

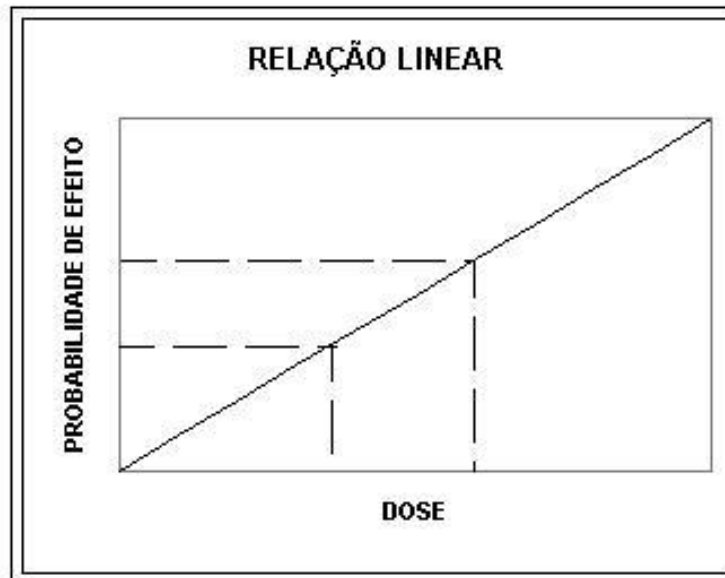
# TREINAMENTO EM PROTEÇÃO RADIOLÓGICA

**Substituto do supervisor de proteção  
radiológica – Módulo 3**

**SEGURANÇA E PROTEÇÃO RADIOLÓGICA**

# REQUISITOS BÁSICOS DE PROTEÇÃO RADIOLÓGICA

**O conceito de radioproteção foi fundamentado na ideia de que se a dose de radiação recebida por um indivíduo fosse menor que um valor limite, a sua saúde seguramente estaria resguardada.**



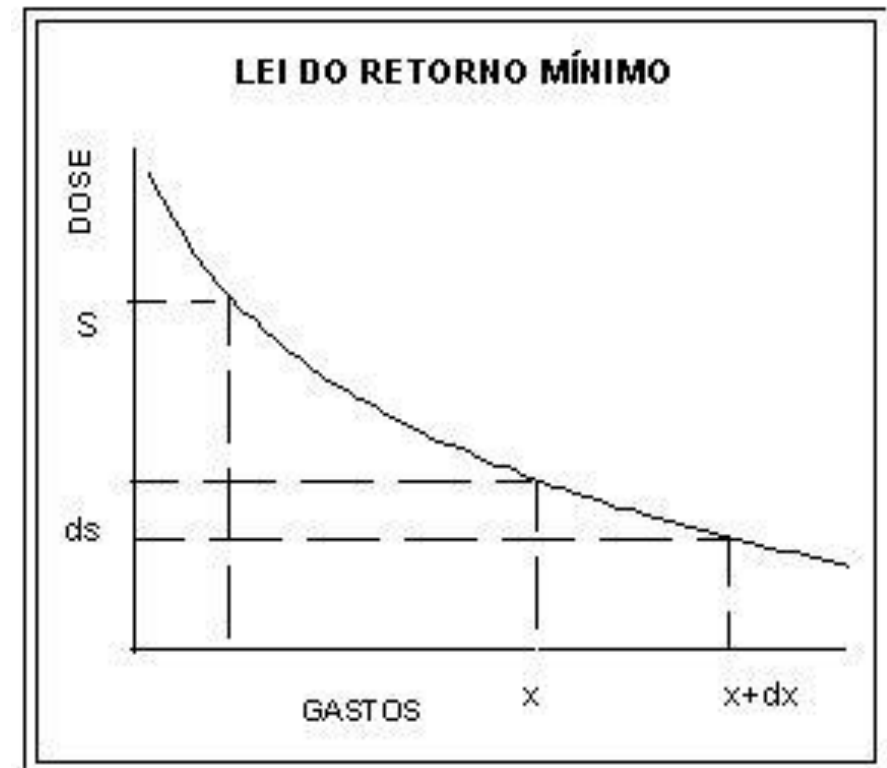
**Ausência de um limiar na relação entre a dose e a probabilidade de ocorrência do dano.**

**Reconhecendo que não existe um nível completamente seguro de exposição à radiação concluiu-se que o melhor é reduzir as doses o quanto for possível.**

**Em radioproteção devemos aplicar às leis do retorno mínimo :**

**Enquanto um gasto inicial em radioproteção pode resultar numa redução significativa na dose, gastos adicionais podem produzir uma redução relativamente pequena.**

**Isso implica que o detrimento originado por uma prática deve ser reduzido, por medidas de proteção, a um valor tal que outras reduções se tornem menos importantes que o esforço adicional exigido para obtê-las.**



