



Radiação e Proteção Radiológica

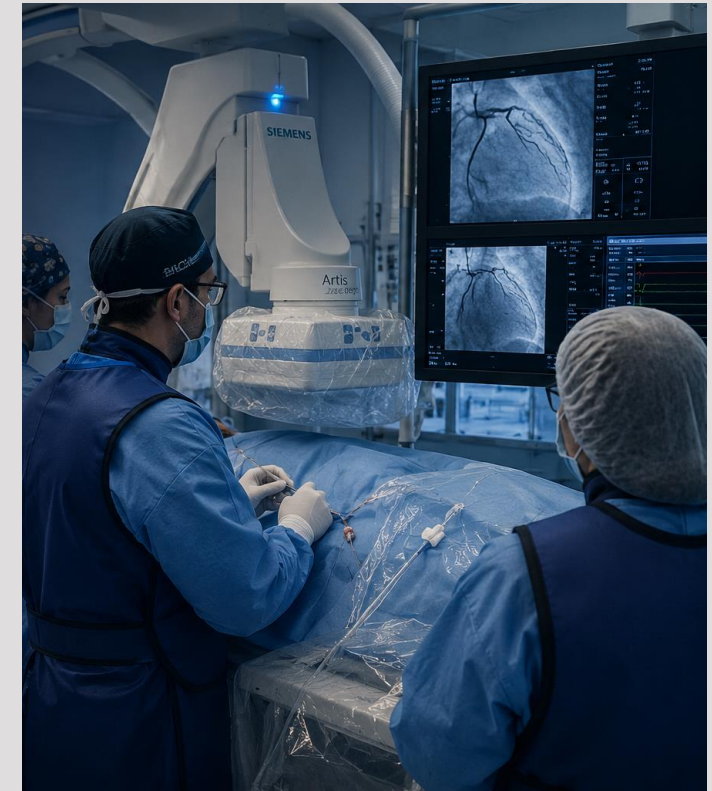
Dr. Sávio Marques de Souza

Hemodinâmica e Cardiologia Intervencionista

HCI Ribeirão Preto - 2026

Introdução

- **Radiação** é a propagação de energia através do espaço ou da matéria, na forma de ondas eletromagnéticas ou partículas.
- **Radiação não ionizante**
 - Baixa energia
 - Não possui energia suficiente para ionizar átomos
 - Exemplos: Ondas de rádio, Micro-ondas, Luz visível
- **Radiação ionizante**
 - Energia suficiente para remover elétrons dos átomos (ionização)
 - Promove alterações moleculares e dano biológico
 - Exemplos: **Raios X**, Raios gama, Partículas α , Partículas β

