

# Notas de Aula: Física Aplicada a Imaginologia - parte I

*Prof. Luciano Santa Rita*

*Fonte: Prof. Rafael Silva*

[www.lucianosantarita.pro.br](http://www.lucianosantarita.pro.br)

[tecnologo@lucianosantarita.pro.br](mailto:tecnologo@lucianosantarita.pro.br)



# Conteúdo Programático

- Notação científica;
- Dinâmica:
  - Leis de Newton, trabalho e potência;
  - Energia Cinética e Potencial;
- Eletricidade:
  - Lei de Coulomb e
  - Corrente elétrica.



# Notação científica

- Formato da notação científica:

$$N \times 10^p$$

- Onde

- $N$  é  $\longrightarrow 1 \leq N < 10$
- $p \in \mathbb{Z}$  e representa a ordem de grandeza do número
- Para transformar um número qualquer para notação científica padronizada, devemos deslocar a vírgula obedecendo o princípio do equilíbrio.



# Notação científica

- Para cada casa decimal que deslocamos a vírgula, somamos uma unidade ao expoente da base dez.
  - Vírgula para a esquerda expoente positivo.
  - Vírgula para a direita expoente negativo.

# Notação científica

## ■ Exemplo

a)  $450 = 4,5 \times 10^2$

b)  $126\ 000\ 000 = 1,26 \times 10^8$

c)  $0,000\ 083 = 8,3 \times 10^{-5}$

d)  $3716,4102 = 3,7 \times 10^3$

e)  $0,000\ 000\ 0006 = 6 \times 10^{-10}$

f)  $25347,89 = 2,534789 \times 10^4$

# Notação científica

- Exercícios: Passe os números abaixo para a notação Científica:

a) 7000

b) 25000

c) 374000

d) 27493

e) 0,000003

f) 0,000052

g) 0,0212

h) 0,001

i) 0,000001

j) 0,000000001

k) 0,0000000000002

l) 3000000

m) 23,4

n) 9786,65

# Notação científica

- *Soma e subtração*: para somar ou subtrair dois números, em notação científica, é necessário que os expoentes sejam de mesmo valor.

- *Soma*

- $4,2 \times 10^7 + 3,5 \times 10^5 = ?$
- Igualar os expoentes:
- $3,5 \times 10^5 = 0,035 \times 10^7$
- Efetuar a operação:

$$\begin{array}{r} + 4,2 \times 10^7 \\ 0,035 \times 10^7 \\ \hline \end{array}$$

$$4,235 \times 10^7$$

- *Subtração*

- $4,2 \times 10^7 - 3,5 \times 10^5 = ?$
- Igualar os expoentes:
- $3,5 \times 10^5 = 0,035 \times 10^7$
- Efetuar a operação:

$$\begin{array}{r} - 4,2 \times 10^7 \\ 0,035 \times 10^7 \\ \hline \end{array}$$

$$4,165 \times 10^7$$

# Notação científica

- **Multiplicação:** multiplicamos os valores de N e somamos os expoentes de mesma base.
- **Divisão :** dividimos os valores de N e diminuimos os expoentes de mesma base.

- **Multiplicação**

- $(4,2 \times 10^7) \times (3,5 \times 10^5) = ?$
- Multiplicar N:
- $4,2 \times 3,5 = 14,7$
- Somar os expoentes
- $10^{7+5} = 10^{12}$

- **Resultado**

- $14,7 \times 10^{12}$
- $1,47 \times 10^{13}$

- **Divisão**

- $(4,2 \times 10^7) \div (3,5 \times 10^5) = ?$
- Dividir N:
- $4,2 \div 3,5 = 1,2$
- Diminuir os expoentes
- $10^{7-5} = 10^2$

- **Resultado**

- $1,2 \times 10^2$

# Notação científica

## ■ Exemplos

a)  $(2 \times 10^3) \times (4 \times 10^{-1}) = (2 \times 4) \times (10^{(3+(-1))}) = 8 \times 10^2$

b)  $(3 \times 10^3) \times (5 \times 10^8) = (3 \times 5) \times (10^{(3+8)}) = 15 \times 10^{11} = 1,5 \times 10^{12}$

c)  $(8 \times 10^4) : (2 \times 10^6) = (8:2) \times (10^{(4-6)}) = 4 \times 10^{-2}$

d)  $(6 \times 10^{-7}) : (3 \times 10^{-6}) = (6:3) \times (10^{(-7-(-6))}) = 2 \times 10^{-1}$

e)  $(2,4 \times 10^{-7}) : (6,2 \times 10^{-11}) = (2,4:6,2) \times (10^{(-7-(-11))}) =$   
 $= 0,387 \times 10^4$  (  $N < 1$  )  $= 3,87 \times 10^{(4-1)} = 3,87 \times 10^3$

# Notação científica

## ■ Exercícios

a)  $3 \times 10^3 + 2 \times 10^2 =$

b)  $1,2 \times 10^5 + 4 \times 10^{-1} =$

c)  $4 \times 10^9 - 5 \times 10^7 =$

d)  $2 \times 10^3 - 1 =$

e)  $3 \times 10^4 \times 5 \times 10^{-7} =$

f)  $4 \times 10^{12} \times 6 \times 10^0 =$

g)  $2,6 \times 10^{-4} \times 3,2 \times 10^3 =$

h)  $8 \times 10^7 \div 2 \times 10^4 =$

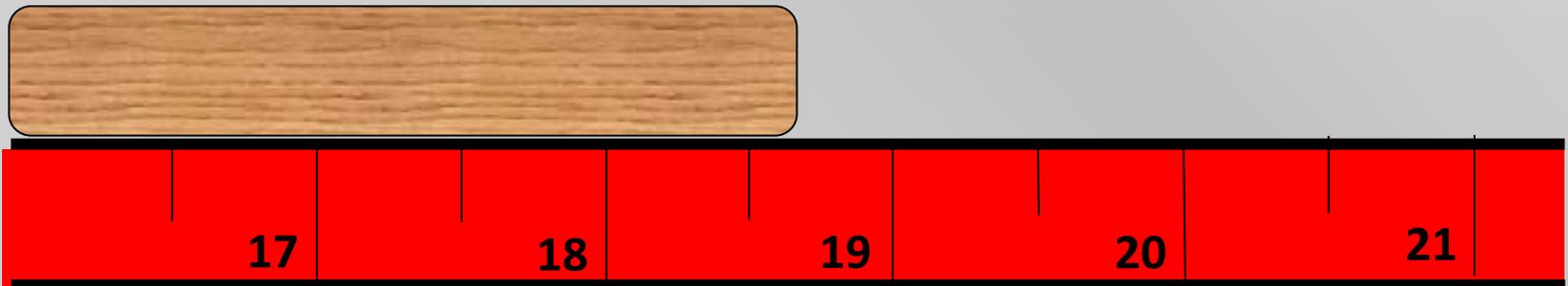
i)  $4 \times 10^5 \div 2 \times 10^{-3} =$

j)  $6,4 \times 10^{12} \div 7 \times 10^{24} =$

k)  $(2 \times 10^3 \times 4 \times 10^4) + (8 \times 10^2 \div 4 \times 10^{-4}) - (5 \times 10^2 + 3 \times 10^3) =$

# Algarismo significativo

- São algarismos que compõe o valor numérico de uma medida física incluindo um algarismo necessariamente duvidoso. Este algarismo é o último da direita.

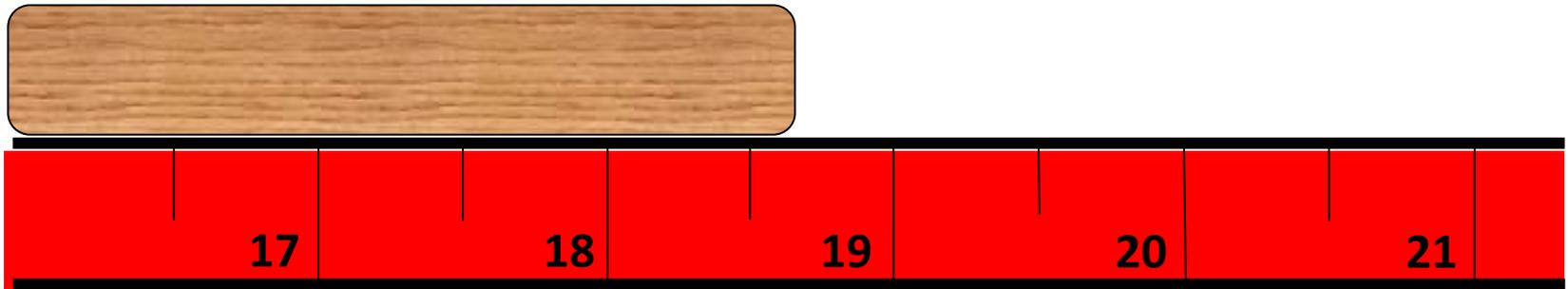


Qual o valor da medida?

18,6 cm ou 18,7 cm ?

# Algarismo significativo

- Temos certeza do algarismo 1 e do algarismo 8, porém duvidamos do algarismo 6 ou 7.



certo certo duvidoso certo certo duvidoso

18,6 cm ou 18,7 cm ?



# Regras básicas

- 1) Quanto maior o nº de A. S., maior a precisão da medida e, por consequência, do instrumento utilizado.
  - Ex.: 4,3421 é mais preciso que 4,34
- 2) O penúltimo algarismo à direita (ou seja, o último antes do duvidoso), indica a graduação do instrumento usado na medição.
  - Ex.: 18,74 cm 7 (graduação em mm)

# Regras básicas

- 3) Os zeros extremos à direita em uma medida física são significativos; os zeros extremos à esquerda não são.
- Ex.: 4,60 (3 significativos) ; 0,086 (2 significativos); 0,000001600 (4 significativos)
- 4) A potência de dez da notação científica (N.C.) não é contada nos algarismos significativos (A.S.).
- Ex.:  $1,4 \times 10^5$  (2 significativos);  $2,00 \times 10^{-4}$  (3 significativos)

# Regras básicas

5) Quando se opera uma mudança de unidades em uma medida física já efetuada, não se pode alterar o nº de A.S.

■ Ex.:  $5,46 \text{ mm} = 0,00546 \text{ m}$  (CERTO)  $\longrightarrow$  3 algarismos

■  $3,7 \text{ m} = 3700 \text{ mm}$  (ERRADO)

2 algarismos

4 algarismos

■ No caso acima deve ser usada N.C.

■  $3,7 \text{ m} = 3,7 \times 10^3 \text{ mm}$  (CERTO)

# Regras básicas

6) Para efeito de arredondamento de medidas físicas, o algarismo a ser abandonado obedece à regra:

- nº terminados com os algarismos 0, 1, 2, 3 e 4: *Mantém o algarismo vizinho.*

a)  $2,9\mathbf{3}3 = 2,93$

b)  $21,5\mathbf{4}1 = 21,54$

- nº terminados com os algarismos 6, 7, 8 e 9: *Soma uma unidade ao algarismo vizinho.*

a)  $2,1\mathbf{4}9 = 2,15$

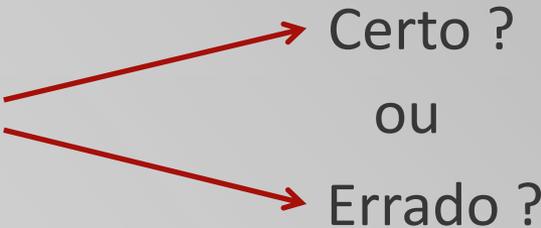
b)  $4,35\mathbf{9}7 = 4,360$

- nº terminado com o algarismo 5, *por convenção*, seguirão a regra imediatamente acima.

a)  $8,1\mathbf{5}9 = 8,16$

# Regras básicas

7) A soma (ou diferença) de medidas físicas deve ser apresentada com o menor nº de decimais relativo as medidas em operação.

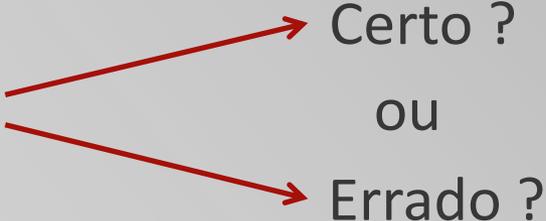
■ Ex.:  $6,45 + 1,4 = 7,85$   Certo ?  
ou  
Errado ?

■ Como 1,4 tem apenas uma casa decimal, o resultado também tem que ter uma casa decimal, ou seja **7,9**.

# Regras básicas

8) O produto (ou quociente) de medidas físicas deve ser apresentado com o menor nº de significativos relativo às medidas em operação.

■ Ex.:  $3,42 \times 1,3 = 4,446$



Certo ?  
ou  
Errado ?

■ Como o nº 1,3 tem apenas 2 A.S., o resultado deve apresentar apenas 2 A.S., ou seja **4,4**.

# Exercícios

- a) O peso de um corpo é  $0,3010 \times 10^3$  N, qual o número de algarismos significativos?
- b) Três pedaços de fio possuem comprimentos iguais a  $1,80 \times 10^3$  m,  $4,0 \times 10^3$  m, 2,0 m. Qual a expressão fisicamente correta da soma dos comprimentos dos fios?
- c) Ao medir o volume de um recipiente, foi encontrado o seguinte resultado:  $V = 0,005380 \text{ m}^3$ . Qual o número de algarismos significativos desta medida?
- d) A distância percorrida por um atleta de maratona foi de  $4,72 \times 10^3$  m. Qual o número de algarismos significativos desta medida?
- e) Um estudante mede a massa de 3 canetas esferográficas e obtém os seguintes valores: 7,00 g, 6,54 g e 6,1 g.
1. Qual a soma da massa das três canetas?
  2. Qual a diferença das massas da caneta 2 e 3?
- f) As medidas de um objeto de forma retangular a ser radiografado é 8,96 m x 2,1 m. Qual a área deste objeto?