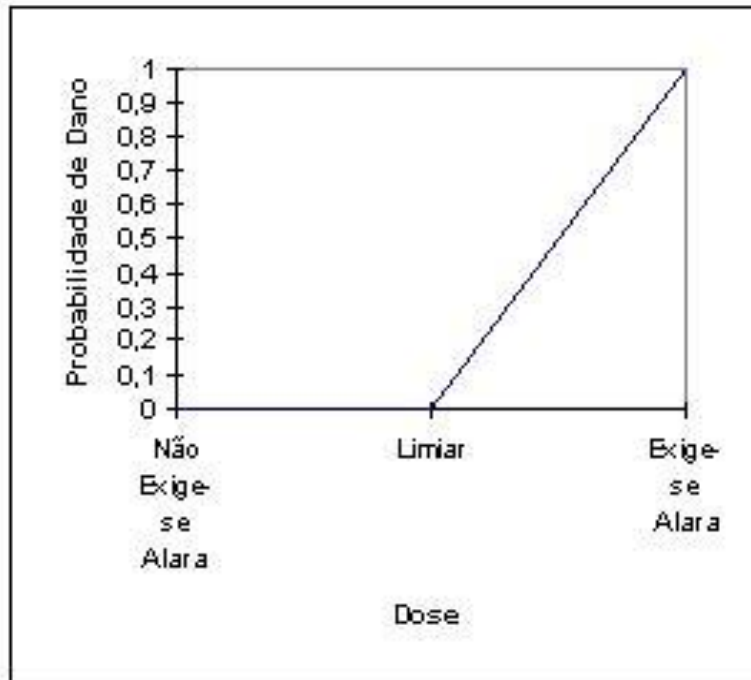
A PROTEÇÃO RADIOLÓGICA  
É FUNDADA EM TRÊS  
PRINCÍPIOS BÁSICOS

# Princípio da Otimização

O projeto, o planejamento do uso e a operação de instalação e de fontes de radiação devem ser feitos de modo a garantir que as exposições sejam tão reduzidas quanto razoavelmente exeqüível, levando-se em consideração fatores sociais e econômicos

Princípio Alara - **A**s **L**ow **A**s **R**easonably **A**chievable

**A otimização é idealizada levando em conta a ausência de um limiar demonstrável para efeitos estocásticos.**



**Se for demonstrado que existe um limiar, deve ser efetuada uma avaliação entre benefício e detrimento acima de tal limiar.**

# Princípio da Justificação

Qualquer atividade envolvendo radiação ou exposição deve ser justificada em relação a outras alternativas e produzir um benefício líquido positivo para a sociedade

**São proibidas as doses provenientes de irradiações desnecessárias.**

**Nenhuma prática que origine irradiação humana sem benefício comprovado deverá ser autorizada**



**A exigência da justificativa de uma prática é**

- assegurar que o detrimento radiológico seja levado em consideração, e**
- que a comparação entre práticas afins seja investigada após aplicada a exigência de otimização.**

# Princípio da Limitação da dose Individual

As doses individuais de trabalhadores e de indivíduos do público não devem exceder os limites de dose estabelecidos.

- **Aplicando esta recomendação deve-se ter em conta que muitas práticas produzem doses equivalente que serão recebidas no futuro e estas devem ser levadas em conta para assegurar que as práticas atuais e futuras não cheguem a produzir uma irradiação excessiva para algum indivíduo.**

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

- a) anual = de janeiro a dezembro
- b) média em 5 anos, sem ultrapassar 50 mSv ano
- c) exceção - 5mSv/ano
- d) em 1cm<sup>2</sup> de na area mais atingida

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

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

## **Princípio de Otimização da Proteção**

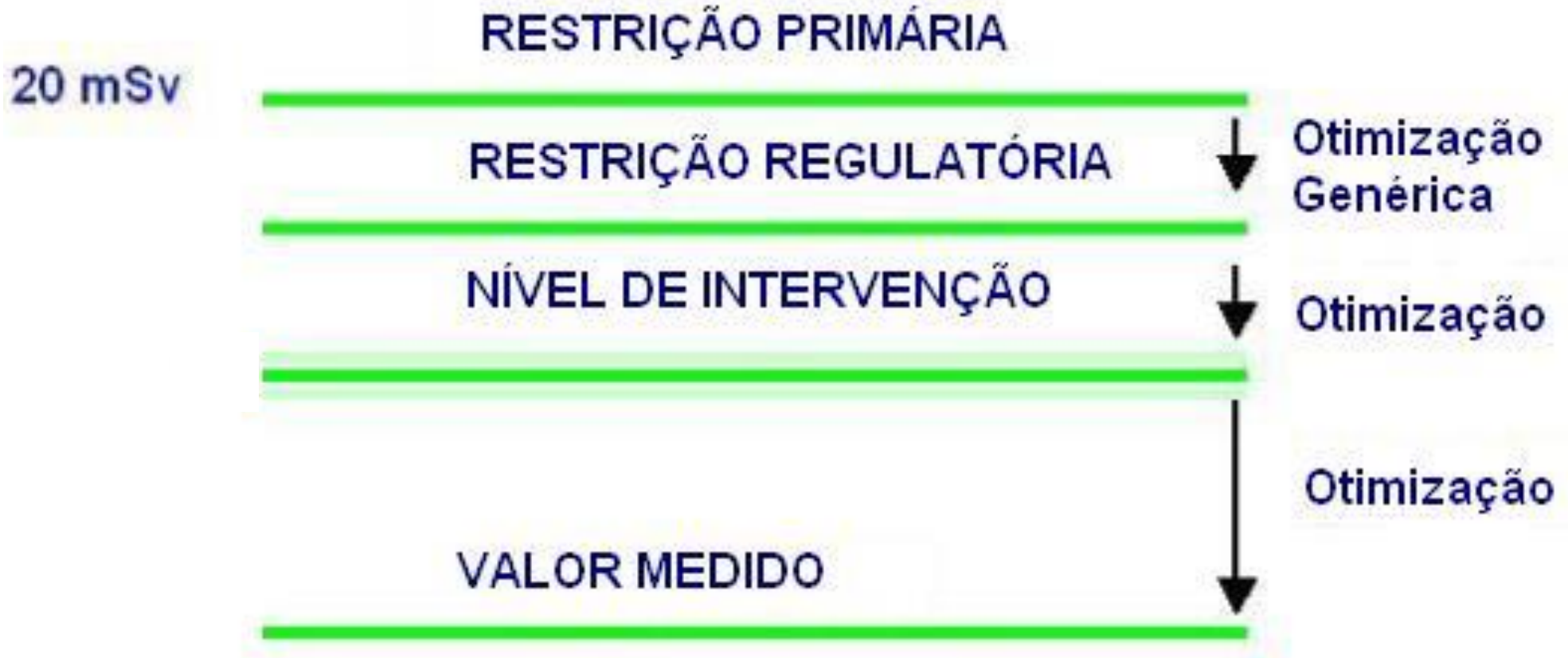
- **Em relação a qualquer fonte particular dentro de uma prática,**
  - **a intensidade das doses individuais,**
  - **o número de pessoas expostas, e**
  - **a probabilidade de ocorrência das exposições envolvidas onde estas não seriam esperadas,**

