ❖ relatório do teste de aceitação do equipamento de raios X, emitido pelo fornecedor;
 - ❖ relatório de levantamento radiométrico, emitido por especialista em física de radiodiagnóstico (ou certificação equivalente), comprovando a conformidade estabelecida neste Regulamento;
 - ❖ certificado de adequação da blindagem do cabeçote emitido pelo fabricante.

Legislação de proteção radiológica: Portaria 453/98 da ANVISA

- Requisitos específicos para radiodiagnóstico médico - Capítulo 4
 - ❖ Quando o comando estiver dentro da sala de raios-x, é permitido que a cabine seja aberta ou que seja utilizado um biombo fixo no piso e com altura mínima de 210 cm, desde que a área de comando não seja atingida diretamente pelo feixe espalhado pelo paciente; (art.4.3)
 - ❖ Junto ao painel de controle de cada equipamento de raios-X deve ser mantido um protocolo de técnicas radiográficas;(art.4.4)
 - ❖ Sinalização visível na face exterior das portas de acesso; (art.4.3)
 - ❖ Não é permitida a instalação de mais de um equipamento de raios-X por sala,(art.4.6)
 - ❖ O técnico deve manter-se dentro da cabine de comando e observar o paciente durante o exame radiográfico;(art.4.26)
 - ❖ Nunca segurar chassis com as mãos durante exposição; (art.4.34)

Legislação de proteção radiológica: Portaria 453/98 da ANVISA

- Requisitos específicos para radiodiagnóstico médico - Capítulo 4
 - ❖ Evitar que qualquer parte do corpo seja atingida pelo feixe primário sem estar protegida por 0,5mm equivalente de Pb; (art.4.30)
 - ❖ Proteger-se da radiação espalhada por vestimenta ou barreiras protetoras; (art.4.26)
 - ❖ O controle de qualidade previsto no programa de garantia de qualidade, deve incluir o seguinte conjunto mínimo de testes de constância, com a seguinte frequência mínima: (art. 4.45)
 - Testes bianuais (Ex.: dose em pacientes em radiografia), anuais (Ex.: testes de exatidão, reprodutibilidade e linearidade de parâmetros dos equipamentos), semestrais (Ex.: exatidão do sistema de colimação), semanais (Ex.: sensitometria do processamento).

Legislação de proteção radiológica: Portaria 453/98 da ANVISA

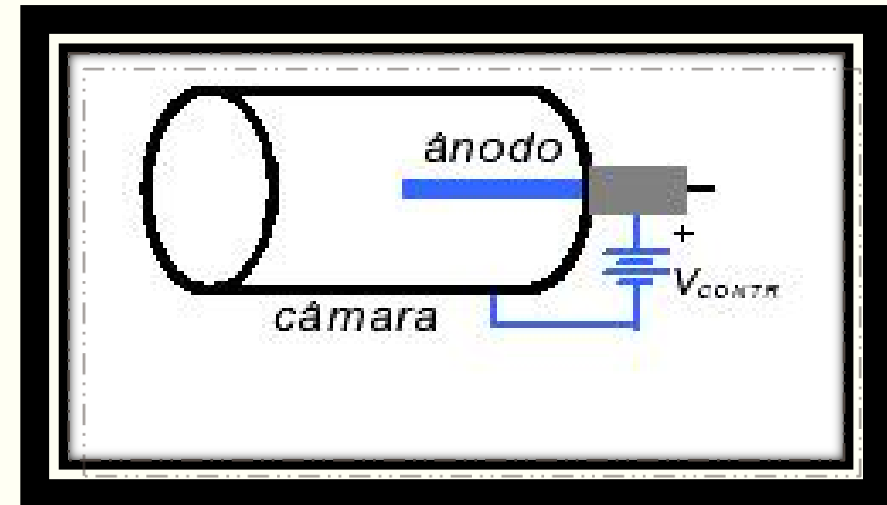
- Requisitos específicos para radiodiagnóstico médico - Capítulo 4
 - ❖ Para mamografia, os testes relativos ao processamento devem ser realizados diariamente e os cassetes, limpados semanalmente. (art. 4.47)
 - ❖ Em cada equipamento de mamografia, deve ser realizada mensalmente uma avaliação da qualidade de imagem com um fantoma mamográfico equivalente ao adotado pelo ACR. Não devem ser realizadas mamografias em paciente se o critério mínimo não for alcançado. As imagens devem ser arquivadas e mantidas à disposição da autoridade sanitária local. (art. 4.48)
 - ❖ Padrões de desempenho dos testes de constância. (art. 4.49)