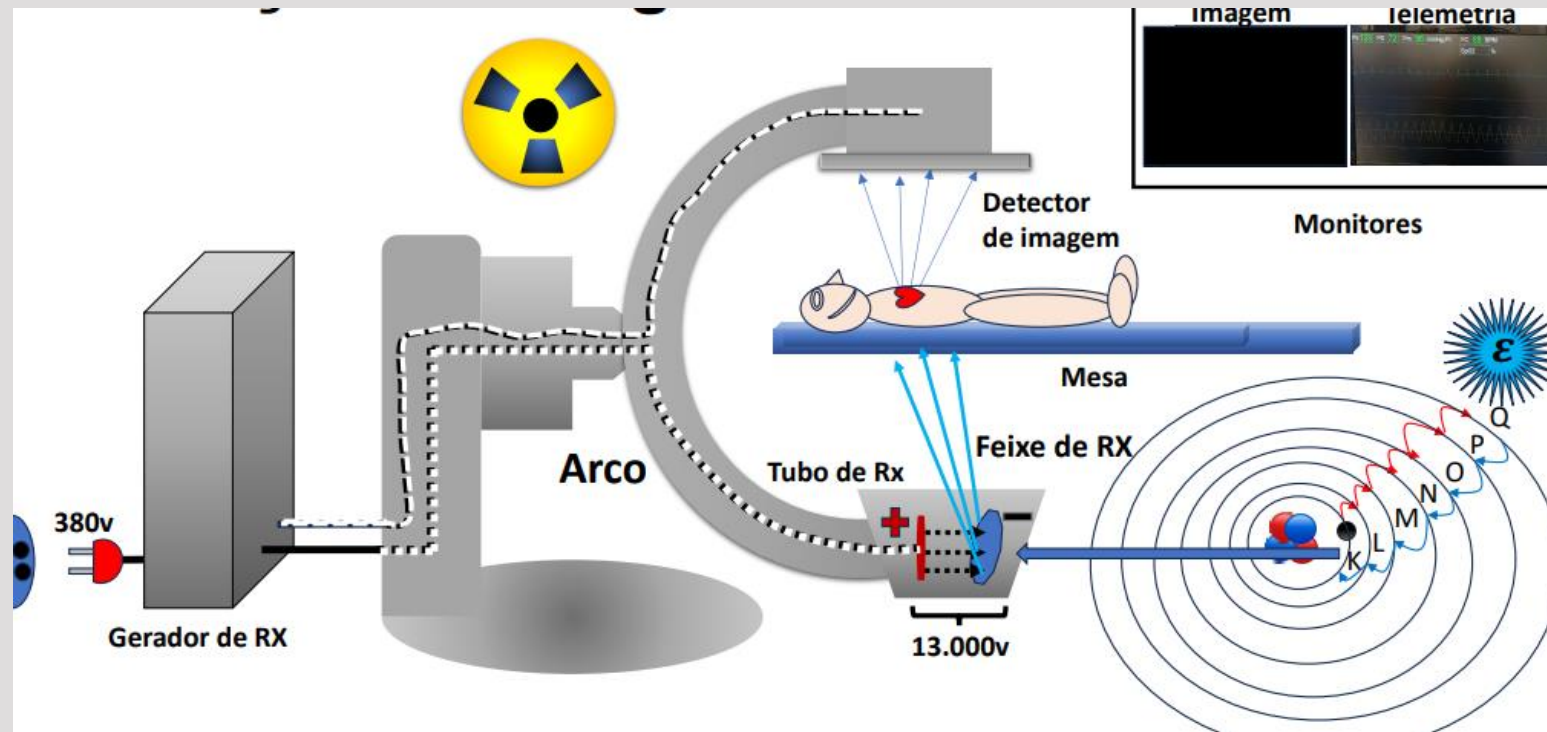


Introdução

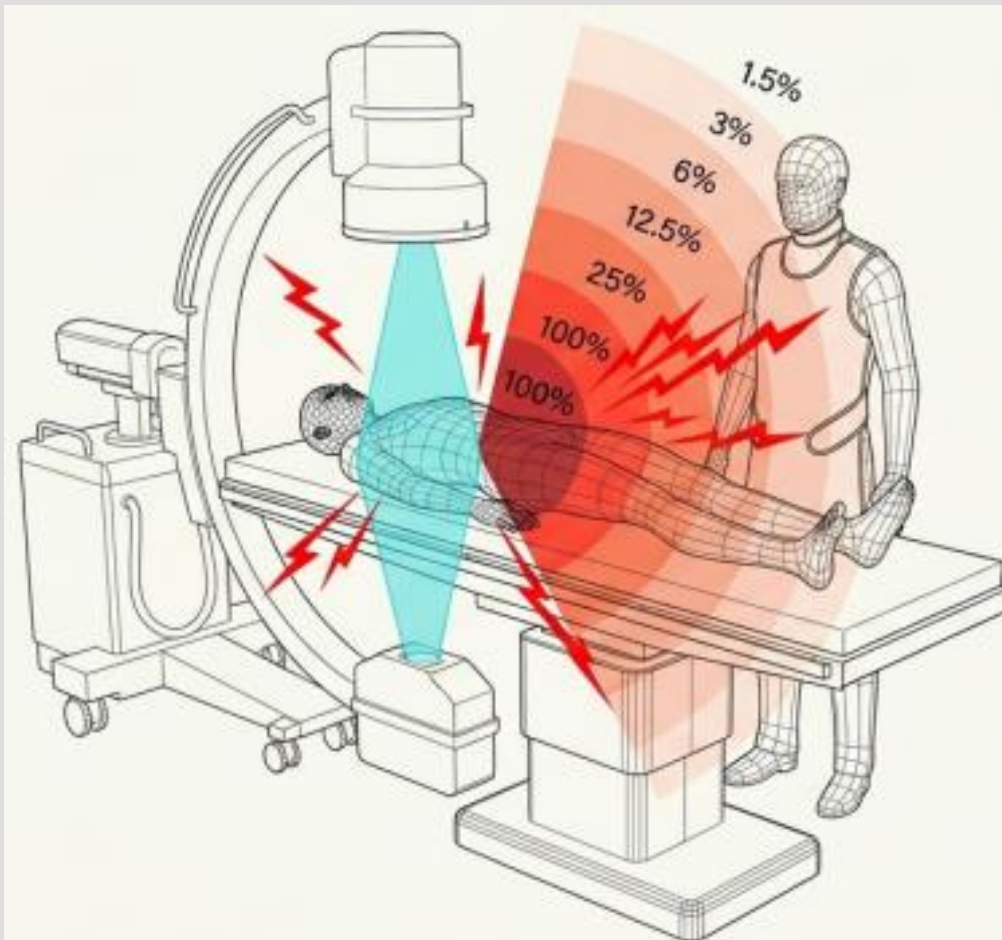
Tipo	Natureza	Penetração	Blindagem
α	Partícula	Muito baixa	Papel
β	Partícula	Baixa	Acrílico
Raios X	Onda eletromagnética	Alta	Chumbo
γ	Onda eletromagnética	Muito alta	Chumbo/Concreto

Introdução

- Os raios X são produzidos **no tubo de raios X**, pela interação de elétrons acelerados contra um alvo metálico (ânodo).



Introdução



- **Feixe Primário:** Radiação atenuada pelo tecido. Essencial para a formação da imagem.
- **Radiação Espalhada:** Fótons desviados. A principal fonte de exposição ocupacional da equipe.



Regra de Ouro: A intensidade do espalhamento aumenta com a massa/densidade do tecido irradiado e com a maior distância entre Paciente e Detector.