# Regras para a grafia das unidades de medição

- Todas as unidades, quando escrita por extensos, devem ter letra inicial minúsculas, mesmo no caso em que elas derivem de nomes de pessoas.
- Exemplos
  - metro (unidade de comprimento),
  - newton (unidade de força),
  - joule (unidade de energia),
  - ampère (unidade de intensidade de corrente elétrica).
  - *Exceção:* Celsius ( unidade de temperatura )



# Regras para a grafia das unidades de medição

- Os símbolos devem ser grafados com letra minúscula, exceto quando derivam de nomes de pessoas.
- Exemplos
  - m, para metro
  - N, para newton
  - J, para joule
  - s, para segundo
  - A, para ampère



# Unidades de base

- Comprimento: metro (m)
- Massa: quilograma (kg)
- Tempo: segundo (s)
- Corrente Elétrica ampère (A)
- Temperatura Termodinâmica: kelvin (k)
- Quantidade de matéria: mol (mol)
- Intensidade luminosa: candela (cd)

# Múltiplos

Fator	Prefixo	Aportuguesado	Símbolo
$10^1$	deka	deca	da
$10^2$	hecto	hecto	h
$10^3$	kilo	quilo	k
$10^6$	mega	mega	M
$10^9$	giga	giga	G
$10^{12}$	tera	tera	T
$10^{15}$	peta	peta	P
$10^{18}$	exa	exa	E
$10^{21}$	zetta	zetta	Z
$10^{24}$	yotta	yotta	Y

# Submúltiplos

Fator	Prefixo	Aportuguesado	Símbolo
$10^{-1}$	deci	deci	d
$10^{-2}$	centi	centi	c
$10^{-3}$	milli	mili	m
$10^{-6}$	micro	micro	μ
$10^{-9}$	nano	nano	n
$10^{-12}$	pico	pico	p
$10^{-15}$	femto	femto	f
$10^{-18}$	atto	atto	a
$10^{-21}$	zepto	zepto	z
$10^{-24}$	yocto	yocto	y

# Dinâmica

- É a parte da mecânica que estuda os movimentos e suas causas.
  - Massa ( $m$ ) é uma grandeza que atribuímos a cada corpo obtida pela comparação do corpo com um padrão.
    - Ex.: quilograma (Kg) padrão: bloco de platina (90%) e irídio (10%) – Instituto Internacional de pesos e medidas – Sérvies- França.
    - A unidade de massa é **kg**.
  - Grandeza escalar – Valor numérico e unidade perfeitamente definidos.
    - Ex.: massa: 20 kg , comprimento: 3 m. Energia: 4 J ....
  - Grandeza vetorial - Necessitam além do valor numérico e da unidade, a definição de módulo, direção e sentido.
    - Ex. velocidade: 60 km/h, aceleração: 5 m/s<sup>2</sup>, força: 100 N ...



# Dinâmica: 1ª Lei de Newton

- Conceito: Inércia

- *Aristóteles* – Um corpo em repouso tende, por sua inércia, a permanecer em repouso. Um corpo em movimento tende, por sua inércia, a manter sua velocidade constante.
- *Newton* – Todo corpo livre da ação de forças ou está em repouso ou realiza movimento retilíneo e uniforme.
- *Inércia* é a propriedade de um corpo de permanecer em repouso ou em movimento retilíneo uniforme, quando não sofrem ações de forças.

# Dinâmica: 2ª Lei de Newton

- **Força** ( $F$ ) – é a causa que produz num corpo variação de velocidade, isto é, produz aceleração. A unidade no sistema internacional é newton (N).
- Quando aplicamos uma mesma força em dois corpos de massas diferentes observamos que elas não produzem aceleração igual.
- A 2ª lei de Newton diz que a Força é sempre diretamente proporcional ao produto da aceleração de um corpo pela sua massa, ou seja:

$$\vec{F} = m \cdot \vec{a} \quad \text{ou em módulo} \rightarrow F = m \cdot a$$

- Onde:

- **F** é a resultante de todas as forças que agem sobre o corpo (em N);
- **m** é a massa do corpo a qual as forças atuam (em kg);
- **a** é a aceleração adquirida (em  $m/s^2$ ).



# Dinâmica: 3ª Lei de Newton

- Quando uma pessoa empurra um caixa com um força ( $F$ ), podemos dizer que esta é uma força de ação. mas conforme a 3ª lei de Newton, sempre que isso ocorre, há uma outra força com módulo e direção iguais, e sentido oposto a força de ação, esta é chamada força de reação.
- Esta é o princípio da ação e reação, cujo enunciado é:
  - *"As forças atuam sempre em pares, para toda força de ação, existe uma força de reação."*
  - Ex.: quando uma bola bate na parede a parede bate na bola com a mesma intensidade, direção e em sentido oposto.

# Dinâmica: Grandezas e suas unidades

Grandeza	Fórmula	unidade
- Velocidade	$V = \frac{\Delta s}{\Delta t}$	$m/s$
- Aceleração	$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$	$m/s^2$
- Força	$F = m \cdot a$	$kg \cdot m/s^2 = N$ (N → Newton)

# Exercícios

1. Um carro passa pelo Km 30 de uma rodovia às 6h e as 9h passa pelo km 240. Qual a velocidade média desenvolvida pelo carro neste intervalo de tempo?
2. Qual a velocidade média da mesa, de um tomógrafo computadorizado helicoidal, que durante um exame percorre a distância de 0,6 m em 10s?
3. Qual a distância percorrida por uma mesa, de um equipamento de tomografia computadorizada multislice, que durante um exame de tórax com 15 s de tempo de varredura, possui a velocidade média de 0,04m/s.
4. Um carro percorre 30 km em 20min. Qual a velocidade média neste percurso?
5. Um anúncio de um tomógrafo linear, proclama que partindo do repouso, o sistema atinge a velocidade média de 30m/s em um intervalo de tempo de 1,5s. Qual a aceleração média aplicada ao sistema?
6. Um elétron percorre a distância de 4cm, no tempo de  $2 \times 10^{-20}$ s, a uma velocidade de 300.000m/s. Qual a aceleração deste elétron na trajetória?



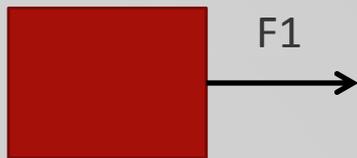
# Exercícios

7. Uma partícula de massa igual a 2 kg, inicialmente em repouso, é submetida á ação de uma força de intensidade de 20 N. Qual a aceleração que a partícula adquire?
8. Um profissional da radiologia, tem que conduzir um aparelho de raios x transportável, percorrendo um corredor de 4m a uma velocidade de 6m/s. Sabendo que a massa do aparelho é de 20 kg, qual a força empregada por este profissional em sua tarefa?
9. Dois objetos com massas de 1000 kg e 10000 kg, são submetidos a uma aceleração de 30 m/s<sup>2</sup>. quais as respectivas forças aplicadas a esses objetos?

# Exercícios

10. Calcule a aceleração dos sistemas abaixo, considerando o corpo de massa de 20 kg.

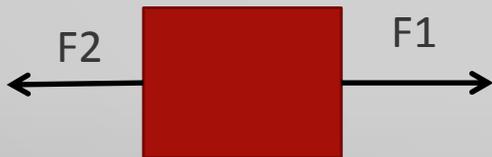
a)  $F_1 = 20 \text{ N}$



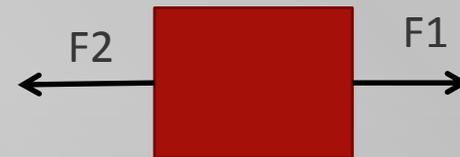
b)  $F_1 = 20 \text{ N}$  e  $F_2 = 16 \text{ N}$



c)  $F_1 = 20 \text{ N}$  e  $F_2 = 20 \text{ N}$



c)  $F_1 = 16 \text{ N}$  e  $F_2 = 20 \text{ N}$



# Dinâmica: Peso

- **Peso** ( $P$ ) – força de atração que a gravidade exerce sobre um corpo de massa  $m$  e submetido a aceleração da gravidade ( $g$ ).
  - É uma grandeza vetorial.
  - A aceleração da gravidade nas proximidades da terra é de  $9,8 \text{ m/s}^2$ .
  - A unidade de medida de peso no SI é o kgf.
  - $1\text{kgf} = 9,80665 \text{ N}$

$$P = m \cdot g$$

# Exercícios

11. Determine o peso de um corpo de massa 20kg na terra, onde a aceleração da gravidade é  $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ , e na lua onde a aceleração da gravidade é  $g = 1,6 \text{ m/s}^2$ .
12. Um paciente cuja massa corporal é de 70 kg necessita ser transportado por uma cadeira, onde o limite de peso máximo suportado é de 580 kgf. Este paciente deve ser transportado nesta cadeira? Justifique?

# Para não esquecer

- $\Delta s = s - s_0$

- $\Delta v = v - v_0$

- $\Delta t = t - t_0$

$$\text{km/h} \xrightarrow{\div 3,6} \text{m/s}$$
$$\text{m/s} \xleftarrow{\times 3,6} \text{km/h}$$

- $1 \text{ km} = 1000 \text{ m} = 10^3 \text{ m}$

- $1 \text{ m} = 100 \text{ cm} = 10^2 \text{ cm}$

- $1 \text{ cm} = 0,01 \text{ m} = 10^{-2} \text{ m}$

- $1 \text{ min} = 60 \text{ s}$

- $1 \text{ h} = 60 \text{ min} = 3600 \text{ s}$

- $1 \text{ dia} = 24 \text{ h} = 1440 \text{ min} = 86400 \text{ s}$

- $g = 9,80665 \text{ m/s}^2$

- $1 \text{ kgf} = 9,80665 \text{ N}$

- Potência:

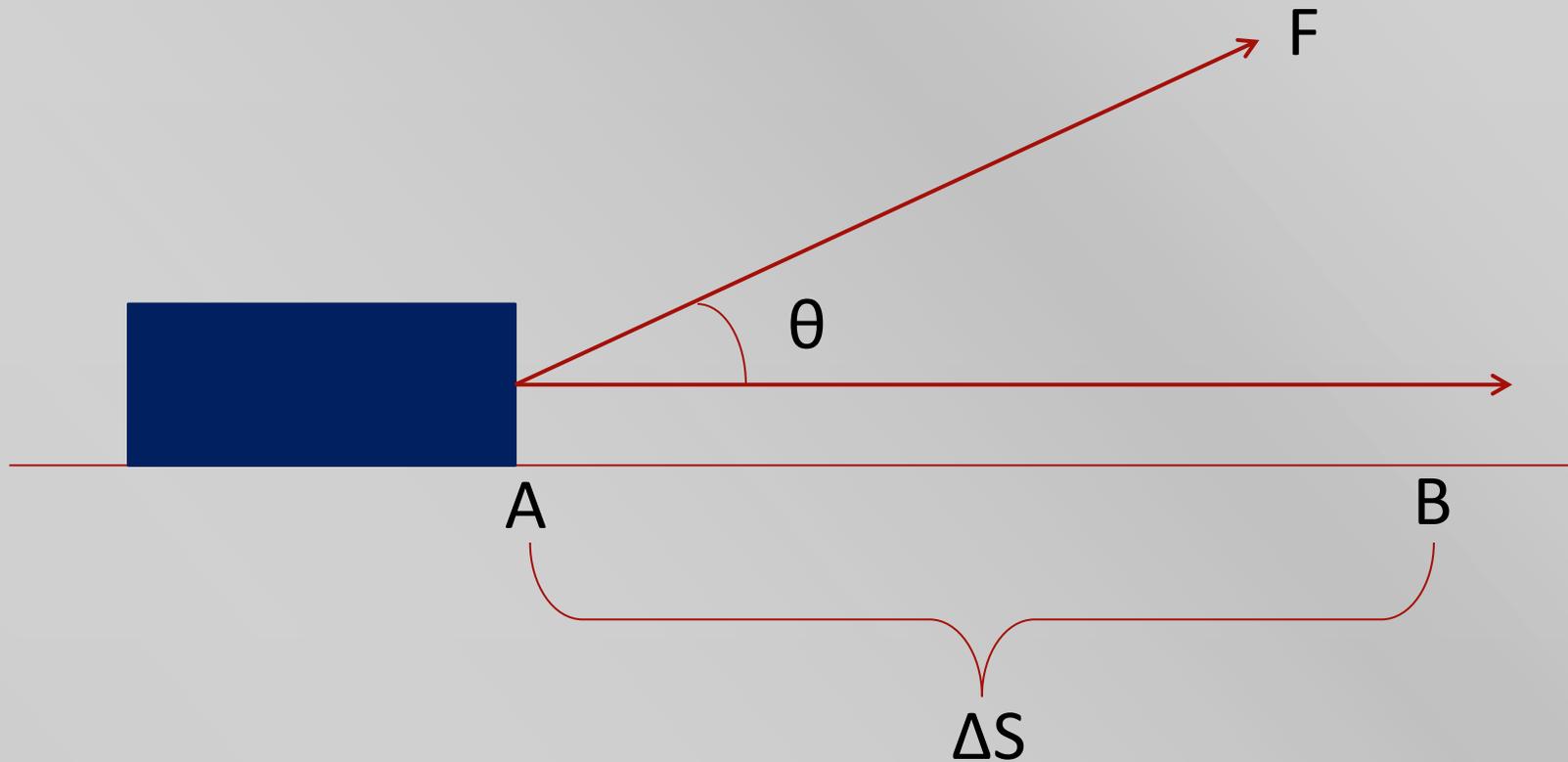
- Cavalo a vapor (cv) = 735,5 W

- Horse Power (hp) = 745,7 W

# Trabalho e potência

- Trabalho ( $W$ ) - É uma medida da energia transferida pela aplicação de uma força ao longo de um deslocamento.
- $W = F \cdot \Delta s \cdot \cos\theta$  , onde  $\theta$  é definido como o ângulo entre a força e ponto de deslocamento do corpo.
- Unidade de trabalho é joule ( J )
  - **$1 \text{ J} = 1 \text{ N} \cdot 1 \text{ m}$**