**devem ser conservados os mais baixos possíveis racionalmente, considerando os fatores econômicos e sociais.**

**As restrições, e a escolha correspondente das opções otimizadas, devem ser periodicamente revisados no conceito para os quais foram obtidos e qualquer alteração nas circunstâncias que deram origem.**



# Dose Vinculada no Processo de Otimização



# **NÍVEIS AUTORIZADOS E NÍVEIS OPERACIONAIS**

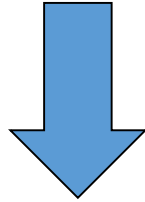
**Estabelecidos como resultado da otimização.**

**Os níveis autorizados sempre possuem significado regulatório.**

**Os níveis operacionais podem ou não corresponder a exigências regulatórias.**



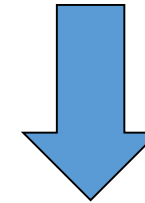
# OTIMIZAÇÃO DA PROTEÇÃO RADIOLÓGICA



## PROJETO

Medidas quantitativas

- Barreiras
- Materiais mais seguros



## EXECUÇÃO

Medidas qualitativas

Medidas semi-quantitativas

- Redução do tempo
- Roupas adequadas
- Acessórios (óculos, luvas, etc.)

Em muitos casos podem ser conseguidas reduções de dose significativas estabelecendo e aplicando procedimentos de operação adequados sem que isto suponha um incremento substancial no custo.

**A otimização é um processo quantitativo que permite eleger medidas de proteção confiáveis dentro de um conjunto possível.**

**Tendo identificado as opções factíveis e quantificado os fatores associados a cada opção, podemos comparar o desempenho das várias opções, de maneira a reconhecer a solução ótima ou “ALARA”.**

**Para decisões simples, uma comparação intuitiva baseada em juízo de conhecimento pode ser adequada, porém, quando a solução ótima não está evidente, ou quando tem que ser explicada ou justificada, pode ser necessário o emprego de uma decisão quantitativa tal como as *técnicas de ajuda*.**

**A escolha correspondente das opções otimizadas, devem ser periodicamente revisados no conceito para os quais foram obtidos e qualquer alteração nas circunstâncias que deram origem.**

# PRINCÍPIO DA OTIMIZAÇÃO

*Princípio relacionado com a fonte*

*(aplica-se a todas as situações):*

A probabilidade de se expor, o número de pessoas expostas e a intensidade das doses individuais devem ser mantidas tão baixas quanto racionalmente alcançáveis levando em conta fatores econômicos e sociais. Isto faz com que o grau de proteção seja o melhor sob as circunstâncias prevalecentes, maximizando a margem do benefício sobre o perigo. De modo a evitar resultados consideravelmente injustos ao fazer uso deste procedimento de otimização, devem ser estabelecidas restrições sobre as doses ou riscos individuais causados por uma fonte específica (valores de referência e restrições de dose ou risco).

## Características Organizacionais ALARA

- Estabelecer objetivos mensuráveis
- Dosimetria como uma ferramenta & sistema de aquisição de dados
- Comprometimento gerencial
- Informação, Motivação
- Estrutura da empresa e orçamentária (comitê ALARA)
- Participação dos atores
- Integração da RP na GQ
- Retroalimentação da experiência adquirida

# COMO ORGANIZAR O TRABALHO SEGUNDO O PRINCIPIO ALARA



# **TÉCNICAS QUANTITATIVAS DE OTIMIZAÇÃO**

**As técnicas quantitativas de otimização possuem grande utilidade no projeto dos sistemas de proteção.**

**O primeiro passo consiste em identificar distintas opções disponíveis para resolver o problema questionado, para logo escolher aquela que otimiza a proteção radiológica.**