© Nutehor

Unidades de medida

- KERMA = Energia Cinética Liberada por unidade de Massa
 - **Unidade:** Gray (Gy)
 - **1 Gy = 1 Joule/kg**
- Air Kerma = Quantidade de energia aplicada em 1Kg de ar
- Dose absorvida: semelhante ao Air Kerma
 - Quantidade de energia absorvida por uma determinada massa de tecido exposto >>> Risco DETERMINÍSTICO (Eritema cutâneo, Epilação, Catarata, Necrose de pele).
 - Unidade: Gy (Equivale ao Air Kerma).
- Produto Dose Área (DAP ou PKA): $DAP = \text{Air Kerma} \times \text{Área irradiada}$
 - Produto da intensidade de radiação do feixe (Air Kerma) pela área total do feixe >> RISCO ESTOCÁSTICO (câncer, mutações, doenças hereditárias).
 - Unidade Gy.cm² ou $\mu\text{Gy.m}^2$

Unidades de medida



Air KERMA (Kinetic Energy Released per Mass)

- **O que é:** Energia aplicada em 1Kg de ar (\cong Dose Absorvida).
- **Unidade:** Gray (Gy) = 1 Joule/Kg.

Significado Clínico: Mede a energia concentrada em um ponto. Prediz o Risco Determinístico (Dano local).



DAP (Dose-Area Product)

- **O que é:** Produto da intensidade do feixe (Air Kerma) pela área total irradiada.
- **Unidade:** Gy.cm² ou μ Gy.m².

Significado Clínico: Mede o volume total de radiação no paciente. Prediz o Risco Estocástico (Dano sistêmico/DNA).

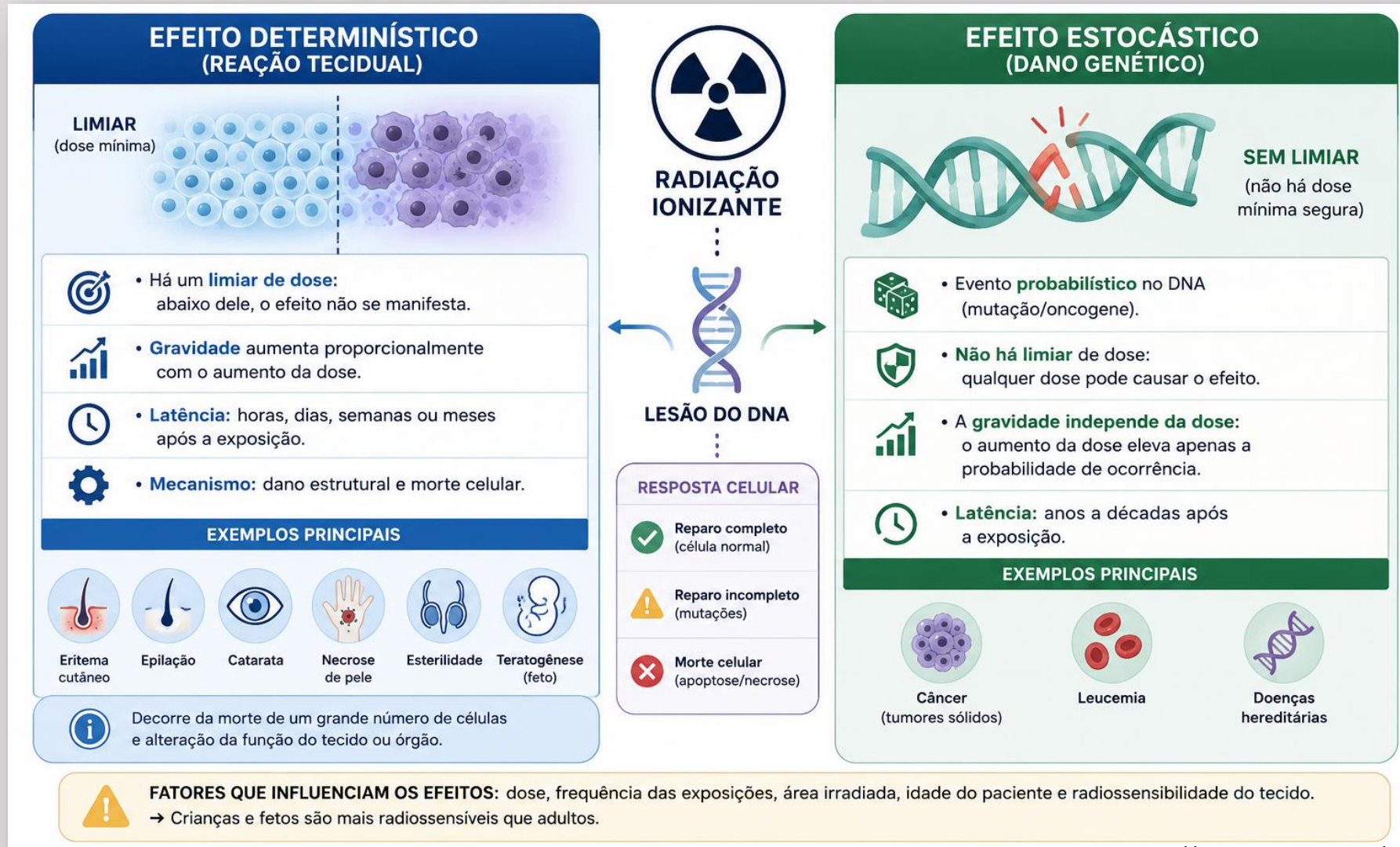
Unidades de medida

- **Dose efetiva (Effective Dose)** - Expressa em:
 - **Sievert (Sv) ou milisievert (mSv)**
- Representa uma estimativa do risco biológico global, considerando:
 - órgãos irradiados;
 - radiosensibilidade de cada tecido.
- É utilizada para comparar diferentes exames e procedimentos.
- **Dose efetiva (mSv) \approx DAP \times 0,18**
- 1 mSv \approx 50 radiografias de tórax (PA)
- Cate: 250 a 350 RX Torax / ICP: 750 RX torax