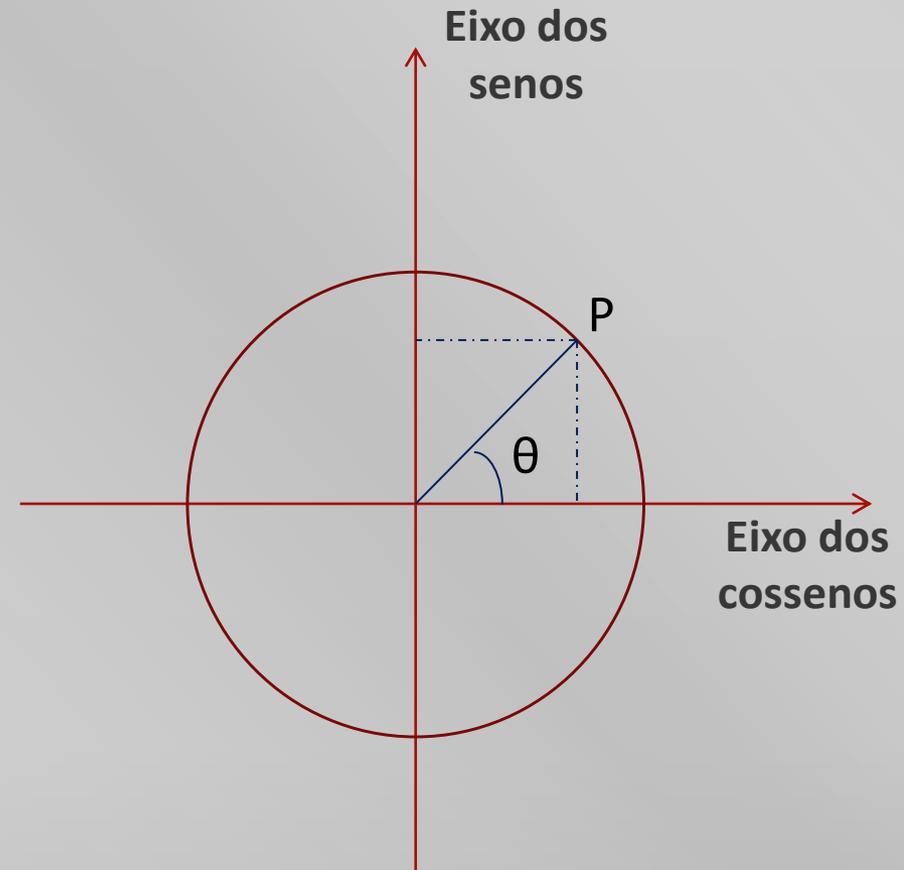
# Trabalho (W)



$$W = F \cdot \Delta S \cdot \cos\theta$$

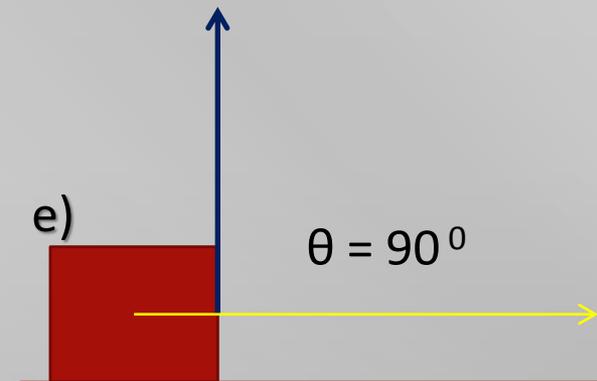
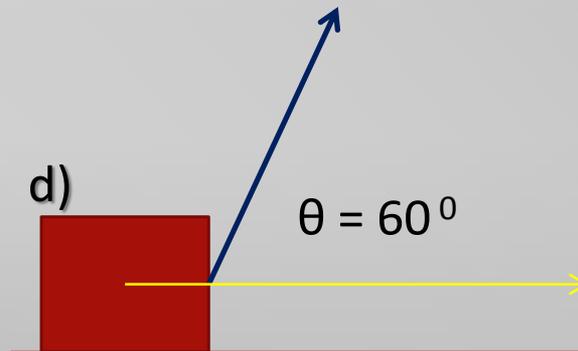
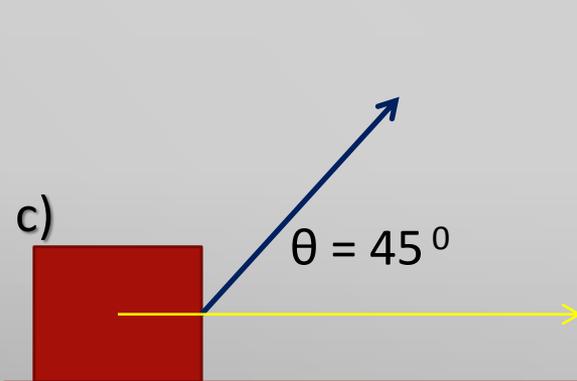
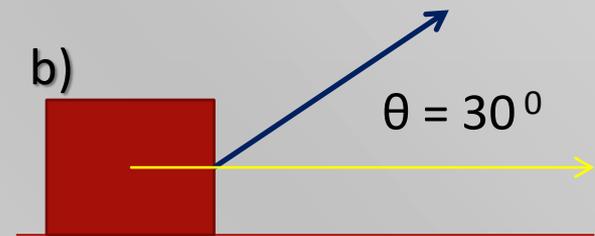
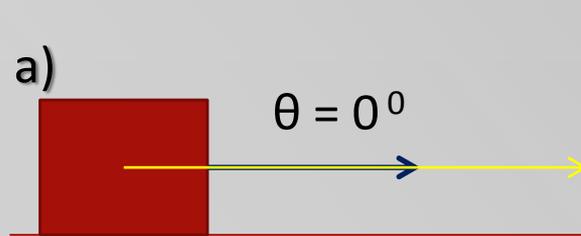
# Trabalho (W)

	<b>Seno</b>	<b>Cosseno</b>
$0^{\circ}$	0	1
$30^{\circ}$	0,5	0,866
$45^{\circ}$	0,707	0,707
$60^{\circ}$	0,866	0,5
$90^{\circ}$	1	0



# Exercício

- Determine o trabalho realizado pela força constante ( $F$ ) de intensidade de 20 N, que atua sobre um pequeno bloco que se desloca ao longo de um segmento de reta ( $\Delta S$ ) de extensão de 5,0 m, nos casos abaixo:



# Potência (P)

- Expressa uma taxa de trabalho ou energia.

$$P = \frac{W}{\Delta t}$$

- Taxa: variação de uma grandeza por unidade de tempo.

- Para  $\theta = 0^\circ$



$$P = \frac{F \cdot \Delta S}{\Delta t}$$

- Sendo  $v_m = \frac{\Delta S}{\Delta t}$



$$P = F \cdot v_m$$

- A unidade de potência no S.I. é o J/s, denominado watt (W)  $1W = 1 J/s$

# Exercício

1. Uma força de intensidade 10 N é aplicada a um corpo, deslocando-o de 2,0 m na direção e no sentido da força em 5,0 s. Determine:
  - a) O Trabalho realizado pela força;
  - b) A potência média dessa força.
2. Ao posicionarmos um paciente de 70 kg sobre a mesa de exames e colocarmos ela na posição vertical, verificamos a necessidade de deslocarmos a mesma no sentido vertical por 0,50 m. Sabendo que o movimento da mesa ocorre no intervalo de tempo de 6,0 s e considerando  $g=10\text{m/s}^2$ . Qual será a potência teórica do motor?
3. Um equipamento tele comandado necessita deslocar a coluna de sustentação do tubo por uma distância de 1,5 m, no sentido horizontal ao plano da mesa. Sabendo que a mesma tem uma massa de 25 kg, sua velocidade média é de 0,02 m/s, o ângulo entre o eixo de tração e o plano da mesa é de  $30^\circ$  e o tempo decorrido no processo é de 5 s. Qual o trabalho realizado pelo sistema?



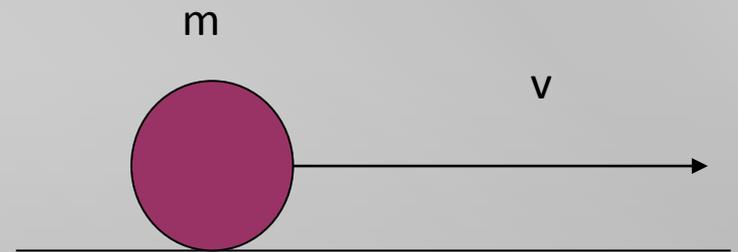
# Energia

- O conceito de energia é um dos mais abstratos na Física. Matéria e energia formam tudo o que conhecemos, mesmo assim, não podemos tocar a energia e nem vê-la.
- De acordo com a equação de Einstein,  $E=mc^2$ , energia e matéria são equivalentes. Normalmente, dizemos que um corpo (matéria) tem energia quando ele pode realizar trabalho e, entendendo o que é trabalho será mais fácil entender o conceito de energia.
- Definição:
  - *Energia é a propriedade de um sistema que lhe permite realizar trabalho. Unidade no S.I. é o joule (J).*

# Energia

- Um corpo em movimento apresenta características que o faz diferente de quando esta parado.
  - Uma pedra de 300 g colocada sobre uma mesa de vidro, não quebra a mesa.
  - Esta mesma pedra quando liberada de uma certa altura, ao se chocar com a mesa de vidro, quebra a mesa.
- *“Um corpo em movimento tem capacidade de realizar uma ação, e isto é **energia cinética**”.*

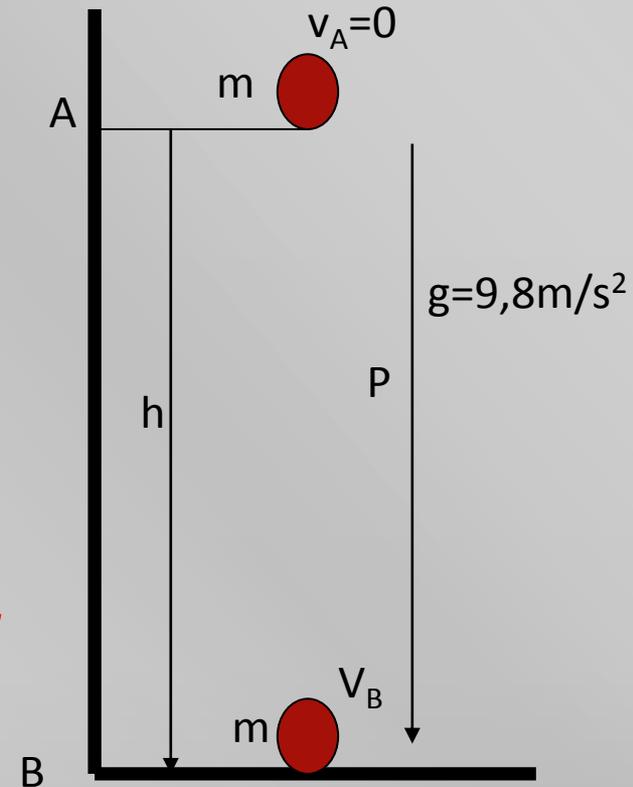
$$E_c = \frac{m \cdot v^2}{2}$$



# Energia

- Um corpo, mesmo em repouso, pode possuir energia em função da posição que ele ocupa.
  - Uma pedra parada a uma certa altura, possui energia. Se abandonada, ela cai cada vez mais depressa, a força peso realiza trabalho e a pedra adquire energia cinética, Então definimos que quando em repouso a pedra possuía uma energia denominada de **energia potencial gravitacional**.

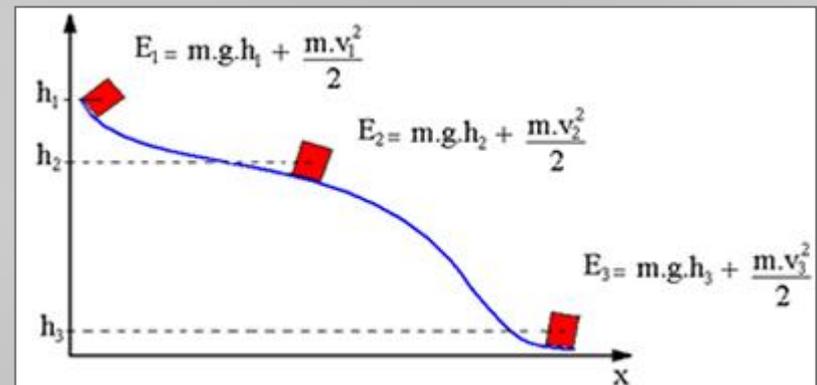
$$E_p = P \times h = m \cdot g \cdot h$$



# Energia

- Entre os diferentes tipos de energia a uma constante transformação.
  - Energia potencial em energia cinética
  - Energia cinética em energia térmica
- Na transformação energética não há criação ou destruição de energia e sim mudança de característica.
- A energia nunca é criada nem destruída, mas apenas transformada de um tipo em outro.
- O total de energia existente antes da transformação é igual ao total de energia obtido depois da transformação.