Legislação de proteção radiológica: Portaria 453/98 da ANVISA

- Requisitos específicos para radiodiagnóstico Odontológico - Capítulo 5
 - ❖ Em adição aos requisitos gerais aplicáveis, dispostos nos Capítulos 1, 2 e 3, os estabelecimentos que empregam os raios-x em odontologia devem obedecer às exigências definidas neste Capítulo. (art. 5.1)
 - ❖ O equipamento de radiografia intra-oral deve ser instalado em ambiente (consultório ou sala) com dimensões suficientes para permitir à equipe manter-se à distância de, pelo menos, 2 m do cabeçote e do paciente. (art. 5.2)
 - ❖ O equipamento de radiografia extra-oral deve ser instalado em sala específica, atendendo aos mesmos requisitos do radiodiagnóstico médico. (art 5.3)
 - ❖ Para cada equipamento de raios-x deve haver uma vestimenta plumbífera que garanta a proteção do tronco dos pacientes, incluindo tireóide e gônadas, com pelo menos o equivalente a 0,25 mm de chumbo. (art. 5.5)
 - ❖ A fim de reduzir a dose no paciente, devem ser adotados os seguintes procedimentos é proibido o uso de sistema de acionamento de disparo com retardo. (art. 5.8h)

Detectores de radiação ionizante e dosímetros

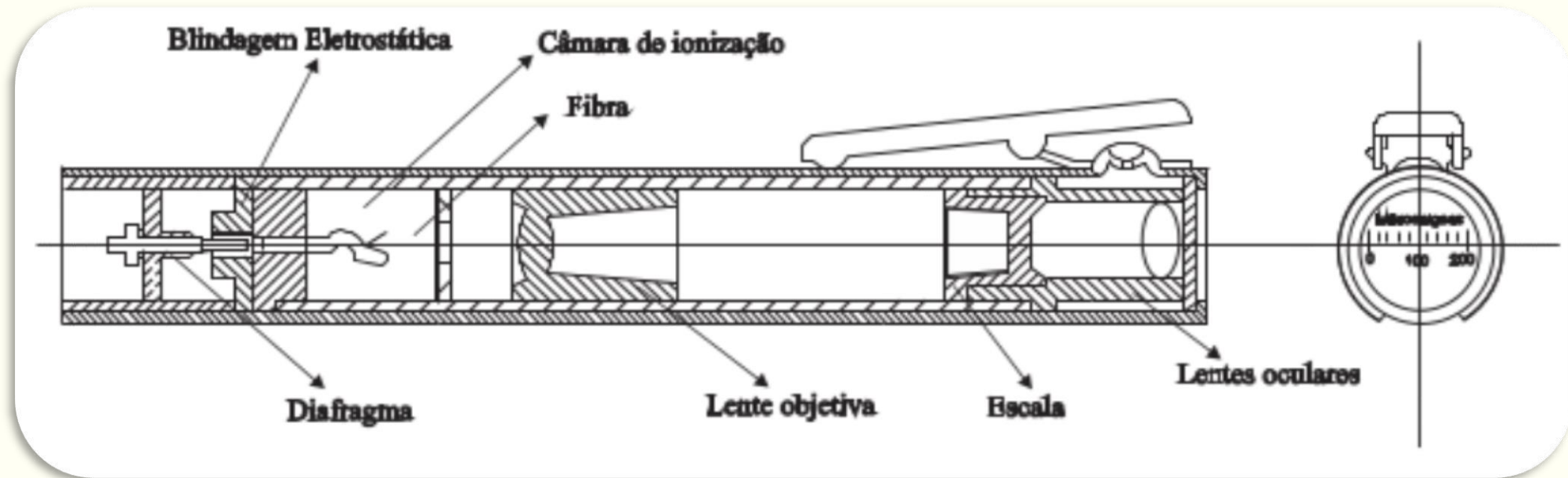
- Detectores à gás
 - Câmara metálica (cheia de gás), que faz papel do cátodo, e um fio positivamente polarizado, que serve de ânodo.
 - A radiação ionizante gera pares de íons que são coletados no filamento central e uma corrente elétrica é gerada e medida por um circuito externo