Efeitos biológicos da radiação

- A exposição à radiação ionizante pode causar alterações celulares e moleculares, cujas consequências dependem de:
 - Dose de radiação recebida
 - Frequência das exposições
 - Área irradiada
 - Radiossensibilidade do tecido
 - Idade do paciente (crianças são mais sensíveis)
- **Nível somático:** Lesões em tecidos expostos / Pele / Cristalino / Medula óssea / Gônadas
- **Nível genético:** Quebras cromossômicas / Mutações do DNA / Potencial transmissão hereditária

Efeitos biológicos da radiação



Efeitos determinísticos

- Reação cutânea: efeito determinístico mais comum
 - Varia de eritema transitório à necrose, sendo dose dependente
 - Formato quadrangular no local de entrada do feixe de radiação
 - Eritema pode surgir em horas, mas manifestações de necrose podem se tornar aparente após semanas ou meses
 - Limiar de dose para lesão cutânea é variável – Quanto maior a massa irradiada, maior o risco



Efeitos determinísticos

> 5 Gy

O Mandato de Comunicação (ACC/AHA Classe I):

- Se o Air Kerma ultrapassar 5 Gy, o paciente, familiares e o médico assistente devem ser oficialmente notificados.
- Informar sobre o risco real, os tipos de lesão e o tempo de latência (semanas/meses).

Manejo Clínico da Lesão:

- ✓ **Reconhecimento precoce** (acompanhamento).
- ✓ **Proteção** contra trauma, pressão e fricção local.
- ✓ **Curativo** protetor.

NUNCA BIOPSIAR: A biópsia de uma lesão por radiação agrava a necrose e impede a cicatrização.

Efeitos determinísticos – reação tecidual

- **Reação Óssea**

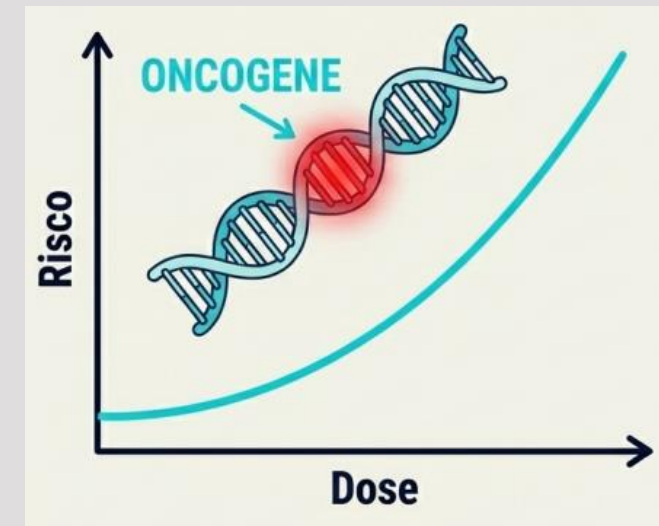
- Reação incomum
- Manifestação: Osteonecrose de ossos superficiais (costelas)
- Surge com doses muito superiores àquelas necessárias para necrose cutânea, porém pode desenvolver mesmo sem a lesão cutânea:
 - $\uparrow [Ca^{+2}] \gggg$ Capacidade de absorção dos fótons de Rx

- **Reação Ocular**

- Catarata
 - Limiar de dose não bem definido, porém aceito o limiar $\cong 500\text{mGy}$ com latência de 12 meses
 - A progressão da catarata pode continuar por mais de uma década.
 - A relação entre catarata e acúmulo contínuo de pequenas doses não está bem definido. Porém, alterações precoces da catarata estão sendo cada vez mais observadas em operadores com longa carreira.

Efeitos estocásticos

- Efeito direto da radiação na estrutura molecular do material genético
- Evento probabilístico.
 - Não há risco 100% mesmo em altas doses
 - Nem risco Zero com baixas doses
 - Doses maiores >>> ↑↑↑ Probabilidade
- Um dano permanente ao DNA pode ou não se manifestar clinicamente ao longo da vida, dependendo, entre outros fatores, da expectativa de vida do indivíduo.
- O aumento da dose apenas multiplica a probabilidade do sorteio genético.



Proteção radiológica

- Os profissionais da cardiologia intervencionista são os mais expostos à radiação ionizante.



Proteção radiológica

PRINCÍPIO ALARA

“As Low As Reasonably Achievable”

Manter as doses de radiação **TÃO BAIXAS QUANTO RAZOAVELMENTE EXEQUÍVEL**,
considerando fatores econômicos e sociais.