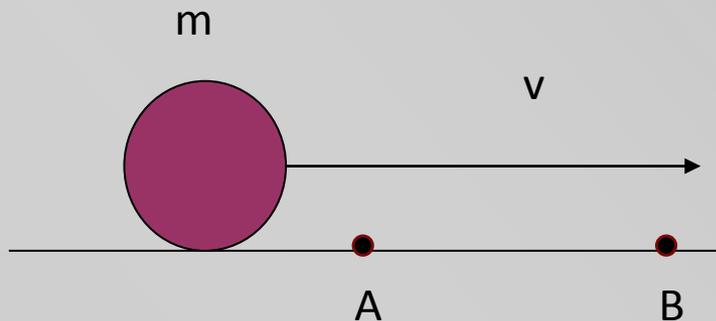
$$E = E_{c1} \cdot E_{p1} = E_{c2} \cdot E_{p2} = E_{c3} \cdot E_{p3}$$



- Este é o princípio da conservação de energia.**

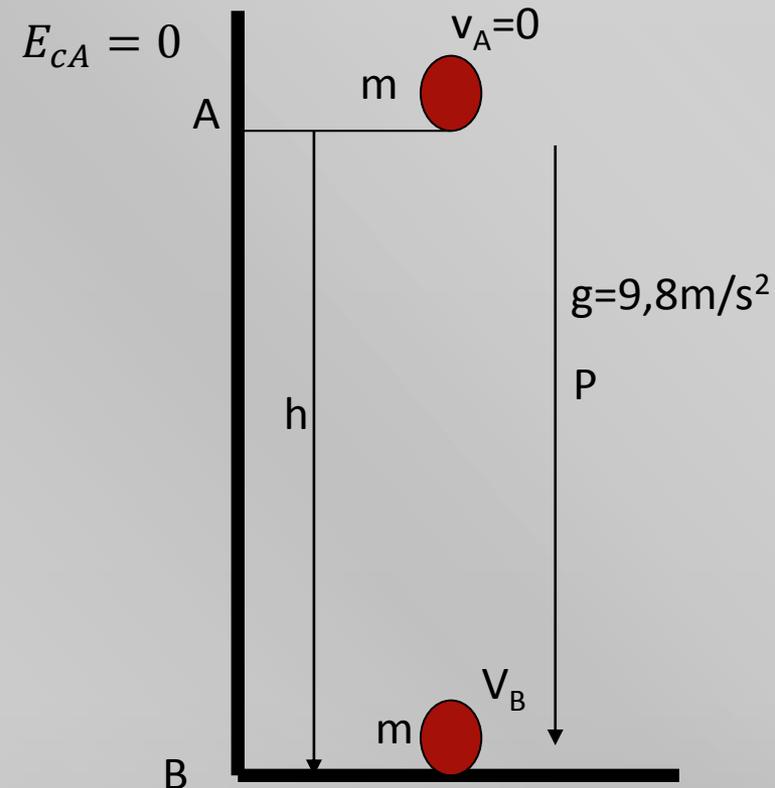
# Energia

- O trabalho resultante das forças agentes em um corpo em determinado deslocamento mede a variação de energia cinética ocorrida nesse deslocamento.



$$W = E_{CB} - E_{CA}$$

- Pela definição de trabalho no slide 37:

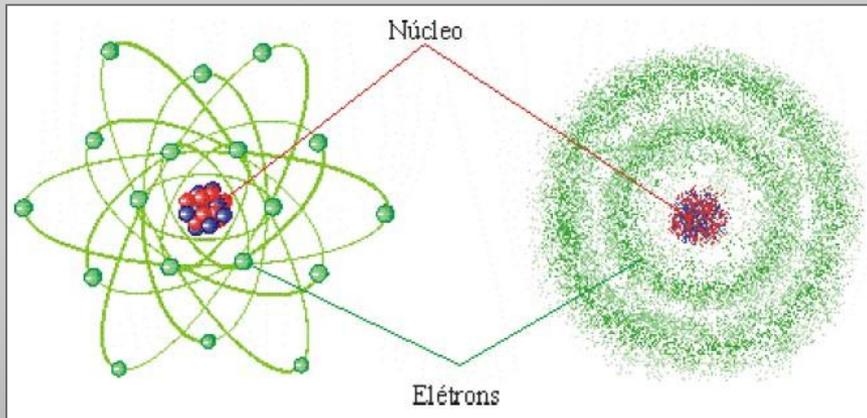


$$W = P \cdot h = m \cdot g \cdot h$$

$$W = E_{CB} = m \cdot g \cdot h$$

# Corrente elétrica

- Deslocamento ordenado de cargas elétricas entre dois polos com potencial elétricos diferentes.
  - Carga elétrica é uma propriedade física fundamental que determina as interações eletromagnéticas.
  - Objetos carregados eletricamente interagem exercendo forças, de atração ou repulsão, uns sobre os outros.

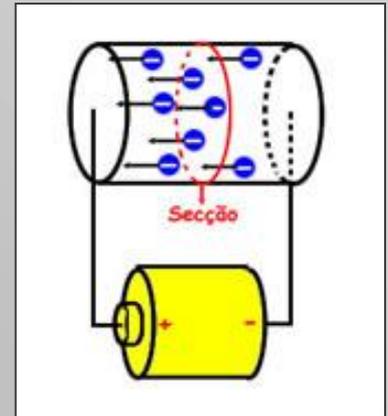


## ❖ Átomo → neutro

- ✓ Núcleo:
  - Próton – carga elétrica positiva
  - Nêutron – sem carga elétrica
- ✓ Eletrosfera
  - Elétron – carga elétrica negativa

# Corrente elétrica

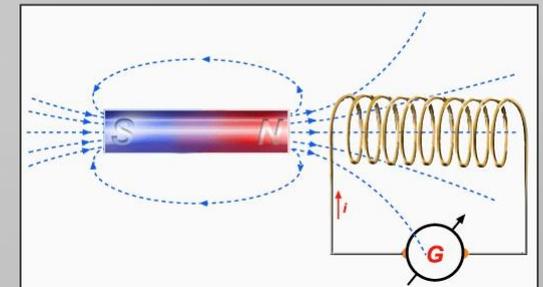
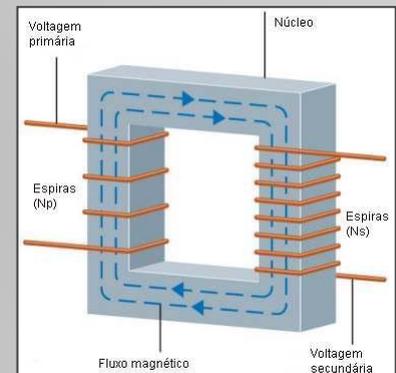
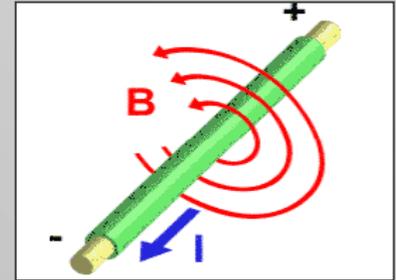
- Intensidade de corrente elétrica representa a quantidade de carga elétrica ( $\Delta q$ ) que atravessa uma seção transversal de um condutor, no intervalo de tempo ( $\Delta t$ ). Unidade no S. I. é o ampère (A).
- O sentido convencional do movimento de cargas elétricas é do ponto de maior potencial (polo positivo) para o de menor potencial (polo negativo). Porém o sentido real da corrente elétrica em condutores ocorre do polo negativo para o positivo.



$$i = \frac{\Delta q}{\Delta t} \text{ [A]}$$

# Corrente elétrica

- Algumas propriedades da corrente elétrica quando percorre um corpo condutor:
  - Fica incandescente, liberando calor e luminosidade;
  - Gera ao seu redor um campo eletromagnético proporcional a intensidade de corrente elétrica nele percorrida;
  - Se o corpo condutor for um fio enrolado de forma espiral, seu campo magnético aumenta de intensidade;
  - Campos magnéticos são capazes de induzir corrente elétrica em corpos condutores sob sua ação.



# Notas de Aula: Física Aplicada a Imaginologia - parte I

■ *Prof. Luciano Santa Rita*

*Fonte: Prof. Rafael Silva*

- [www.lucianosantarita.pro.br](http://www.lucianosantarita.pro.br)
- [tecnologo@lucianosantarita.pro.br](mailto:tecnologo@lucianosantarita.pro.br)





# Notas de Aula: Física Aplicada a Imaginologia - parte II

Prof. Luciano Santa Rita

*Fonte: Prof. Rafael Silva*

[www.lucianosantarita.pro.br](http://www.lucianosantarita.pro.br)

[tecnologo@lucianosantarita.pro.br](mailto:tecnologo@lucianosantarita.pro.br)

# Conteúdo Programático

- Física da emissão dos raios x diagnóstico
  - Parâmetros de técnica radiográfica
- Princípios da formação da imagem radiográfica
  - Interação da radiação com a matéria
  - Geometria da imagem radiográfica
  - Filmes e telas intensificadoras
  - Processamento radiográfico
  - Aulas práticas
- Radiografia digital padrão CR

# Física da emissão dos raios X diagnóstico



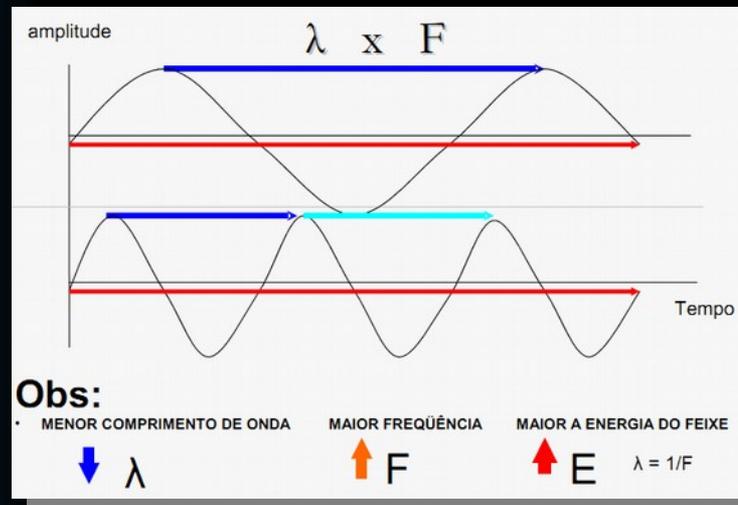
# Física da emissão dos raios X diagnóstico

## – Radiações ionizantes

- Corpuscular (carga, massa e origem no núcleo)
  - Partículas alfa e Beta
- Eletromagnética (fótons de energia)
  - Raios X (origem na eletrosfera)
  - Radiação gama (origem no núcleo)

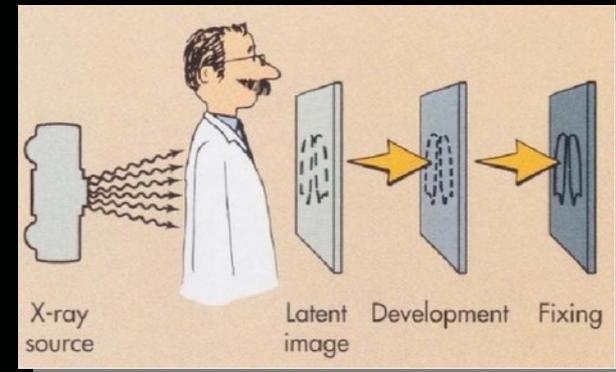
# Física da emissão dos raios X diagnóstico

- Radiação eletromagnética ionizante
  - Fótons de raios x e gama
  - Não tem massa nem carga elétrica
  - Se distinguem pelo tamanho do comprimento de onda e pela frequência de oscilação



# Física da emissão dos raios X diagnóstico

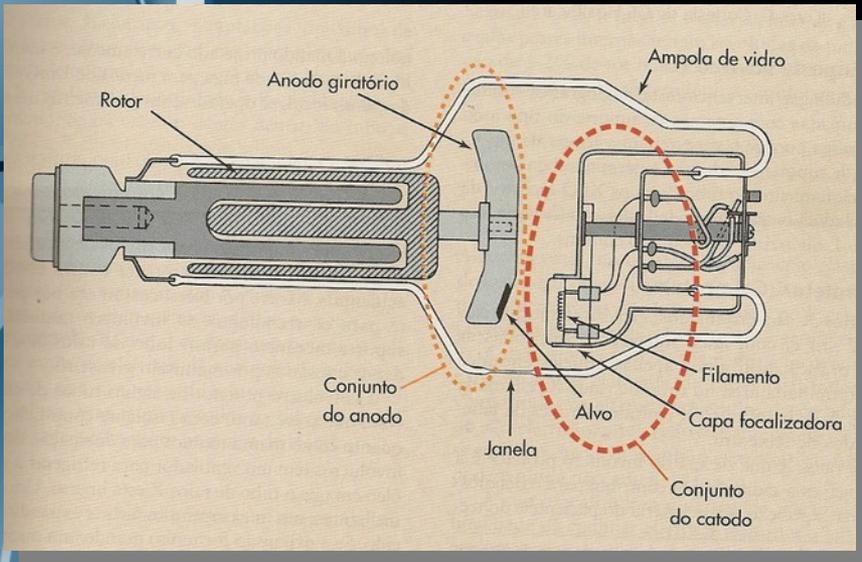
- Geração da imagem radiográfica
  - Fonte de radiação ionizante  
Raios X e radiação gama
  - Objetos  
Seres vivos e peças industriais
  - Receptores de imagem  
Filme, tela intensificadora, câmara CCD etc.