Detectores de radiação ionizante e dosímetros

- Monitores a gás
 - ❖ *Câmara de Ionização*: A corrente gerada é função do no de interações com os fótons incidentes e a altura do sinal proporcional a energia. A resposta de uma câmara de ionização é influenciada pela energia do feixe de fótons.
 - ❖ *Proporcional*: O sinal gerado é função do no de interações multiplicado por um fator cte e a altura do sinal é proporcional a energia. Assim como a câmara de ionização, o proporcional tem sua resposta influenciada pela energia feixe de fótons.
 - ❖ *Geiger-Müller*: O sinal gerado é função de uma avalanche de elétrons gerados, não podendo saber pela altura do sinal a energia da radiação incidente. Sua resposta reflete a quantidade de ionizações que ocorreram independente da energia do feixe de fótons.

Detectores de radiação ionizante e dosímetros

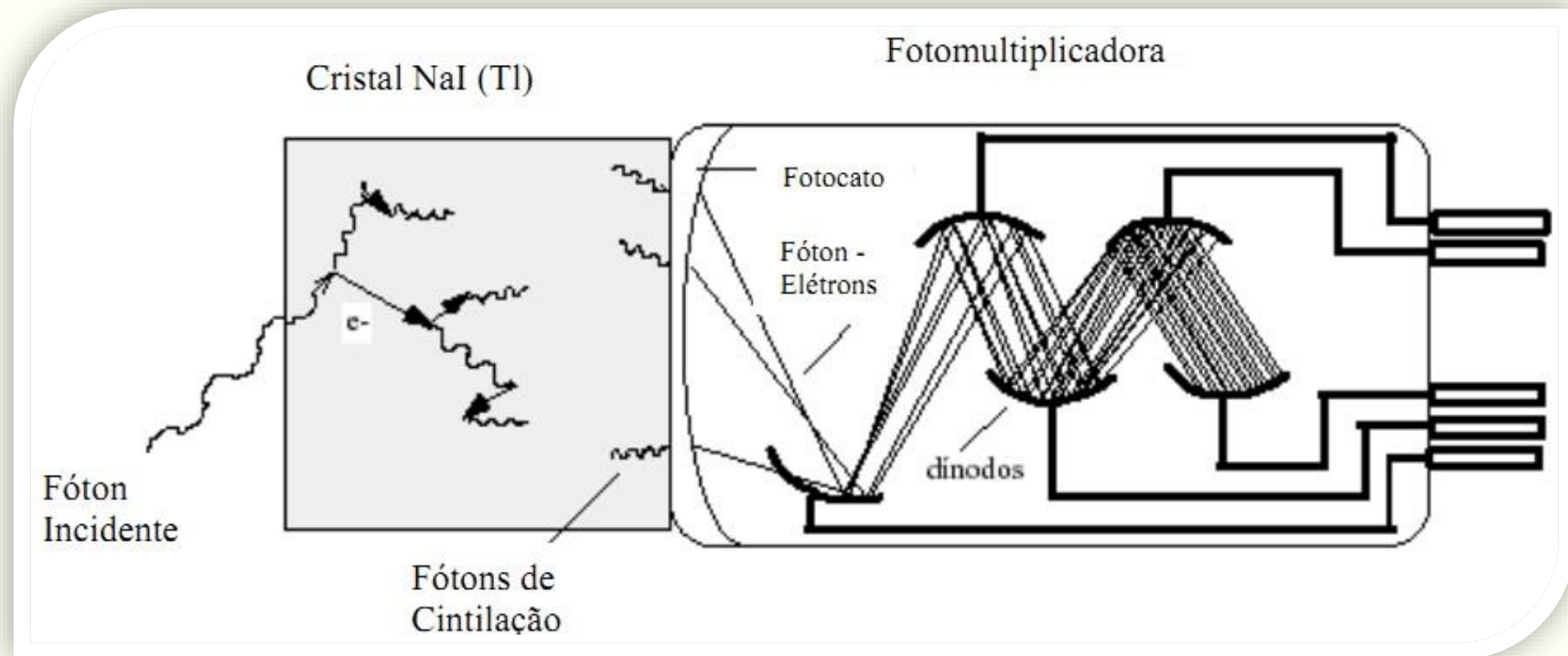


Caneta dosimétrica, dosímetro de leitura direta.