Medidas de proteção

Proteção Individual

- Avental plumbífero ($\geq 0,5$ mm Pb)
- Protetor de tireoide
- Óculos plumbíferos

Proteção Coletiva

- Escudo plumbífero suspenso
- Cortina ("saia") plumbífera sob a mesa

Medidas de proteção

Geometria do Equipamento

- Manter o **detector** o mais próximo possível do paciente
- Manter o **tubo de raios X** o mais distante possível do paciente
- Ajustar adequadamente a altura da mesa
- Aplicar a **lei do inverso do quadrado da distância** (afastar-se sempre que possível)

Otimização da Imagem

- Utilizar colimação e filtros
- Reduzir a magnificação (zoom)
- Utilizar a menor taxa de quadros (FPS) compatível com o procedimento
- Preferir fluoroscopia à cine sempre que possível
- Utilizar **stored fluoroscopy** quando disponível

Medidas de proteção

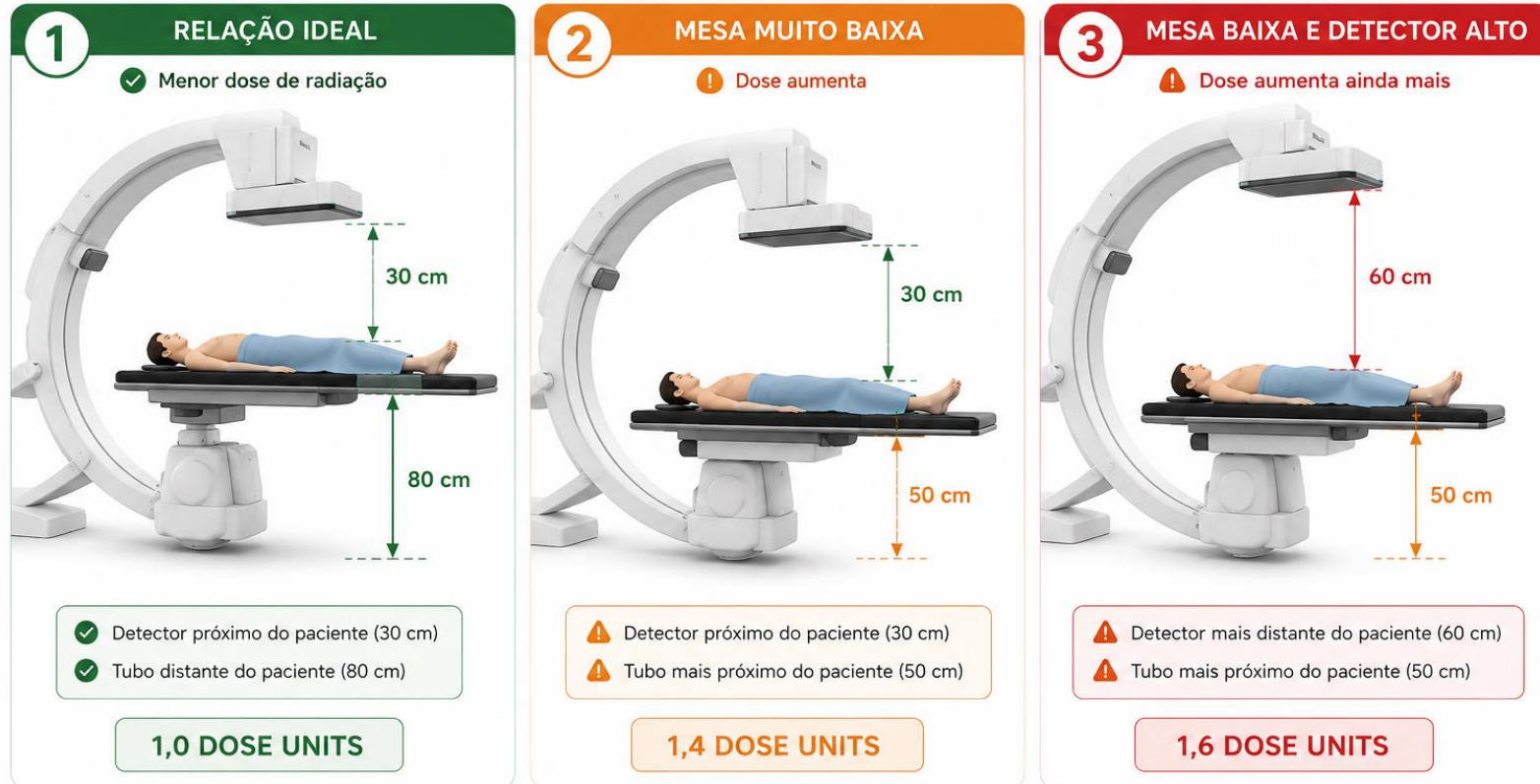
Boas Práticas Operacionais

- Acionar a radiação somente quando estiver observando o monitor
- Minimizar o tempo de fluoroscopia e o número de aquisições em cine
- Planejar previamente as projeções angiográficas
- Evitar repetições desnecessárias de imagens

Medidas de proteção

RELAÇÃO GEOMÉTRICA E DOSE

A distância entre o detector (flat panel), o paciente e o tubo de raios X influencia diretamente a dose recebida.



PRINCÍPIO ALARA:

Mantém o detector o mais próximo possível do paciente e o tubo o mais distante possível. Pequenas mudanças na geometria fazem grande diferença na dose.



Gestação

- Os efeitos da radiação dependem da **dose** e da **idade gestacional**.
- **< 50 mGy**: risco muito baixo de aborto e malformações.
- **> 100 mGy**: maior risco de efeitos determinísticos, conforme a fase da gestação.
- **0–2 semanas**: efeito "tudo ou nada" (morte embrionária ou desenvolvimento normal).
- **3–15 semanas**: maior risco de malformações e lesões do sistema nervoso central.
- **16–30 semanas**: risco de restrição do crescimento fetal.
- **Após 32 semanas**: efeitos teratogênicos praticamente ausentes; risco estocástico extremamente baixo.