(Bushong, 2010)

# Física da emissão dos raios X diagnóstico

- Tubo de raios X

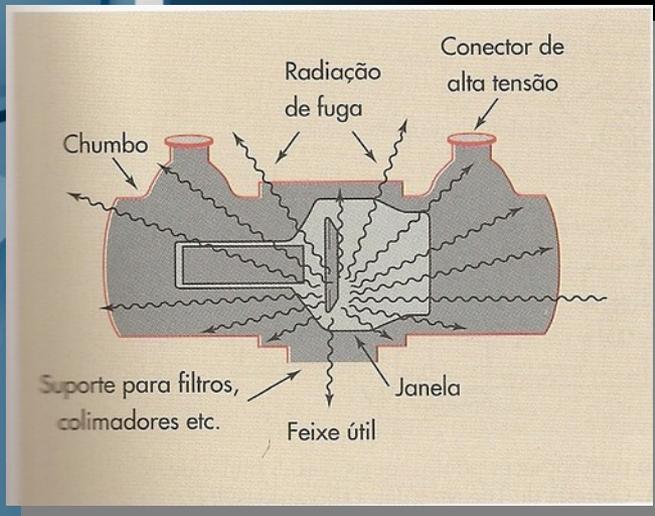


(Bushong, 2010)



# Física da emissão dos raios X diagnóstico

- Tubos de raios X



(Bushong, 2010)



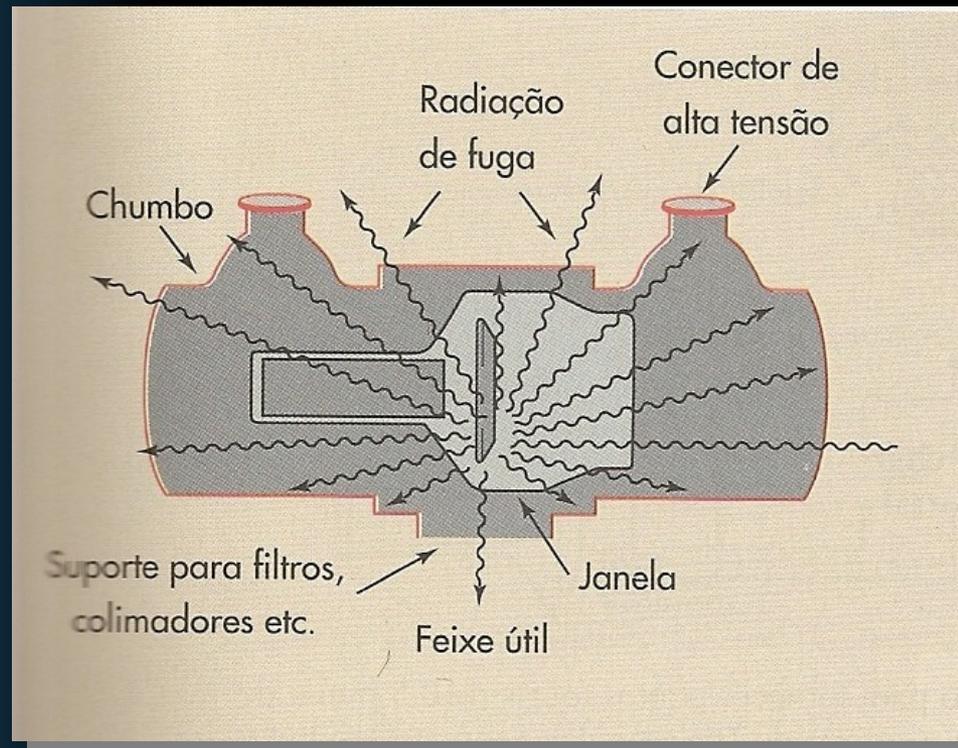
# Física da emissão dos raios X diagnóstico

- Tubos de raios X – Cabeçote

- O cabeçote da maioria dos tubos de raios X contém óleo, que serve tanto como isolante contra choques elétricos quanto manta térmica para dissipação do calor.
- No cabeçote do equipamento existe uma região chamada de janela que é o local por onde o feixe útil dos raios X que são utilizados no exame radiológico.
- O feixe que escapa do cabeçote é chamado de radiação de fuga e não contribui para qualidade da formação da imagem radiológica.

# Física da emissão dos raios X diagnóstico

- Tubos de raios X – Cabeçote



# Física da emissão dos raios X diagnóstico

- Tubos de raios X - Ampola
  - Elemento do aparelho radiográfico onde é produzida a radiação.
  - As ampolas podem ser de vidro ou metal. Ampolas de metal são destinadas a tubos de alta capacidade, pois têm vida útil mais longa e são menos sujeitos a falha.
  - O material utilizado para seu envelope deve ter alta condutividade térmica. Deve permitir que os fótons possam sair da ampola pela região conhecida como janela.
  - Possui como elementos principais o anodo e catodo.

# Física da emissão dos raios X diagnóstico

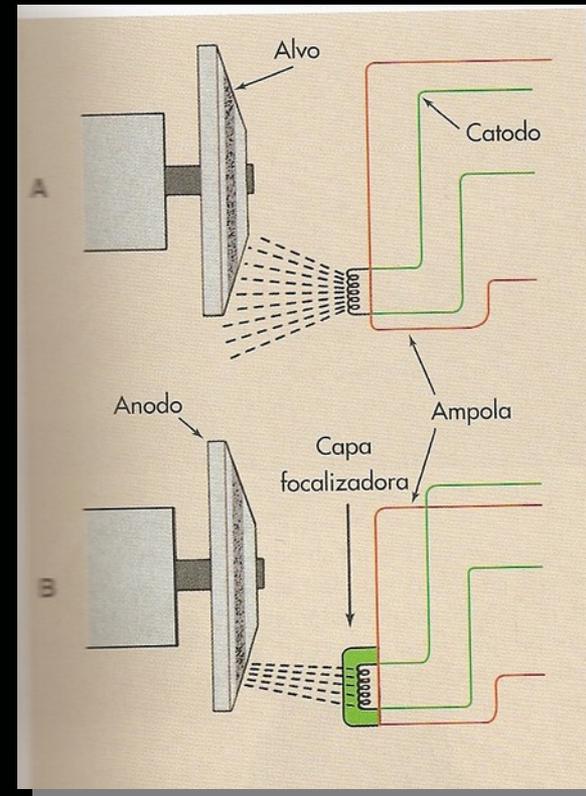
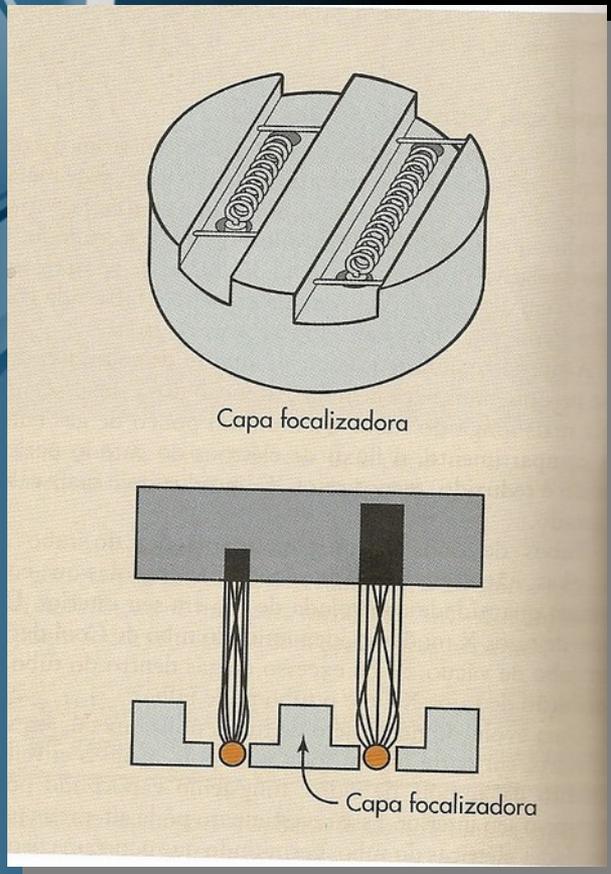
- Tubo de raios X – Catodo
  - Filamento – tungstênio (com 1 a 2% de tório)
    - Função: emitir elétrons por efeito termiônico
  - Capa focalizadora
    - Função: Manter o feixe de elétrons focalizados no alvo



(Soares e Lopes, 2001)

# Física da emissão dos raios X diagnóstico

- Tubo de raios X – Catodo



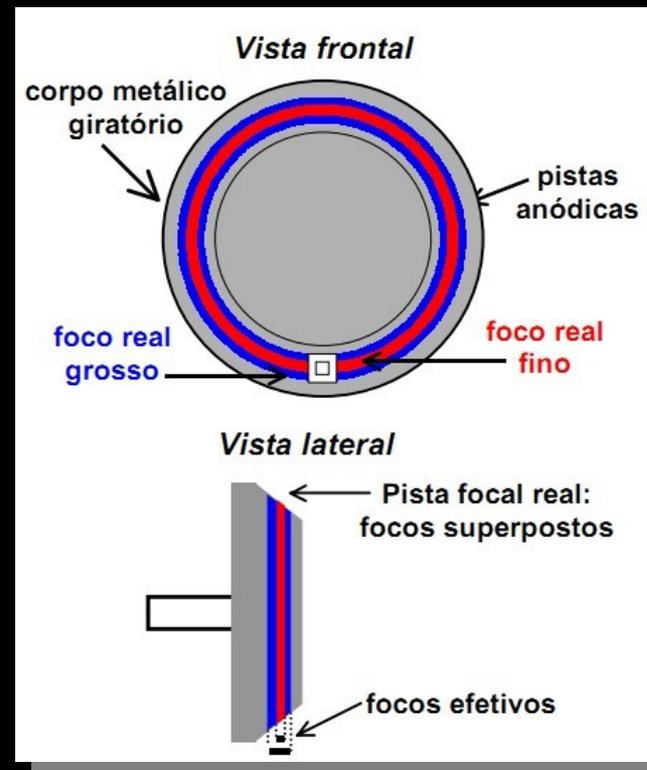
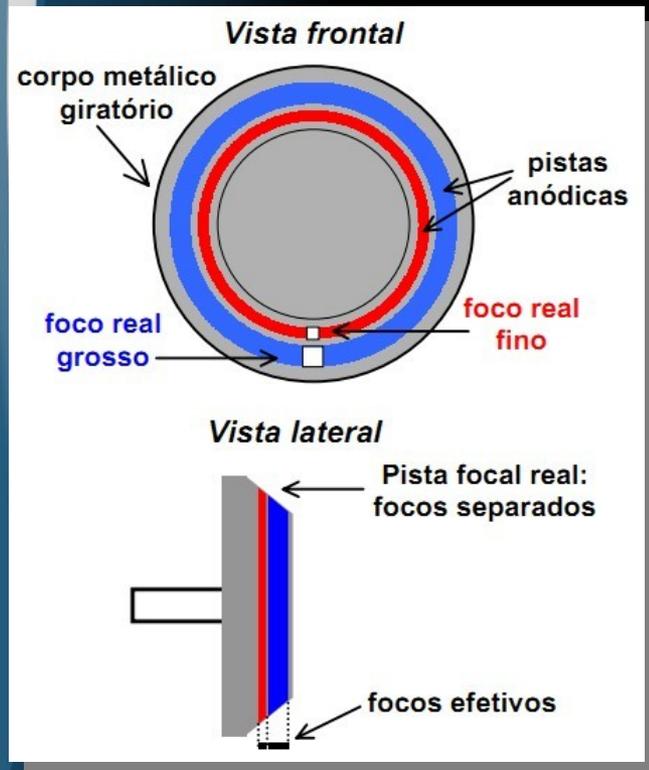
(Bushong, 2010)

# Física da emissão dos raios X diagnóstico

- **Tubo de raios X – Anodo**
  - Lado positivo do tubo de raios X;
  - Recebe os elétrons emitidos pelo catodo; condutor elétrico e térmico; e suporte mecânico.
  - Tipos: Giratório e fixo.
  - Giratório – de uso geral, capazes de produzir feixes de raios X de alta intensidade em tempo curto.
  - Fixo – utilizado em equipamentos odontológicos, portáteis e em unidades especiais em que não são necessárias alta corrente e elevadas energias.