Detectores de radiação ionizante e dosímetros

▪ Detectores cintiladores

- ❖ Utilizam materiais que podem absorver a energia cedida pelas radiações ionizantes e convertê-las em luz (NaI, CsI, LaBr₃, etc.). Esses monitores utilizam materiais cintiladores acoplados opticamente a uma fotomultiplicadora e circuitos eletrônicos.

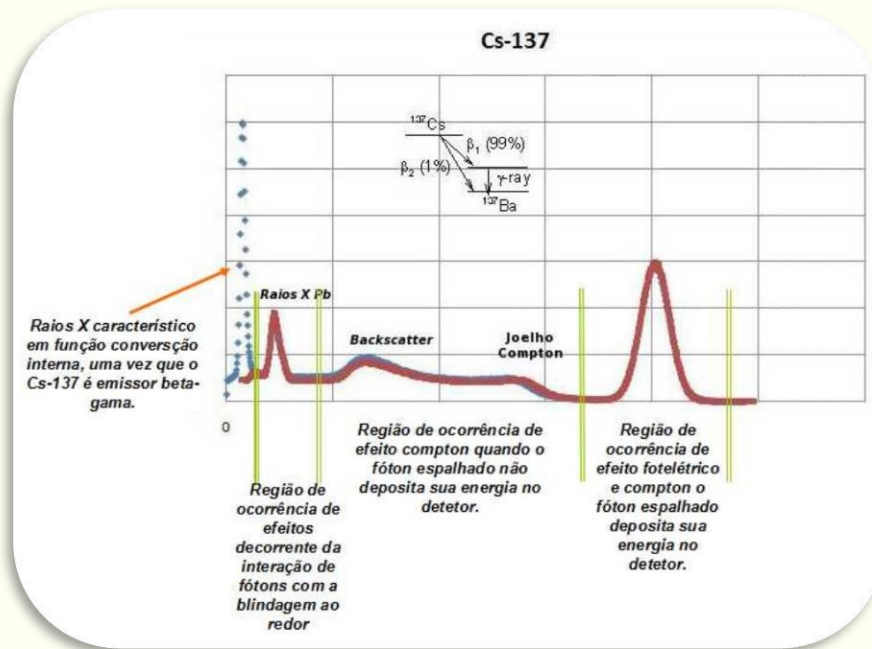


Detectores de radiação ionizante e dosímetros

- Qualquer medidor ou monitor de radiação ionizante é capaz de mensurar a quantidade de ionização produzida no meio de detecção e assim dar sua resposta em exposição $X = dQ/dm$ (R ou C/kg).
- Quando o mesmo consegue mensurar ou medir a influencia da energia dos fótons na sua resposta, este passa a ser capaz de mensurar ou medir dose absorvida $D = dE/dm$ (J/kg ou Gy) e kerma $K = dE_{tr}/dm$ (J/kg ou Gy). É o caso dos detectores à gás tipo câmara de ionização e proporciona, assim como dos detectores cintiladores e semicondutores.
- E ainda quando o sistema de medição é capaz de mensurar ou medir o efeito fotoelétrico, medindo assim toda a energia transferida ao meio detector, este sistema de medição funciona como um identificador radiológico ou nuclear, pois é capaz de identificar o material radioativo que emitiu a radiação ionizante. É o caso dos detectores em estado sólido tipo cintiladores e semicondutores.