Questão 1



SBHCI 2020

Em relação a proteção radiológica, assinale a alternativa CORRETA:

- A) O paciente deve ser posicionado o mais próximo possível da emissão da fonte de raio X (tubo) e do intensificador ou flat panel, melhorando a qualidade de imagem, evitando dispersão de radiação e com isso diminuindo dose ao paciente e ao médico.
- B) Intervenção por acesso vascular radial, comparativamente a femoral, leva a menor exposição de radiação ao paciente e ao profissional.
- C) Em procedimentos complexos, como o tratamento de oclusão crônica, a escolha entre o modo de fluoroscopia de alto contraste ou nível baixo de fluoroscopia não interfere no tempo de exposição, como causa de efeito determinístico da radiação.
- D) O uso de modernos equipamentos digitais com melhor tecnologia, eliminou a ocorrência de efeitos determinísticos de radiação, devendo sempre ser usados nos procedimentos mais longos e complexos.
- E) O desenvolvimento de catarata pode ocorrer em até 50 % (cinquenta por cento) dos cardiologistas intervencionistas e, embora considerado efeito determinístico, pode estar relacionado a fatores estocásticos não dependentes de dose.

Questão 1



SBHCI 2020

Em relação a proteção radiológica, assinale a alternativa CORRETA:

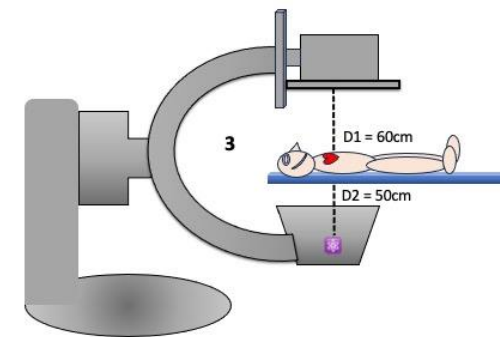
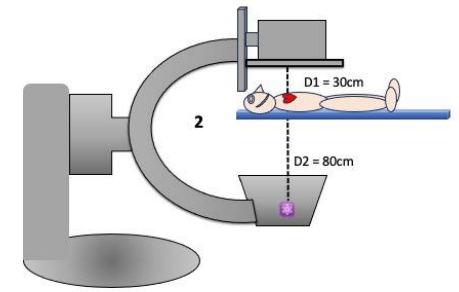
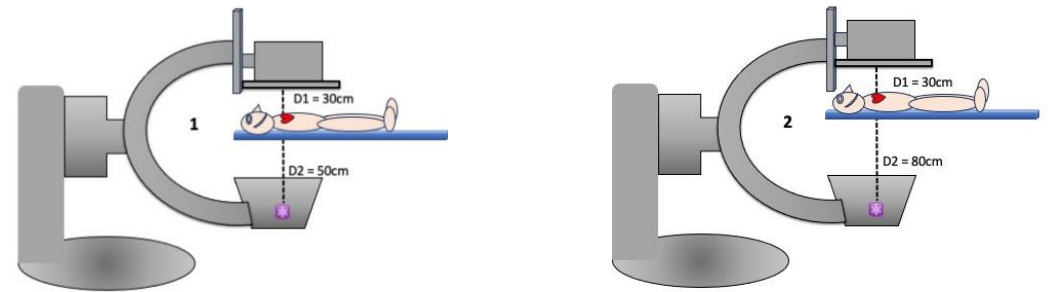
- A) O paciente deve ser posicionado o mais próximo possível da ~~emissão da fonte de raio X (tubo)~~ e do intensificador ou flat panel, melhorando a qualidade de imagem, evitando dispersão de radiação e com isso diminuindo dose ao paciente e ao médico.
- B) Intervenção por acesso vascular radial, ~~comparativamente~~ a femoral, ~~leva a menor exposição~~ de radiação ao paciente e ao profissional.
- C) Em procedimentos complexos, como o tratamento de oclusão crônica, a escolha entre o modo de fluoroscopia de alto contraste ou nível baixo de fluoroscopia ~~não interfere~~ no tempo de exposição, como causa de efeito determinístico da radiação.
- D) O uso de modernos equipamentos digitais com melhor tecnologia, ~~eliminou~~ a ocorrência de efeitos determinísticos de radiação, devendo sempre ser usados nos procedimentos mais longos e complexos.
- E) O desenvolvimento de catarata pode ocorrer em até 50 % (cinquenta por cento) dos cardiologistas intervencionistas e, embora considerado efeito determinístico, pode estar relacionado a fatores estocásticos não dependentes de dose.

Questão 2

SBHCI 2025

Analise as posições de trabalho representadas nos esquemas abaixo, demonstrando as relações de distância entre fonte, mesa/paciente e detector de imagem. Com base nos esquemas apresentados, no que se refere à melhor e à pior relação entre dose de radiação e qualidade de imagem, assinale a alternativa CORRETA:

- A) Melhor relação dose/qualidade: posição 1.
Pior relação dose/qualidade: posição 3.
- B) Melhor relação dose/qualidade: posição 2.
Pior relação dose/qualidade: posição 1.
- C) Melhor relação dose/qualidade: posição 2.
Pior relação dose/qualidade: posição 3.
- D) Melhor relação dose/qualidade: posição 3.
Pior relação dose/qualidade: posição 1.