# **Técnicas apropriadas para solucionar qualquer problema de proteção radiológica.**

**ANÁLISE CUSTO BENEFÍCIO DIFERENCIAL - < ACDB >**

**ANÁLISE CUSTO BENEFÍCIO - < ACB >**

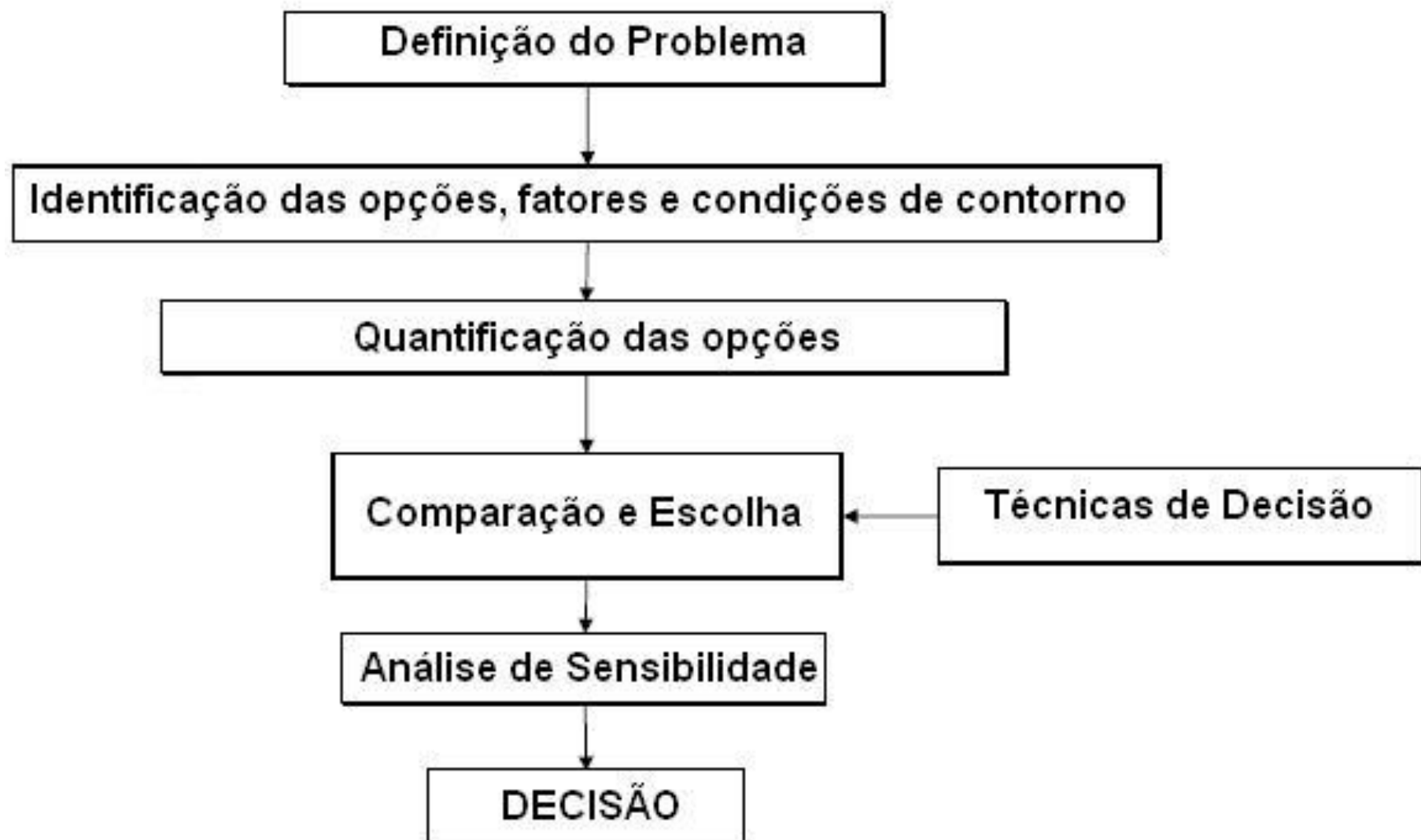
**ANÁLISE DE MULTI ATRIBUTOS - < AMA >**

**As duas primeiras técnicas são muito parecidas e podem ser implementadas com muita facilidade; o outro método é muito mais complexo.**

**ANÁLISE CUSTO EFICÁCIA - < ACE > método que pode ser usado primeiramente para uma análise mais detalhada na investigação das opções.**



## PROCEDIMENTO ALARA



# QUESTÕES



# **1) Os requisitos de otimização, estabelece, entre outros pontos, que:**

- a) qualquer atividade envolvendo radiação ou exposição deve ser substituída por outra
- b) a magnitude das doses individuais decorrentes da exposição, deve ser tão baixa quanto razoavelmente exequível, tendo em conta fatores econômicos e sociais
- c) as doses não devem exceder os limites estabelecidos pela Norma CNEN 3.01
- d) qualquer atividade deve ser justificada, tendo em conta fatores sociais e econômicos
- e) deve ser justificada

## 2) Qual das afirmações a seguir é incorreta:

- a) O princípio da justificação visa mostrar que os benefícios são superiores aos malefícios para um determinado emprego das radiações ionizantes
- b) O princípio da justificação elimina o emprego das radiações ionizantes que não fornecem um benefício à população ou grupos da população
- c) O princípio da otimização visa tornar máximo o benefício líquido com relação às despesas de proteção e detrimento
- d) O princípio da otimização visa tornar ideal a proteção radiológica
- e) O princípio da otimização visa evitar a escolha de algumas das opções de proteção que foram consideradas para resolver o problema.

**3) Com relação ao princípio de otimização qual das afirmações a seguir esta incorreta?**

- a) Para a sua aplicação necessita-se conhecer as diferenças no detrimento de um valor da dose para outro valor.
- b) Para a sua aplicação necessita-se conhecer as diferenças nos custos de todos os produtos ou serviços que são necessários para conduzir a atividade proposta num valor de dose em preferência a outro valor.
- c) Para a sua aplicação necessita-se conhecer os efeitos totais positivos e negativos.
- d) Ele tem o propósito de encontrar o menor valor da dose racionalmente exeqüível.
- e) Ele é obtido quando o custo para uma ulterior redução na dose não compensa a redução do detrimento obtido.

**4) Em radioproteção, o processo de otimização de uma técnica resulta necessariamente em:**

- a) redução da dose;
- b) aumento da dose;
- c) modificação do limite de dose;
- d) redução do limite de dose;
- e) nenhuma das respostas.