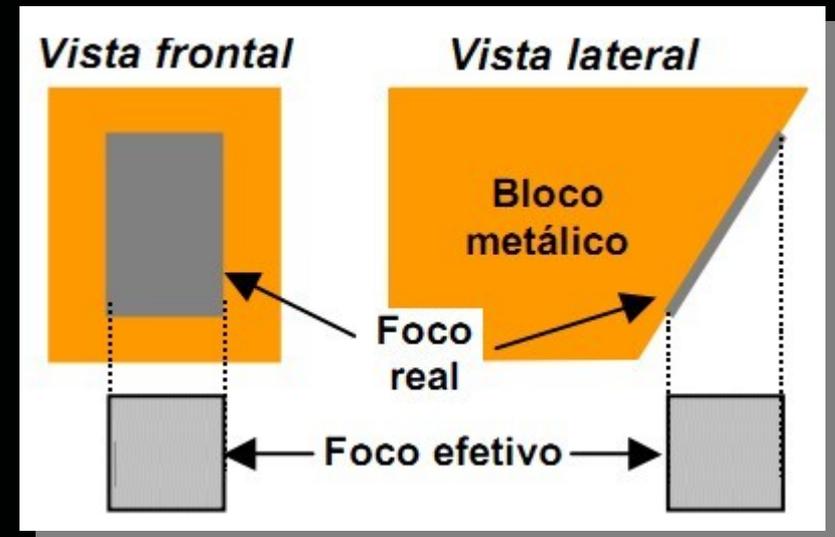
# Física da emissão dos raios X diagnóstico

- **Tubo de raios X – Anodo giratório**



# Física da emissão dos raios X diagnóstico

- Tubo de raios X – Anodo fixo

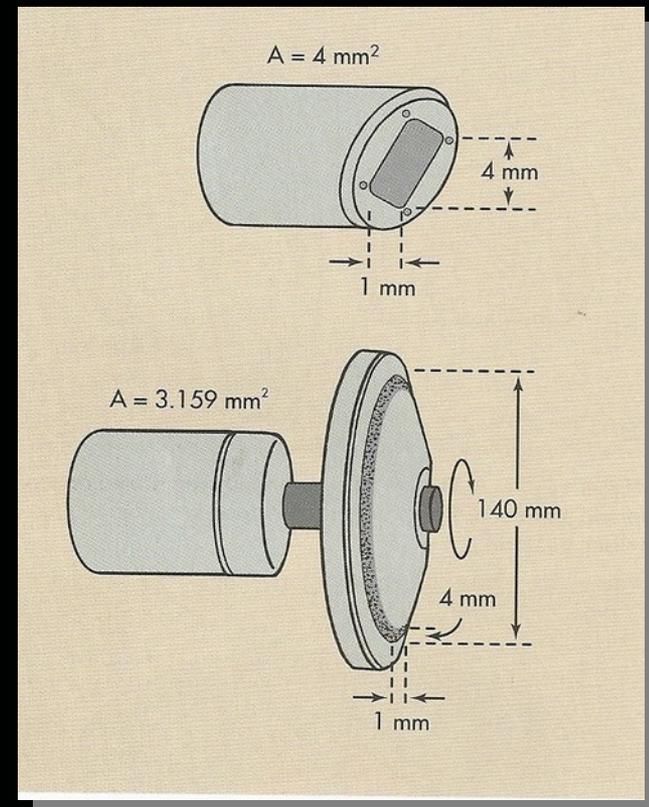
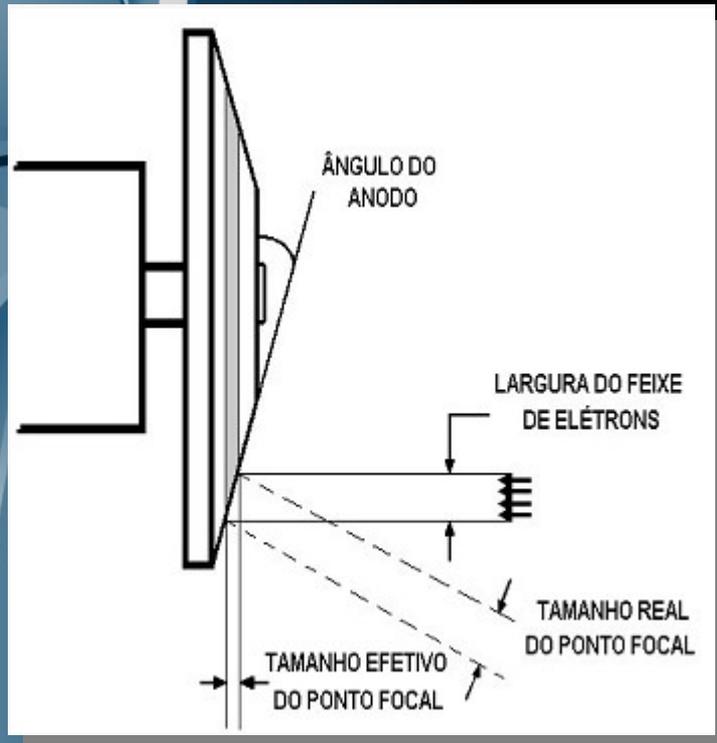


# Física da emissão dos raios X diagnóstico

- Anodo – Princípio do foco linha
  - O ponto focal é a área do alvo do qual são emitidos raios X;
  - O alvo é a área do anodo atingida pelos elétrons provenientes do catodo.
  - Quanto menor o ponto focal, melhor resolução espacial da imagem e mais concentrado o aquecimento;
  - Inclinando-se o alvo a área efetiva torna-se bem menor que a área real de interação dos elétrons. Isto é conhecido como princípio de foco linha.

# Física da emissão dos raios X diagnóstico

- Anodo – Princípio do foco linha



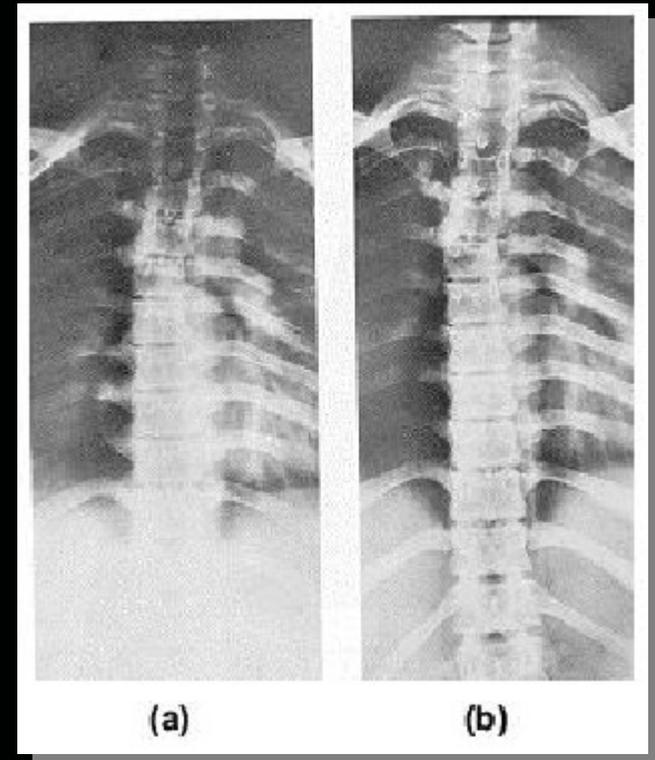
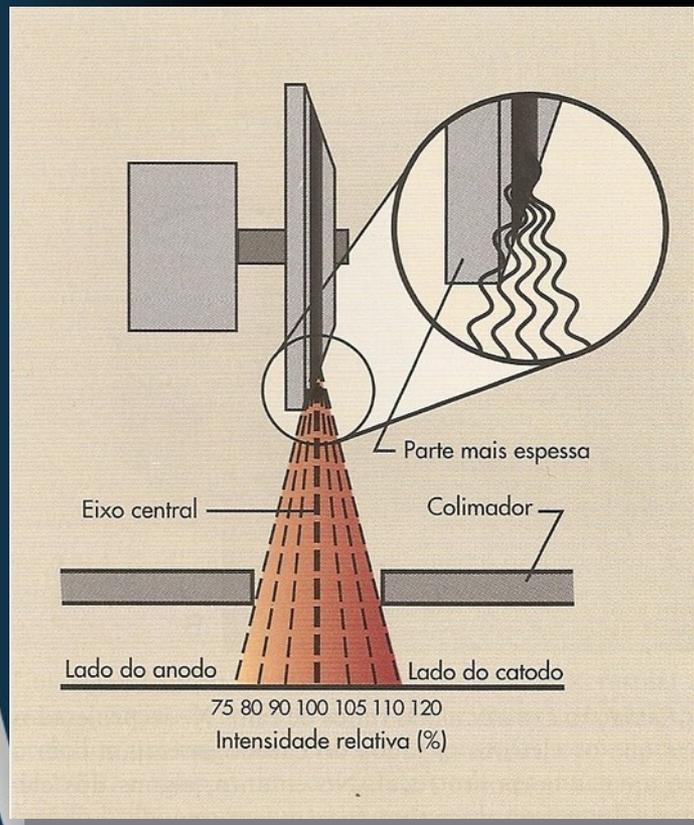
(Bushong, 2010)

# Física da emissão dos raios X diagnóstico

- Anodo – Efeito anódico ou efeito Heel
  - Consequência do efeito foco linha. A intensidade de radiação no lado do catodo na área irradiada é maior do que no lado do anodo.
  - Os raios X que constituem o feixe útil emitido em direção ao lado do anodo devem atravessar uma espessura maior do material do que os raios X emitidos em direção ao catodo.

# Física da emissão dos raios X diagnóstico

- Anodo – Efeito anódico ou efeito Heel



# Física da emissão dos raios X diagnóstico

- Anodo – Efeito anódico ou efeito Heel

QUADRO DO EFEITO ANÓDICO

<b>Incidência</b>		<b>Extremidade Anódica</b>	<b>Extremidade Catódica (parte mais espessa)</b>
<b>1. Coluna torácica</b>	- Lateral - AP	Pés Cabeça	Cabeça Pés
<b>2. Coluna lombar</b>	- Lateral	Cabeça	Pés
<b>3. Fêmur</b>	- AP - Lateral	Pés	Pelve
<b>4. Úmero</b>	- AP - Lateral	Cotovelo	Ombro
<b>5. Perna</b>	- AP - Lateral	Pés	Joelho
<b>6. Antebraço</b>	- AP - Lateral	Punho	Cotovelo

# Física da emissão dos raios X diagnóstico

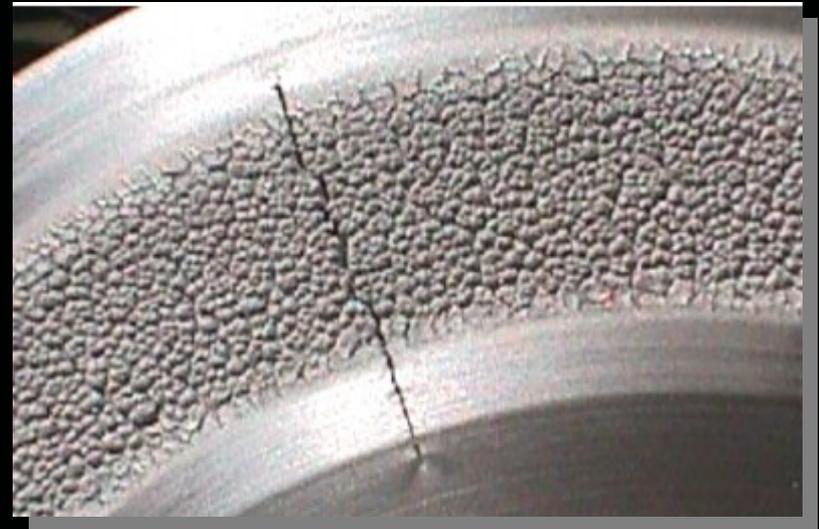
- Sobre falhas do tubo de raios X
  - A vida útil do tubo de raios X depende, principalmente, do tecnólogo.
  - Esta vida útil é prolongada por meio do uso dos fatores radiográficos mínimos adequados de mA (corrente), kVp (alta tensão) e tempo de exposição para cada exame.
  - Enorme quantidade de calor é gerada no anodo durante uma exposição. Quando a temperatura do anodo é excessiva em uma única exposição, podem ocorrer fusões e sulcos em pontos na superfície do anodo.

# Física da emissão dos raios X diagnóstico

- Sobre falhas do tubo de raios X
  - Se a temperatura do anodo aumenta muito rapidamente, o anodo pode rachar, tornando sua utilização instável, inutilizando o tubo.
  - Se técnicas com fatores elevados são necessárias para determinado exame, o anodo deve ser aquecido primeiramente usando técnica de operação de baixo rendimento.