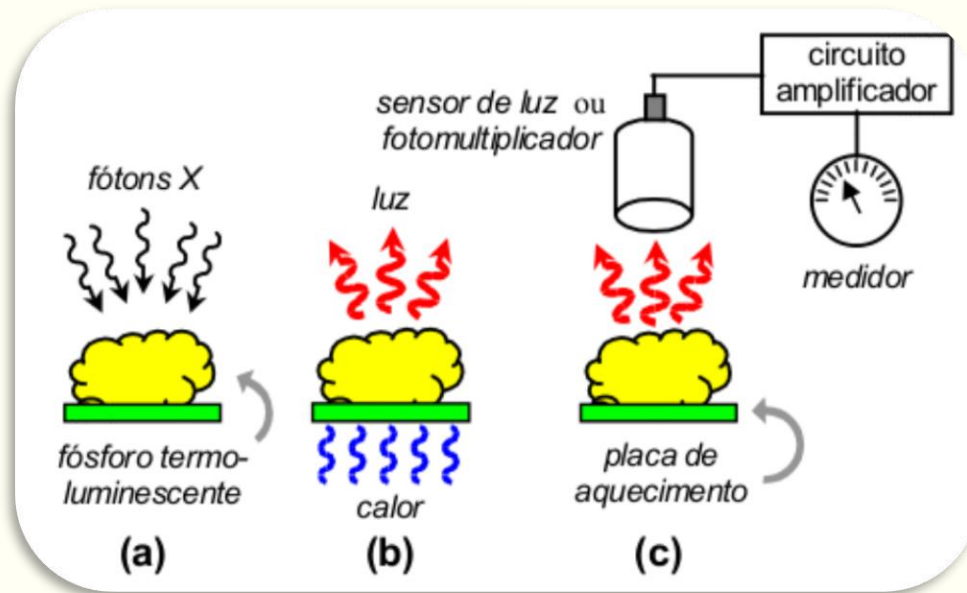
Detectores de radiação ionizante e dosímetros

- Detectores de cintilação



Detectores de radiação ionizante e dosímetros

Dosímetros termoluminescentes



Efeito da radiação no material termoluminescente:
(a) incidência de raios X;
(b) aquecimento do TLD;
(c) leitura da luz emitida.






Classificação de áreas e controle de dose ocupacional

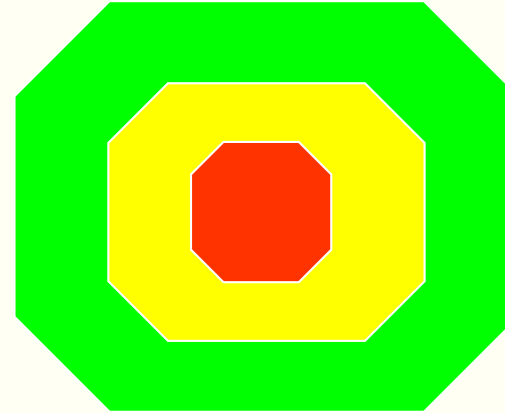
- O sistema de classificação de áreas é proposto para auxiliar o controle das exposições ocupacionais. Considera a designação dos locais de trabalho em dois tipos de áreas: áreas controladas e áreas supervisionadas.
- A definição dessas áreas deve levar em conta o discernimento e a experiência operacional. Em locais onde a possibilidade de contaminação por materiais radioativos é remota, as áreas podem ser, algumas vezes, definidas em termos da taxa de dose em seus contornos. O uso de fontes móveis demanda alguma flexibilidade na definição dessas áreas.
- As áreas devem ser classificadas sempre que houver previsão de exposição ocupacional e definidas claramente no Plano de Proteção Radiológica (PPR). Essa classificação deve ser revista, sempre que necessário, em função do modo de operação ou de qualquer modificação que possa alterar as condições de exposição normal ou potencial.

Classificação de áreas e controle de dose ocupacional

- *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. Deve obedecer aos limites doses ocupacionais estabelecidos em norma.
- *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. Devem ser estabelecidos valores doses que sejam superiores ao limite aplicado ao público (1,0 mSv/ano) e serem menores que os limites estabelecidos para os IOEs.
 - ❖ *obs.: para a área de radiodiagnóstico não se estabelece área supervisionada pois os valores definidos pela ANVISA para as áreas controladas (5,0 mSv/ano) e livres (0,5 mSv/ano) obedecem o conceito de restrição de dose.*
- *Área livre* - qualquer área que não seja classificada como área controlada ou área supervisionada. Devem obedecer os limites de doses estabelecidos para público.