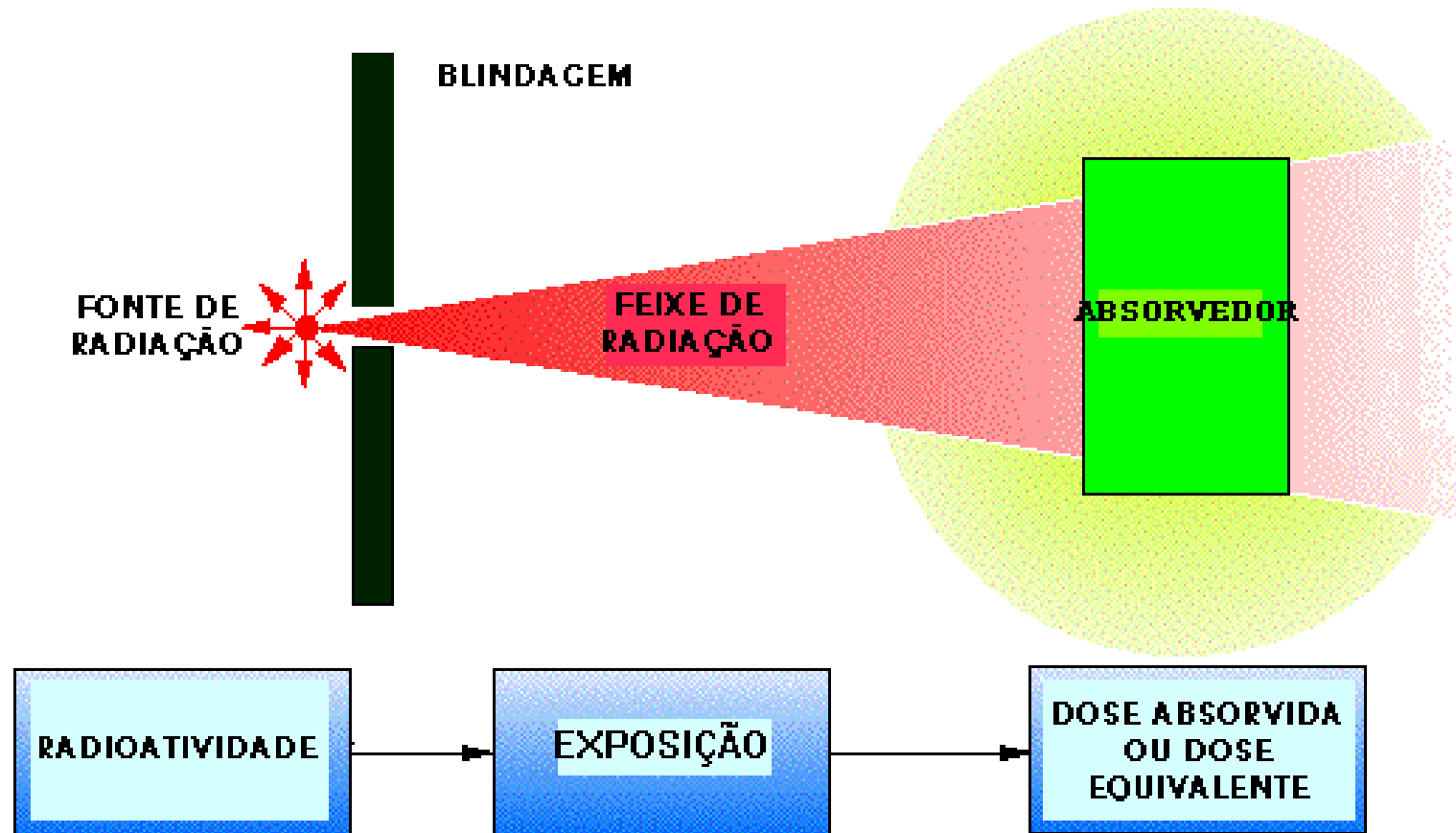
**5) A respeito do princípio de otimização da proteção radiológica, é incorreta a afirmação:**

- a) estabelece que as doses devem ser mantidas tão baixas quanto razoavelmente exequíveis;
- b) pode ser aplicado para os indivíduos do público;
- c) leva em conta os fatores sociais e econômicos;
- d) está baseado em uma análise diferencial custo benefício;
- e) ocorre quando a soma do custo de proteção e do detrimento é máxima.

# GRANDEZAS UTILIZADAS NA RADIOPROTEÇÃO



# Unidades e Grandezas



# *Atividade - A*

A atividade de um material radioativo é medida em termos de números de átomos que se desintegram por unidade de tempo

$$A = \frac{dN}{dt}$$

Unidades: Sistema internacional de unidades  $s^{-1}$  (cps)

Antiga – Curie (Ci) =  $3,7 \times 10^{10}$  dps

Atual – Becquerel (Bq) = 1 dps

# Exposição - X

Foi a primeira grandeza definida para fins de radioproteção

Esta grandeza é uma medida da habilidade ou capacidade dos raios X e gama em produzir ionizações no ar. Ela mede a carga elétrica total produzida por raios X e gama em um Quilograma de ar.

Essa grandeza, portanto, não se aplica a partículas alfa, partículas beta e nêutrons

$$X = \frac{dQ}{dm}$$

Unidades: Sistema internacional de unidades - C/kg

Antiga – Roentgen (R) =  $2,58 \times 10^{-4}$  C/kg

Nova – Coulomb/kilograma (C/kg)

# ***Dose Absorvida - D***

Foi definida para suprir as limitações da grandeza exposição.