# Física da emissão dos raios X diagnóstico

- Tubo de raios X – Anodo



# Física da emissão dos raios X diagnóstico

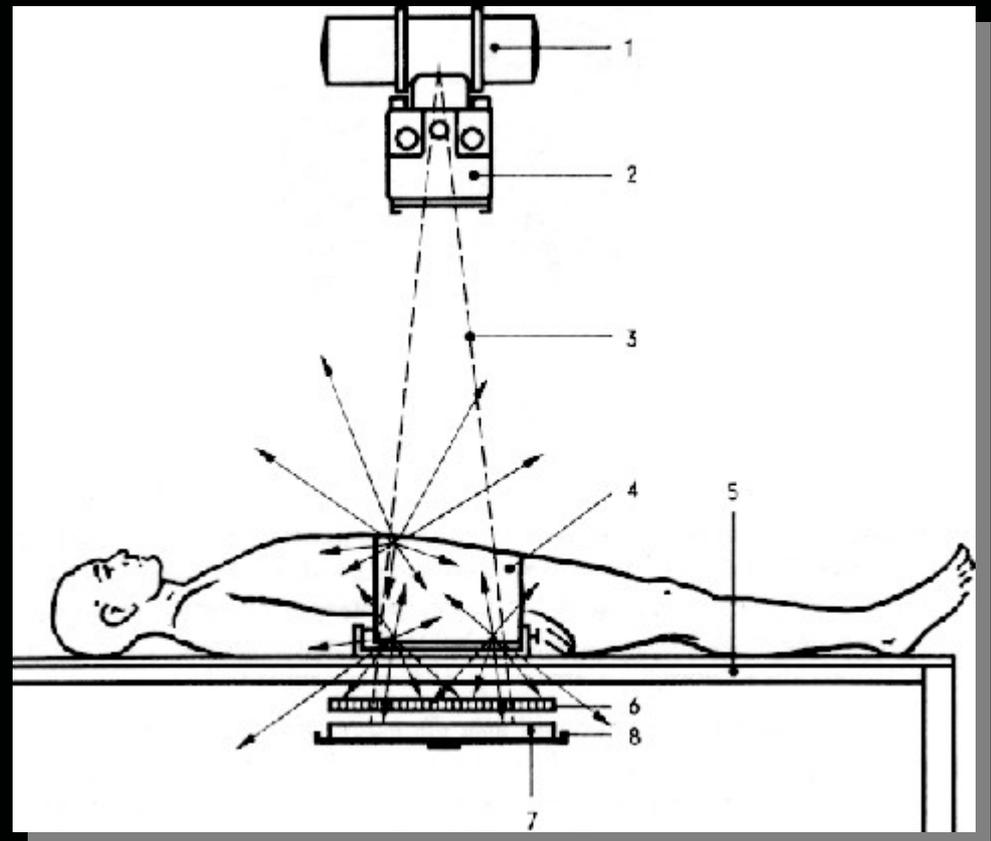
## ■ Sobre falhas do tubo de raios X

- Por causa da temperatura alta do filamento, os átomos de tungstênio são vaporizados lentamente, recobrando o interior do invólucro de vidro ou metal, mesmo com uso normal.
- Esse tungstênio, juntamente com o vaporizado do anodo, pode perturbar o equilíbrio elétrico do tubo de raios X, podendo levar a formação de arcos elétrico e falhas no tubo.
- A vaporização de tungstênio do filamento pode torná-lo mais fino, levando-o a quebra e produzindo um filamento aberto.

# Física da emissão dos raios X diagnóstico

## ■ O sistema emissor dos raios X

- Cabeçote
- Colimador
- Feixe primário
- Faixa de compressão
- Mesa de exame
- Grade antidifusora
- Filme radiográfico
- Porta chassi
- Radiação secundária
- Estativa
- Painel de comando



# Física da emissão dos raios X diagnóstico

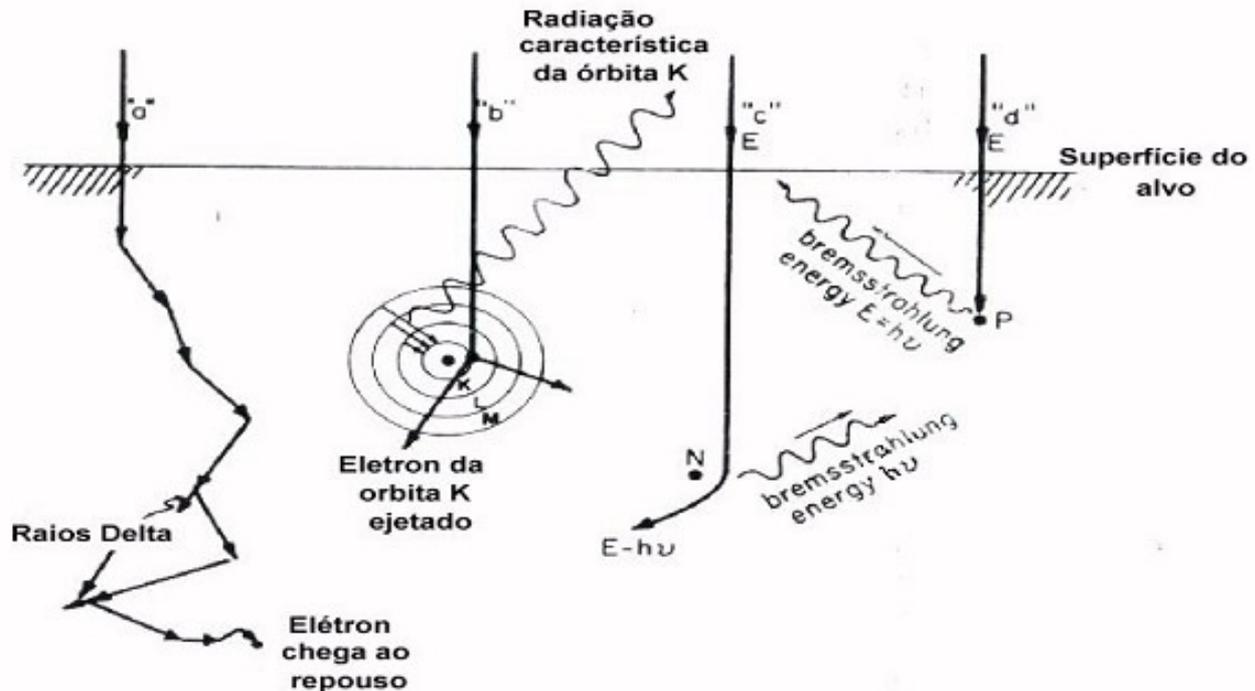
- Características dos raios X
  - Não sofrem desvios em sua trajetória por ação de campos elétricos nem magnéticos;
  - Atravessam corpos opacos;
  - Perdem energia na proporção direta ao  $n^{\circ}$  atômico ( $Z$ ) do elemento com o qual interagem;
  - Causam fluorescência em certas substâncias químicas;
  - Diminuem de intensidade na razão inversa do quadrado da distância por eles percorrida ( $1/r^2$ );
  - Produzem ionização.

# Física da emissão dos raios X diagnóstico

- Interações típicas dos elétrons com o alvo
  - Radiação de frenagem (*Bremsstrahlung*)
  - Raios X Característicos
  - Raios Delta
    - Radiação de elétrons que foram extraídos de átomos por ação de partículas ionizantes e que, por sua vez, podem ter ação ionizante.

# Física da emissão dos raios X diagnóstico

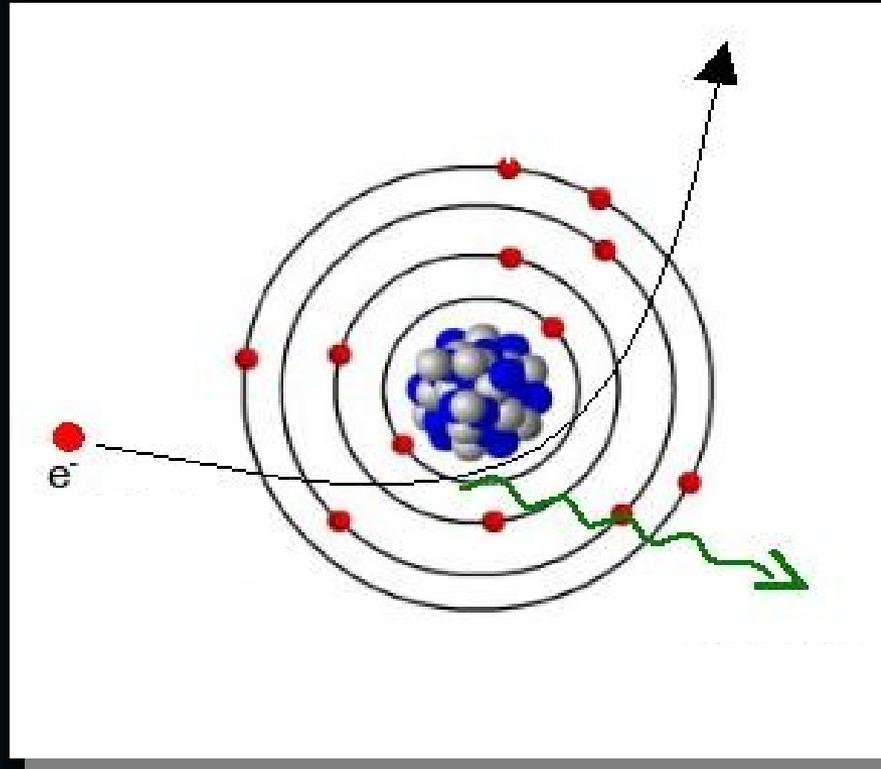
## INTERAÇÕES TÍPICAS DO ELÉTRON COM O ALVO



- O eletron sofre sucessivas perdas de energia, produzindo raios delta e calor;
- O eletron incidente arranca um eletron da camada K, produzindo radiação característica;
- Interação entre um eletron de energia  $E$  e um núcleo, produzindo raios-X de frenagem;  
O "Bremsstrahlung" sai com energia  $h\nu$  e o eletron sai da interação com energia  $E - h\nu$
- Colisão de um eletron com um núcleo onde o eletron perde toda sua energia, produzindo um foton de energia  $h\nu = E$

# Física da emissão dos raios X diagnóstico

- Radiação de frenagem ou Bremsstrahlung

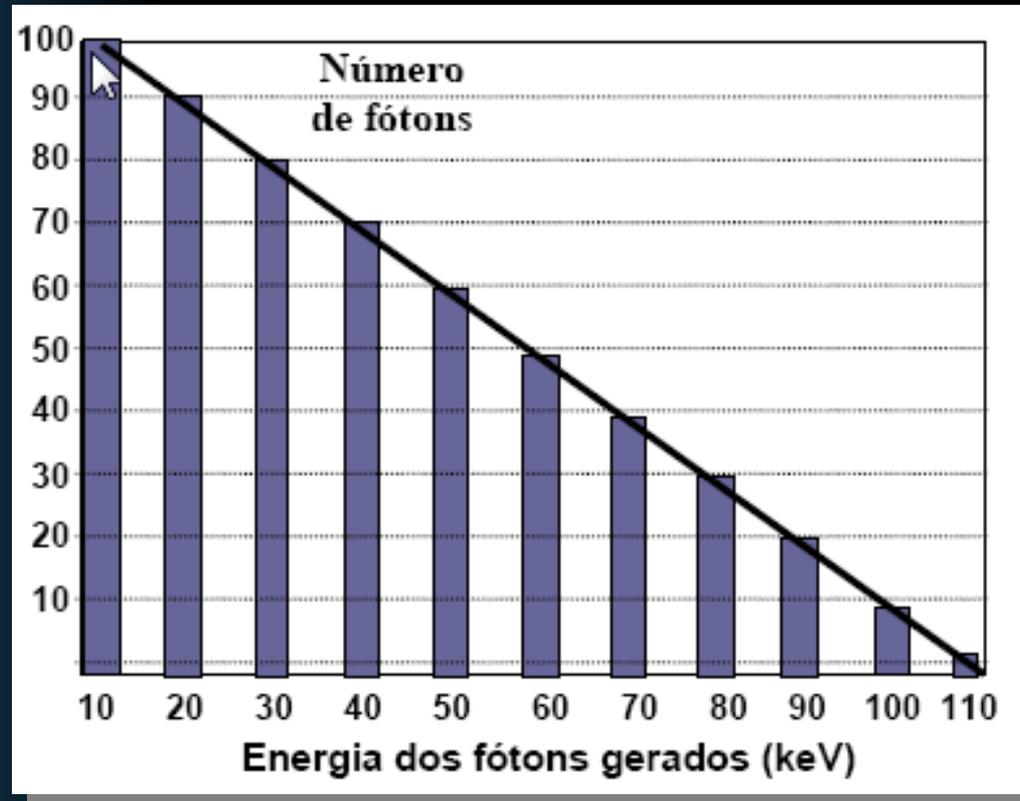


# Física da emissão dos raios X diagnóstico

- Radiação de frenagem ou Bremsstrahlung
  - Ocorre quando um elétron passa próximo ao núcleo de um átomo, sendo atraído pelo núcleo deste e desviado de sua trajetória original.
  - O elétron perde uma parte de sua energia cinética original, emitindo parte dela como fótons de radiação, de alta e baixa energia e comprimento de onda diferentes, dependendo do nível de profundidade atingida pelo elétron do metal alvo.
  - Isto significa dizer que, enquanto penetra no material, cada elétron sofre uma perda energética que irá gerar radiação (fótons) com energia e comprimento de onda também menores.