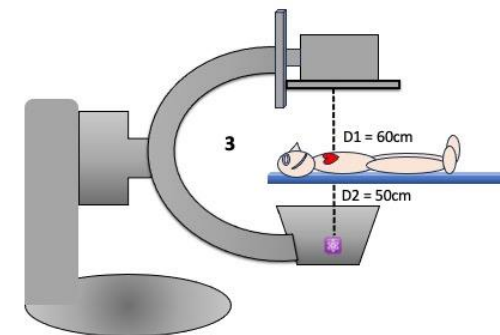
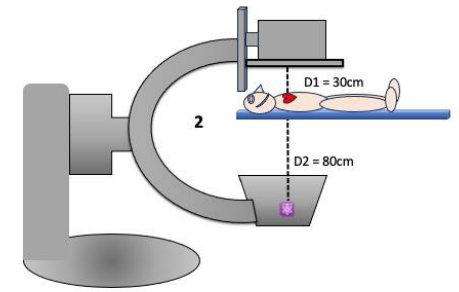
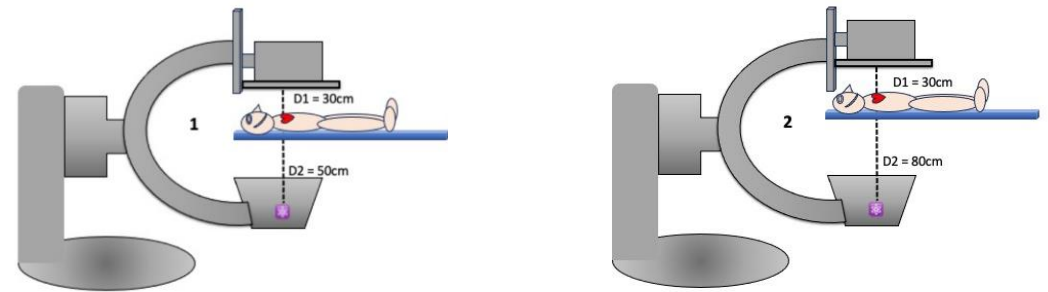


Questão 2

SBHCI 2025

Analise as posições de trabalho representadas nos esquemas abaixo, demonstrando as relações de distância entre fonte, mesa/paciente e detector de imagem. Com base nos esquemas apresentados, no que se refere à melhor e à pior relação entre dose de radiação e qualidade de imagem, assinale a alternativa CORRETA:

- A) Melhor relação dose/qualidade: posição 1.
Pior relação dose/qualidade: posição 3.
- B) Melhor relação dose/qualidade: posição 2.
Pior relação dose/qualidade: posição 1.
- C) Melhor relação dose/qualidade: posição 2.
Pior relação dose/qualidade: posição 3.
- D) Melhor relação dose/qualidade: posição 3.
Pior relação dose/qualidade: posição 1.



Questão 3

SBHCI 2025



Analise as afirmações a seguir, no que se refere à exposição de mulheres gestantes e do feto/embrião aos raios X:

1. Durante a gravidez, os efeitos biológicos da radiação no embrião dependem da dose utilizada de raios X e da idade gestacional. Admite-se que o risco não carcinogênico, que inclui aborto e malformação, é pouco significativo nas doses < 50 mGy (5 rad).
2. Estima-se que doses > 100 mGy (10 rad) apresentem efeitos potenciais sobre o feto/embrião de acordo com a idade gestacional, tais como: morte fetal, quando a exposição ocorre entre a 1ª e a 2ª semanas de gestação; anormalidades no sistema nervoso central (hidrocefalia, microcefalia, retardo mental), entre a 3ª e a 15ª semanas; e restrição de crescimento fetal, entre a 16ª e a 30ª semanas gestacionais.
3. Após a 32ª semana de gestação, os efeitos teratogênicos são ausentes, com risco probabilístico de desenvolvimento de neoplasia maligna durante a infância e na idade adulta não mensurável.

Assinale a alternativa CORRETA:

- A) Apenas as afirmações I e II estão corretas.
- B) Apenas as afirmações I e III estão corretas.
- C) Apenas as afirmações II e III estão corretas.
- D) Todas as afirmações estão corretas.

Questão 3

SBHCI 2025



Analise as afirmações a seguir, no que se refere à exposição de mulheres gestantes e do feto/embrião aos raios X:

1. Durante a gravidez, os efeitos biológicos da radiação no embrião dependem da dose utilizada de raios X e da idade gestacional. Admite-se que o risco não carcinogênico, que inclui aborto e malformação, é pouco significativo nas doses **< 50 mGy (5 rad)**.
2. Estima-se que doses **> 100 mGy (10 rad)** apresentem efeitos potenciais sobre o feto/embrião de acordo com a idade gestacional, tais como: morte fetal, quando a exposição ocorre entre a 1ª e a 2ª semanas de gestação; anormalidades no sistema nervoso central (hidrocefalia, microcefalia, retardo mental), entre a 3ª e a 15ª semanas; e restrição de crescimento fetal, entre a 16ª e a 30ª semanas gestacionais.
3. Após a 32ª semana de gestação, os efeitos teratogênicos são ausentes, com risco probabilístico de desenvolvimento de neoplasia maligna durante a infância e na idade adulta **não mensurável**.

Assinale a alternativa CORRETA:

- A) Apenas as afirmações I e II estão corretas.
- B) Apenas as afirmações I e III estão corretas.
- C) Apenas as afirmações II e III estão corretas.
- D) Todas as afirmações estão corretas.