Esta grandeza é definida como a quantidade de energia depositada pela radiação ionizante na matéria num determinado volume conhecido. É válida para qualquer tipo de radiação ionizante e para qualquer material absorvedor.

$$D = \frac{dE}{dm}$$

Unidades

No SI: **J.kg<sup>-1</sup>**

- Unidade atual: **Gy** (Gray) - 1 Gy = 1J.kg<sup>-1</sup>
- Unidade Antiga: **rad** - 1 rad

$$1\text{Gy} = 10^2\text{rad}$$

# ***Kerma - K***

Quando não é possível medir a grandeza dose absorvida, mede-se a grandeza física Kerma (Querma), definida como a energia cinética liberada na matéria por unidade de massa. Esta grandeza é válida somente para a radiação indiretamente ionizante (gama, raio X e nêutrons).

$$K = \frac{dE_{tr}}{dm}$$

## **Unidades**

- **Sistema internacional: J.kg<sup>-1</sup>**
- **Unidade Nova: Gy (Gray) - 1 Gy = 1J.kg<sup>-1</sup>**
- **Unidade Antiga: rad - 1 rad = 10<sup>-2</sup> J.kg<sup>-1</sup>**

Para a radiação indiretamente ionizante o processo mediante o qual dá-se a transferência de energia da radiação para o material é cumprido em duas etapas. Na primeira delas existe a comunicação de energia das partículas indiretamente ionizantes, energia cinética, para as partículas carregadas dos átomos do material e na segunda estas partículas transferem esta energia ao meio mediante sua ação ionizante. A ionização produzida diretamente é insignificante comparada com a ionização desencadeada pelas partículas secundárias carregadas.

As grandezas definidas até aqui não atendem aos objetivos da proteção radiológica pois não permitem avaliar dano biológico no homem, por isso foi definida a grandeza dose equivalente que considera o poder de dano de cada tipo de radiação.

A grandeza **dose equivalente** é a grandeza mais importante para a proteção radiológica

# ***Dose Equivalente - $H_T$***

É definida como a dose absorvida média sobre um tecido ou órgão, no ponto de interesse, ponderada pela fator de ponderação da radiação ( $w_R$ ), que é tabelado para o tipo e energia da radiação incidente no corpo.

$$H_T = \sum_R W_R \cdot D_{TR}$$

## **Unidade**

- **Sistema internacional:  $J.kg^{-1}$**
- **Unidade especial – Sievert – Sv**

$$1 \text{ Sv} = 1 \text{ J.kg}^{-1}$$



O fator de ponderação da radiação, ( $w_R$ ), é um número pelo qual a dose absorvida no órgão ou tecido é multiplicada, de forma a refletir a efetividade biológica relativa da radiação na indução de efeitos estocásticos a baixas doses, resultando na dose equivalente

Tipo e faixa de energia <sup>[b]</sup>	Fator de peso da radiação, $w_R$
Fótons, todas as energias	1
Elétrons e muons, todas as energias <sup>[c]</sup>	1
Nêutrons <sup>[d]</sup> , energia:	5
< 10 keV	5
10 keV a 100 keV	10
>100 keV a 2 MeV	20
> 2 MeV a 20 MeV	10
> 20 MeV	5
Prótons, exceto os de recuo, energia > 2 MeV	5
Partículas $\alpha$ , fragmentos de fissão, núcleos pesados	20

Notas:

- [a] Todos os valores se relacionam à radiação incidente no corpo ou, para fontes internas, emitida pela fonte.
- [b] Valores para outras radiações podem ser obtidos da Tabela 3 (ver também Anexo A da ICRP-60).
- [c] Excluindo elétrons Auger emitidos por radionuclídeos ligados ao DNA, para os quais se aplicam considerações especiais de microdosimetria.
- [d] Para consistência nos cálculos, pode-se usar a seguinte expressão para a estimativa de  $w_R$  para nêutrons, em função da energia:  $w_R = 5 + 17 \exp[-(\ln 2\varepsilon)^2 / 6]$ , onde  $\varepsilon$  é a energia em MeV.

# ***DOSE EFETIVA - E***

Dose efetiva é a média aritmética ponderada das doses equivalentes nos diversos órgãos e tecidos  $E = \sum W_T H_T$ . A unidade de dose efetiva é o joule por quilograma, denominada Sievert (Sv).

## FATORES DE PESO DOS TECIDOS, $w_T$

### Exemplo 1:

- Dose equivalente nas gônadas = 20 mSv
- Dose equivalente na tireóide = 10 mSv
- Dose equivalente no pulmão = 10 mSv

Cálculo da dose efetiva =>

$$E = 20 \times 0,20 + 10 \times 0,05 + 10 \times 0,12$$

$$E = \underline{5,7 \text{ mSv}}$$

TECIDO OU ÓRGÃO	FATOR DE PONDERAÇÃO
Gônadas	0,20
Medula óssea	0,12
Colon	0,12
Pulmão	0,12
Estômago	0,12
Bexiga	0,05
Mama	0,05
Fígado	0,05
Esôfago	0,05
Tireóide	0,05
Pele	0,01
Osso (superfície)	0,01
Restantes	0,05

## Exemplo 2:

Calcular a dose equivalente efetiva referente aos dados apresentados na tabela a seguir:

RADIAÇÃO/ÓRGÃO	MEDULA ÓSSEA	TIREÓIDE	PULMÃO
Gama (g)	10 mGy	30 mGy	5 mGy
Alfa (a)	2 mGy	5 mGy	5 mGy
Nêutrons (n)	5 mGy	10 mGy	5 mGy

**(a) cálculo da dose equivalente:**

$$H_m = D_g Q + D_a Q + D_n Q = 10 \cdot 1 + 2 \cdot 20 + 5 \cdot 20 = 150 \text{ mSv}$$

$$H_{ti} = D_g \cdot Q + D_a \cdot Q + D_n \cdot Q = 30 \cdot 1 + 5 \cdot 20 + 10 \cdot 20 = 330 \text{ mSv}$$

$$H_{pu} = D_g \cdot Q + D_a \cdot Q + D_n \cdot Q = 5 \cdot 1 + 5 \cdot 20 + 5 \cdot 20 = 205 \text{ mSv}$$