Classificação de áreas e controle de dose ocupacional

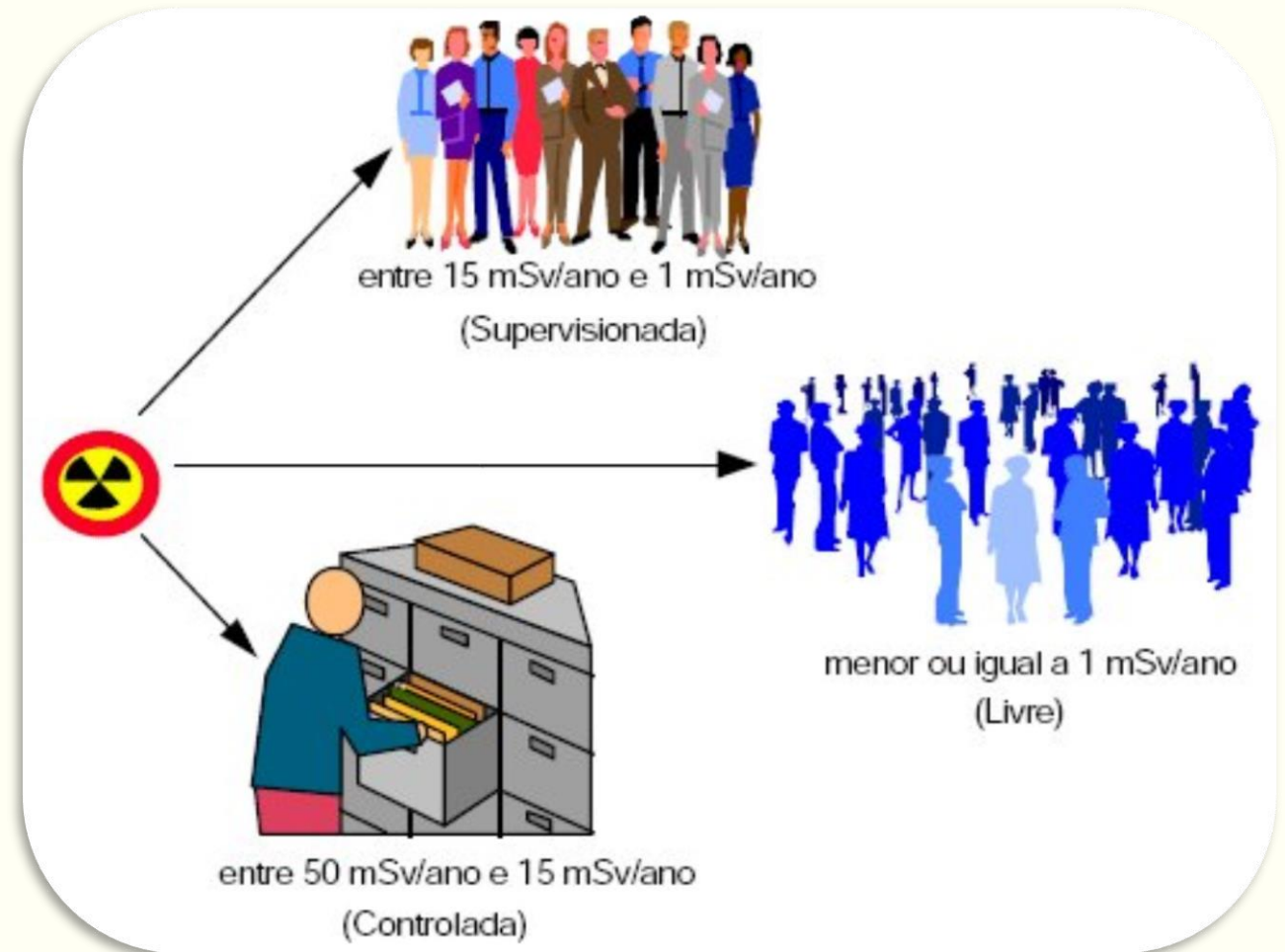
-  *Área livre*
-  *Área supervisionada*
-  *Área controlada*



- Deve ser classificada como área livre qualquer área da instalação que não seja classificada como área controlada ou área supervisionada.
- Em condições normais de operação, a dose para indivíduos nas áreas livres não deve ultrapassar o limite previsto para indivíduos do público, isto é, 1 mSv/ano ou fração proporcional ao tempo de permanência na área.

Classificação de áreas e controle de dose ocupacional

- Na falta de maiores informações para se estabelecer as fronteiras entre as áreas livres, supervisionadas e controladas pode-se adotar as referências da figura, mas sempre deve-se dar preferência a realização de uma avaliação do ambiente e das condições operacionais para se estabelecer estes valores.