Questão 4

SBHCI 2020

Em relação à exposição ao raio X durante os procedimentos de angiografias e intervenções percutâneas, analise as assertivas a seguir:

1. Projeção oblíqua anterior direita (OAD) caudal é a que mais gera exposição de radiação secundária para o operador.
2. Quanto mais baixa a mesa do paciente e mais distante do paciente o detector de imagem, maior a exposição do operador à radiação secundária.
3. Quando o operador dobra a distância em relação a fonte de raio X, existe a redução em sua exposição em um fator de 4 (quatro) vezes (lei do quadrado inverso).

Assinale a alternativa CORRETA:

- A) Apenas a assertiva I está correta.
- B) Apenas a assertiva II está correta.
- C) Apenas as assertivas I e II estão corretas.
- D) Apenas as assertivas II e III estão corretas.
- E) As assertivas I, II e III estão corretas.

Questão 4

SBHCI 2020

Em relação à exposição ao raio X durante os procedimentos de angiografias e intervenções percutâneas, analise as assertivas a seguir:

1. Projeção oblíqua anterior direita (OAD) caudal ~~é a que mais gera~~ exposição de radiação secundária para o operador.
2. Quanto mais baixa a mesa do paciente e mais distante do paciente o detector de imagem, maior a exposição do operador à radiação secundária.
3. Quando o operador dobra a distância em relação a fonte de raio X, existe a redução em sua exposição em um fator de 4 (quatro) vezes (lei do quadrado inverso).

Assinale a alternativa CORRETA:

- A) Apenas a assertiva I está correta.
- B) Apenas a assertiva II está correta.
- C) Apenas as assertivas I e II estão corretas.
- D) Apenas as assertivas II e III estão corretas.
- E) As assertivas I, II e III estão corretas.

Questão 5

SBHCI 2020



Em relação à exposição radiológica durante os procedimentos de cardiologia intervencionista, pode se afirmar que:

1. Lesões cutâneas, como o eritema, podem surgir após 48 horas em pacientes submetidos à doses de radiação maiores ou igual a 2 Gy.
2. A intensidade da dose de radiação administrada ao paciente é inversamente proporcional ao quadrado da distância da fonte de raio-X ao qual o mesmo está exposto.
3. A angulação da fonte de raio-X e o peso do paciente não são fatores associados à uma maior exposição radiológica.

Analise as assertivas e assinale a alternativa CORRETA:

- A) Apenas a assertiva I está correta.
- B) Apenas as assertivas I e II estão corretas.
- C) Apenas as assertivas II e III estão corretas.
- D) Apenas as assertivas I e III estão corretas.
- E) As assertivas I, II e III estão corretas.

Questão 5

SBHCI 2020



Em relação à exposição radiológica durante os procedimentos de cardiologia intervencionista, pode se afirmar que:

1. Lesões cutâneas, como o eritema, podem surgir após 48 horas em pacientes submetidos à doses de radiação maiores ou igual a 2 Gy.
2. A intensidade da dose de radiação administrada ao paciente é inversamente proporcional ao quadrado da distância da fonte de raio-X ao qual o mesmo está exposto.
3. A angulação da fonte de raio-X e o peso do paciente ~~não são fatores~~ associados à uma maior exposição radiológica.

Analise as assertivas e assinale a alternativa CORRETA:

- A) Apenas a assertiva I está correta.
- B) Apenas as assertivas I e II estão corretas.
- C) Apenas as assertivas II e III estão corretas.
- D) Apenas as assertivas I e III estão corretas.
- E) As assertivas I, II e III estão corretas.

Questão 6

SBHCI 2022



Analise as afirmações a seguir, no que se refere à proteção radiológica, e assinale a alternativa CORRETA:

- A) Selecionar taxa de quadros mais baixa (4-7,5 fps para fluoroscopia, 7,5-15 fps para cine) e evitar usar colimação para diminuir a dose de radiação e dispersão para paciente e funcionários.
- B) A limitação da dose é uma prática bem definida na proteção radiológica dos indivíduos ocupacionalmente expostos, os quais devem ser monitorados quinzenalmente para assegurar que não irão receber doses ocupacionais acima dos limites.
- C) Manter a mesa próxima da fonte reduz a exposição à radiação e minimiza o risco de lesões cutâneas no paciente.
- D) Deve-se procurar, sempre que possível, usar uma ampliação menor e manter as extremidades do paciente fora do caminho do feixe e longe do tubo de raios X.

Questão 6

SBHCI 2022

Analise as afirmações a seguir, no que se refere à proteção radiológica, e assinale a alternativa CORRETA:

A) Selecionar taxa de quadros mais baixa (4-7,5 fps para fluoroscopia, 7,5-15 fps para cine) e ~~evitar usar~~ colimação para diminuir a dose de radiação e dispersão para paciente e funcionários.

B) A limitação da dose é uma prática bem definida na proteção radiológica dos indivíduos ocupacionalmente expostos, os quais devem ser monitorados ~~quinzenalmente~~ para assegurar que não irão receber doses ocupacionais acima dos limites.

C) Manter a mesa próxima da fonte ~~reduz~~ a exposição à radiação e ~~minimiza~~ o risco de lesões cutâneas no paciente.

D) Deve-se procurar, sempre que possível, usar uma ampliação menor e manter as extremidades do paciente fora do caminho do feixe e longe do tubo de raios X.