**(b) Cálculo da dose equivalente efetiva**

$$H_E = H_t \cdot \omega_t$$

$$H_E = H_{mo} \cdot \omega_{mo} + H_{ti} \cdot \omega_{ti} + H_{pu} \cdot \omega_{pu}$$

$$H_E = 150 \cdot 0,12 + 330 \cdot 0,03 + 205 \cdot 0,12 = 18 + 9,9 + 24,6 = 52,5 \text{ mSv}$$

# Resumão: Grandezas, Unidades e suas respectivas grandezas

GRANDEZA	SÍMBOLO		UNIDADE ANTIGA			UNIDADE NOVA		UNIDADE ANTIGA	UNIDADE NOVA
		NOME	SIMBOLO	VALOR	NOME	SÍMBOLO	VALOR	VALE COM RELAÇÃO À NOVA	VALE COM RELAÇÃO À ANTIGA
ATIVIDADE	A	Curie	Ci	$3,7 \times 10^{10}$ dps	- Becquerel	Bq	1 dps	$3,7 \times 10^{10}$ Bq	$2,7 \times 10^{-11}$ Ci
EXPOSIÇÃO	X	roentgen	R	$2,58 \times 10^{-4}$ C/kg	- Coulomb Kilograma	C/kg	1 C/kg	$2,58 \times 10^{-4}$ C/kg	$3,88 \times 10^3$ R
DOSE ABSORVIDA	D	radiation absorbed dose	rad	$10^{-2}$ J/kg	Gray	Gy	1 J/kg	$10^{-2}$ Gy	$10^2$ rad
DOSE EQUIVALENTE	H	roentgen equivalent man	rem	$10^{-2}$ J/kg.Q.N	Sievert	Sv	1 J/kg.Q.N	$10^{-2}$ Sv	$10^2$ rem

# DOSE COLETIVA

Expressão da dose efetiva total recebida por uma população ou um grupo de pessoas, definida como o produto do número de indivíduos expostos a uma fonte de radiação ionizante, pelo valor médio da distribuição de dose efetiva desses indivíduos.

A dose coletiva é expressa em pessoa-sievert (pessoa.Sv).

# CLASSIFICAÇÃO DAS ÁREAS

Para fins de gerenciamento de Proteção Radiológica os titulares devem classificar as áreas de trabalho com material radioativo em: ÁREAS CONTROLADAS, ÁREAS SUPERVISIONADAS OU ÁREA LIVRE, conforme aplicável.

# ÁREA CONTROLADA

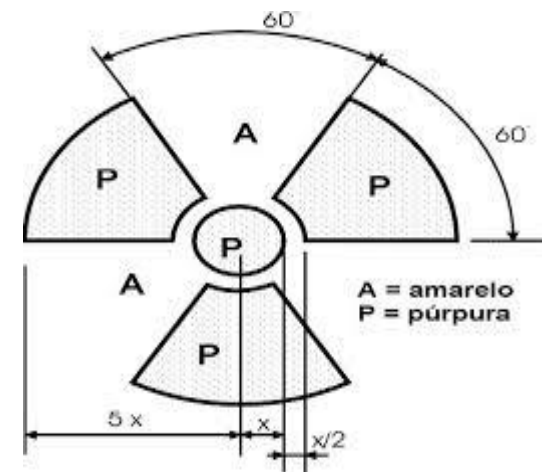
Área sujeita a regras especiais de proteção e segurança, com a finalidade de controlar as exposições normais, prevenir a disseminação de contaminação radioativa e prevenir ou limitar a amplitude das exposições potenciais.



# 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.

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



# ÁREA LIVRE

Qualquer área que não seja classificada com área controlada ou área supervisionada

# Classificação de áreas

## **Área Controlada:**

- Medidas específicas de proteção e segurança ;
- Sinalização
- Texto explicativo.

## **Área**

### **Supervisionada:**

- Reavaliações regulares;
- Sinalização.

## **Área Livre:**

- Áreas sujeitas apenas à Radiação natural de fundo.

# FATORES DE PROTEÇÃO RADIOLÓGICA

- DISTÂNCIA
- TEMPO
- BLINDAGEM

# TEMPO:

## A REDUÇÃO DO TEMPO DE EXPOSIÇÃO...

- Aproximadamente linear com a dose por irradiação externa
- Limitada a aquelas operações não rotineiras que devem ser realizadas em zonas de alta taxa de dose (manutenção ou reparo de sistemas “quentes”)
- Não revezar o pessoal
- Incrementos de taxas de doses só implica menores tempos de permanência
- Reticência de alguns trabalhadores em realizar tarefas em zonas de “alta” taxa de dose

## DISTÂNCIA E BLINDAGEM:

O aumento da distância entre as pessoas expostas e a fonte de Radiação (*lei de variação de E com o inverso da distância ao quadrado*) está relacionado com a diminuição da taxa de dose

*Bem como a interposição de blindagem*

# Blindagem

**Sistema destinado a atenuar um campo de radiação por interposição de um meio material entre a fonte radioativa e as pessoas ou coisas a serem protegidas.**



# QUESTÕES



01) A coleção de íons produzidos como resultado da interação X ou gama em um dado volume de ar em condições de equilíbrio eletrônico é uma medida de:

- a) *dose absorvida*
- b) *exposição*
- c) *dose equivalente*
- d) *ionização específica*
- e) *LET (TLE)*

02) Sobre a grandeza exposição (X), podemos afirmar que:

- a) A sua definição não sofreu alterações desde que surgiu em 1928.
- b) É uma das grandezas mais modernas utilizadas em proteção radiológica.
- c) É aplicável principalmente a partículas alfa, beta e nêutrons.
- d) Mede a capacidade ou habilidade dos raios X e raios gama em produzir ionizações em uma massa de ar.
- e) Nenhuma das anteriores.