Classificação de áreas e controle de dose ocupacional

- Informações de relevância para se estabelecer um controle de dose ocupacional:
 - ❖ Os limites de dose para os IOE devem ser SEMPRE obedecidos;
 - ❖ O histórico de dose do IOE nos últimos 5 anos deve ser SEMPRE observado;
 - ❖ O período de 1 ano para o IOE equivale a 50 semanas;
 - ❖ Uma semana para um IOE tem 40 horas;
 - ❖ Assim sendo 1 ano para um IOE tem 2000 horas ;
 - ❖ Um mês para cálculo de dose para um IOE equivale a 4 semanas.



Controle de dose ocupacional - Exercícios

- Levando em conta que para efeitos de proteção radiológica o ano de um IOE possui 50 semanas e que cada semana possui 40 horas, estabeleça:
1. Calcule uma taxa de dose máxima, em $\mu\text{Sv/h}$, para que o limite anual de um IOE não seja excedido.
 2. Calcule uma taxa de dose máxima, em mSv/semana , para que o limite anual de um IOE não seja excedido.
 3. Calcule uma taxa de dose máxima, em $\mu\text{Sv/h}$, para que a média anual de um IOE não seja excedido.

Controle de dose ocupacional - Exercícios

- Um IOE atuando há 03 anos com atividade de produção de radioisótopos, teve registrado nos seus relatórios de dose os seguintes valores de dose anuais: 27 mSv, 33 mSv e 18mSv. Este ano ao ser contratado por outra empresa, o supervisor de radioproteção teve que planejar suas atividades ocupacionais baseado em seu histórico de dose. Qual o valor médio de dose ocupacional que o IOE poderá ser submetido nos próximos dois anos?
- a) 20 mSv
 - b) 50mSv
 - c) 22 mSv
 - d) 8,5 mSv
 - e) 11 mSv

Controle de dose ocupacional - Exercícios

- Um tecnólogo em radiologia teve a orientação de realizar os procedimentos radiológicos no leito sempre usando a distância de dois metros que o cabo do botão acionador do equipamento possibilita. Sabendo que a taxa de dose que o mesmo sofre quando realiza o exame a 50 cm do cabeçote é de $320\mu\text{Sv/h}$, assinale a seguir a dose que o mesmo sofre quando a distância for de 2m. Justifique sua resposta.
 - a) $80\mu\text{Sv/h}$
 - b) $20\mu\text{Sv/h}$
 - c) $160\mu\text{Sv/h}$
 - d) $40\mu\text{Sv/h}$
 - e) $320\mu\text{Sv/h}$

Controle de dose ocupacional - Exercícios

- Um IOE trabalha em uma área supervisionada que foi estabelecida um nível de ação em 1/5 do limite anual. No levantamento radiométrico de rotina realizado observou-se uma taxa de dose de 10 $\mu\text{Sv/h}$. Assim responda os questionamentos a seguir.
 1. Com esta taxa de dose o nível de ação estabelecido para a área será obedecido?
 2. Se não, qual deve ser a taxa de dose por hora para que o nível de ação seja respeitado.

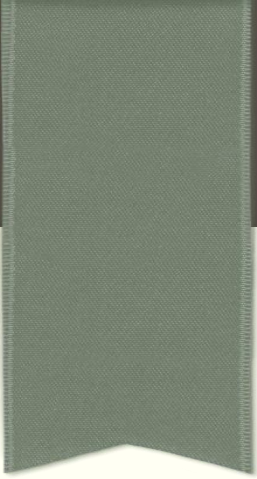
Obs. Nível de ação valores de taxa de dose ou de concentração de atividade, estabelecidos com base em modelo de exposição realista da situação, acima dos quais devem ser adotadas ações protetoras ou remediadoras em situações de emergência ou de exposição crônica, de modo que sua adoção implique em certeza da observância dos níveis de intervenção correspondentes. (Norma CNEN NN 3.01)

Plano de Radioproteção – PRP: Norma CNEN NN 3.01 artigo 5.3.8

- 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;

Plano de Radioproteção – PRP: Norma CNEN NN 3.01 artigo 5.3.8

- 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*.



Proteção Radiológica na Saúde

Prof. Luciano Santa Rita
www.lucianosantarita.pro.br
tecnologo@lucianosantarita.pro.br



Proteção Radiológica na Saúde

www.lucianosantarita.pro.br/index.php/notas