03) Com relação à grandeza física exposição para que tipo de radiação ela é válida?

- a) Só para radiação X.
- b) Só para radiação gama.
- c) Só para radiação beta.
- d) Só para radiação X, gama e beta.
- e) Só para radiação gama e X.

04) Com relação à grandeza física exposição qual das afirmações a seguir esta completamente incorreta?

- a) Ela é definida no ar.
- b) Ela é definida no tecido mole.
- c) Ela é válida em qualquer meio.
- d) As afirmações (a) e (b) estão incorretas.
- e) As afirmações (b) e (c) estão incorretas.

05) A unidade de grandeza física exposição, roentgen equivale ao valor da grandeza exposição no SI em :

- a) 1,0 coulomb/kg.
- b)  $1,0 \times 10^{-3}$  coulomb/kg.
- c)  $5,28 \times 10^{-3}$  coulomb/kg.
- d)  $2,58 \times 10^{-4}$  coulomb/kg.
- e)  $5,28 \times 10^{-4}$  coulomb/kg.

06) Para quais tipos de radiação o fator de peso da radiação, WR, possui respectivamente o menor e o maior valores?

- a) fótons e partículas alfa;
- b) prótons e partículas alfa;
- c) fótons e prótons;
- d) fótons e elétrons;
- e) nêutrons e prótons.

07) Com relação à dose absorvida qual das afirmações a seguir está correta ?

- a) Ela é válida somente para radiações diretamente ionizantes.
- b) Ela é válida somente para radiação indiretamente ionizante.
- c) Ela é válida somente para a radiação eletromagnética.
- d) Ela é válida somente para a radiação corpuscular.
- e) Ela é válida para qualquer tipo de radiação ionizante.

08) Com relação à dose absorvida qual das afirmações a seguir está correta?

- a) Só é válida no ar.
- b) Só é válida no tecido mole
- c) É válida para qualquer meio.
- d) É definida como o quociente  $d_{\text{MAX}}$  em que  $\epsilon_{\text{max}}$  é a energia máxima cedida pelo radiação ionizante à matéria, dm.
- e) A unidade de dose absorvida é o gray e  $1\text{Gy} = 100 \text{ erg/g}$ .

09) Para que órgão humano o fator de peso do órgão,  $W_T$ , possui o maior valor:

- a) *bexiga*
- b) *fígado*
- c) *tireoide*
- d) *gônadas*
- e) *pulmão*

10) A alternativa que define corretamente a grandeza dosimétrica denominada kerma é a:

- a) É o quociente entre a soma de todas as energias cinéticas iniciais ( $dE_{tr}$ ) de todas as partículas carregadas liberadas por partículas neutras, incidentes em um material, e a massa do material ( $dm$ ).
- b) É o quociente entre a energia média depositada pela radiação ( $d\hat{I} \hat{I}$ ) num ponto de interesse em um material e a massa do material ( $dm$ ).
- c) É o quociente entre o número de partículas incidentes ( $dN$ ) sobre uma seção de esfera e a área desta seção ( $da$ ).
- d) É o produto entre a dose absorvida em um material ( $D$ ) e o fator de qualidade da radiação ( $Q$ ).
- e) É o quociente entre o valor absoluto da carga total ( $dQ$ ) de ions de um dado sinal, produzido no ar, quando todos os elétrons liberados pelos fótons numa determinada massa de ar ( $dm$ ), são completamente freados.

11) No sistema internacional, quais as unidades correspondentes às grandezas dose efetiva, dose equivalente, atividade e dose absorvida?

- a) sievert, gray, curie, sievert
- b) sievert, sievert, becquerel, gray
- c) gray, sievert, becquerel, gray
- d) sievert, gray, curie, gray
- e) nenhuma das resposta anteriores

12) Das afirmações a seguir qual está incorreta com relação à atividade de um radionuclídeo?

- a) Ela varia com o tempo.
- b) Ela varia no espaço
- c) Ela representa o número de transformações nucleares por unidade de tempo.
- d) Sua unidade é o becquerel, Bq.
- e) Sua unidade antiga é o curie, Ci.

13) Qual termo a seguir representa a quantidade de um radionuclídeo em um certo tempo?

- a) Dose equivalente
- b) Exposição
- c) Sievert
- d) Atividade
- e) Gray

14) Qual das seguintes fontes possui maior atividade?

- a) 14 TBq Cobalto-60
- b) 14 Ci Cobalto-60
- c) 498 GBq Cobalto-60
- d) 14 Ci Irídio-192
- e) 498 GBq Irídio-192



15) O termo dose efetiva é usado para descrever dose de radiação de corpo inteiro. Qual é a unidade no SI para dose efetiva?

- a) Sievert (Sv)
- b) Gray (Gy)
- c) Becquerel (Bq)
- d) Curie (Ci)
- e) Coulomb por quilograma

13) O que é taxa de dose?

- a) Dispersão de material radioativo sob forma não selada.
- b) Medida da dose recebida num local durante um período de tempo.
- c) Quantidade de um radionuclídeo num certo tempo.
- d) Medida da energia de radiação absorvida por um alvo.
- e) Valor médio de uma medida.