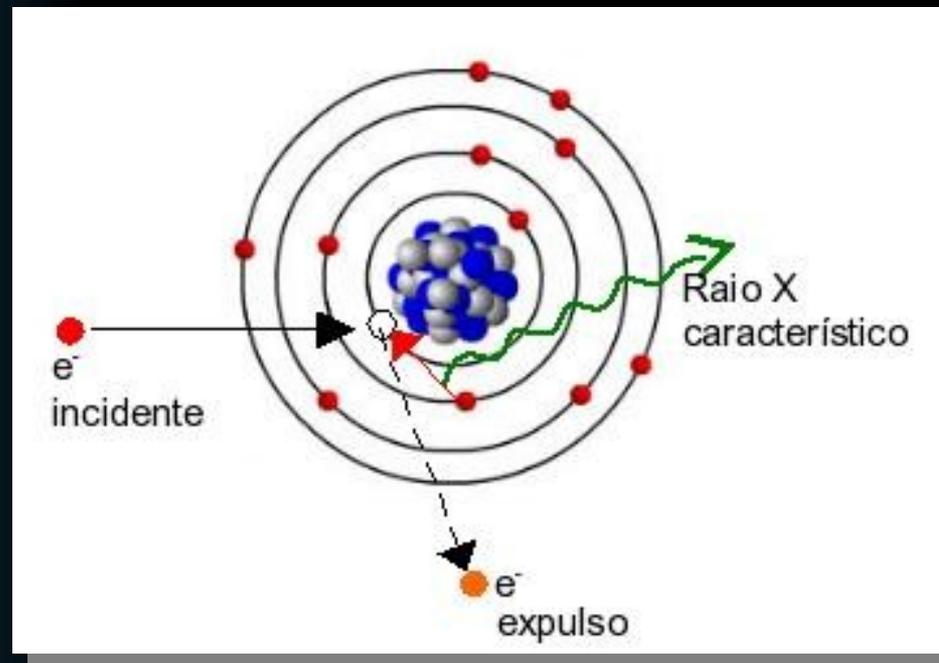
# Física da emissão dos raios X diagnóstico

- Radiação de frenagem ou Bremsstrahlung



# Física da emissão dos raios X diagnóstico

- Raios X característicos



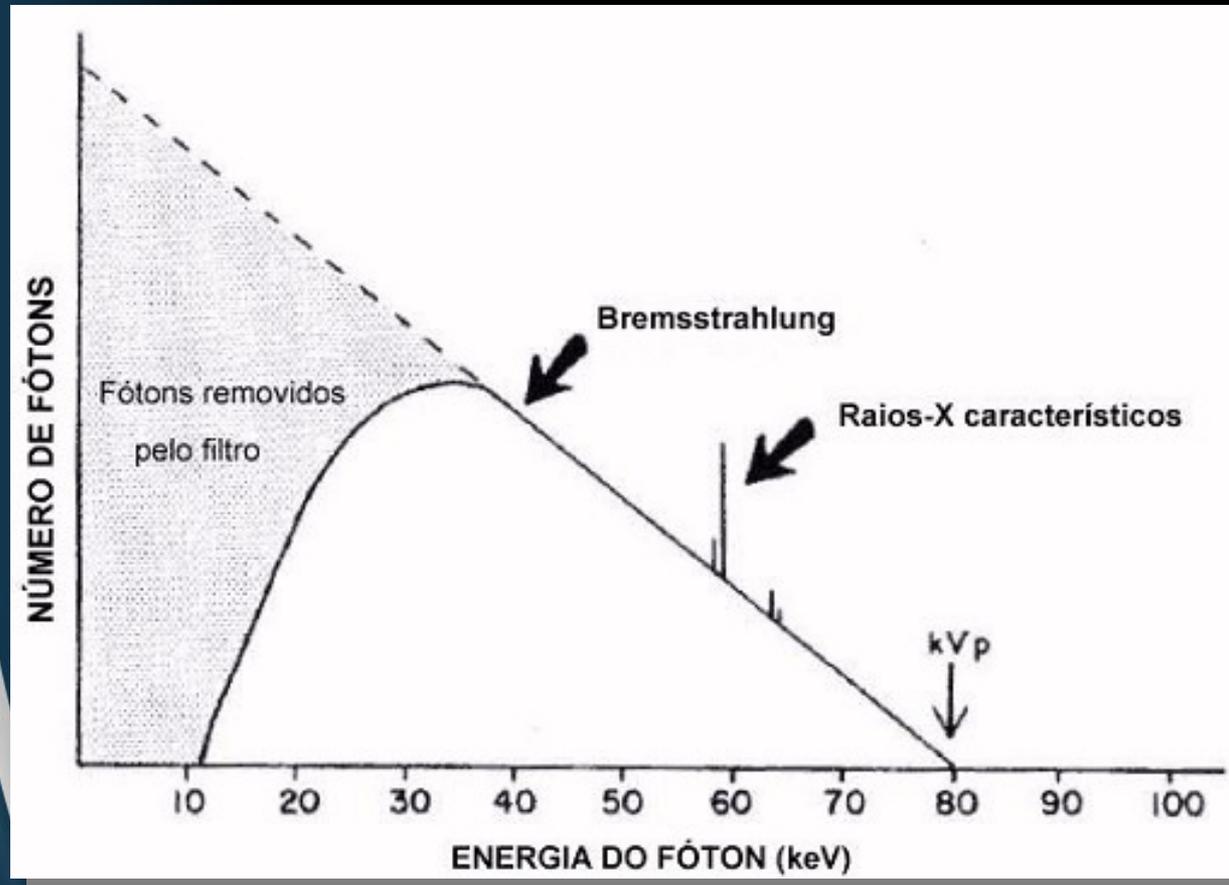
# Física da emissão dos raios X diagnóstico

## ■ Raios X característicos

- O elétron pode interagir com o átomo (ionizando-o) retirando dele elétrons pertencentes à sua camada mais interna (K).
- Ao retirar o elétron da camada K, começa o processo de preenchimento dessa lacuna (busca de equilíbrio), por elétrons de camadas superiores. Dependendo de qual camada vem o elétron que ocupa a lacuna da camada K, teremos níveis de radiação diferenciados.
- Exemplo em um átomo de tungstênio:
  - elétron da camada L ocupando a lacuna da camada K, emite uma radiação da ordem de 59 keV;
  - elétron ocupante vem da camada M, a energia gerada é da ordem de 67 keV;
  - elétron ocupante vem da camada N, teremos uma radiação da ordem de 69 keV.

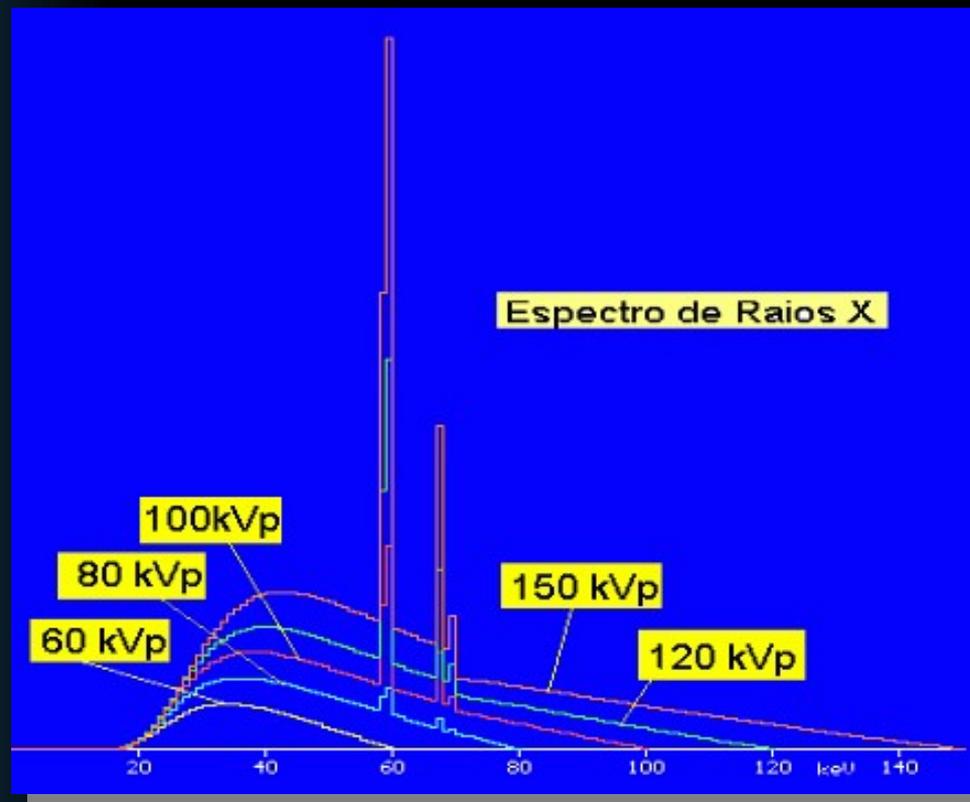
# Física da emissão dos raios X diagnóstico

- Espectro dos raios X diagnóstico



# Física da emissão dos raios X diagnóstico

- Espectro dos raios X diagnóstico



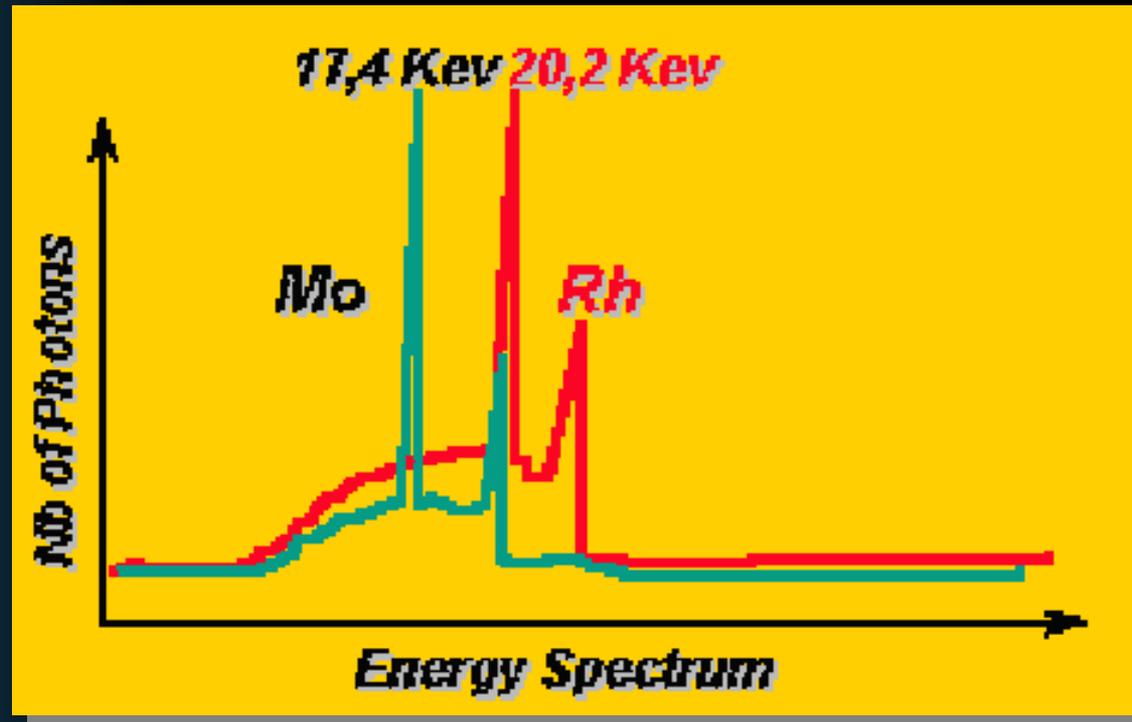
# Física da emissão dos raios X diagnóstico

## ■ Resumo

- Raios X de frenagem ou Bremsstrahlung
  - Na radiologia convencional, ocorre em maior proporção que os raios X característicos;
  - A energia dos fótons será diretamente proporcional ao kVp aplicado.
- Raios X característicos
  - Corresponde a ~10% de todo raio X produzido;
  - Para se obter maior quantidade de fótons do espectro característico deve troca do alvo e material de filtragem do feixe.

# Física da emissão dos raios X diagnóstico

- Espectro dos raios X em mamografia

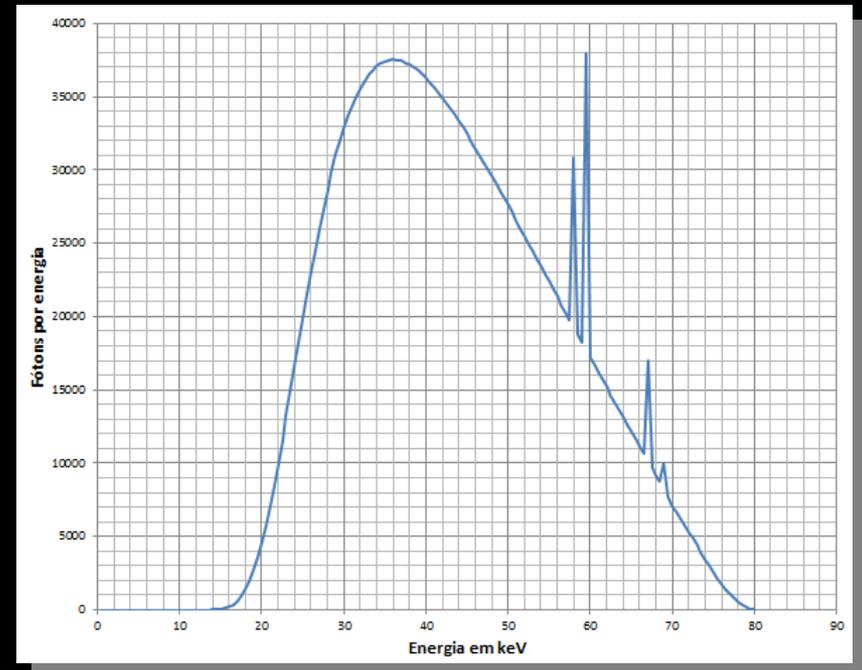


# Física da emissão dos raios X diagnóstico

- Propriedades elétricas
  - Alta tensão (kVp) – Quando aplicamos uma grande diferença de potencial (tensão) a uma ampola estamos aumentando a energia dos elétrons gerados no filamento do catodo e em consequência sua energia cinética em direção ao anodo.
  - Intensidade de corrente (mA) – Número de elétrons energéticos que irão realizar as interações para a produção dos raios X na ampola.
  - Tempo de exposição (s)

# Física da emissão dos raios X diagnóstico

- Fatores que afetam o espectro de emissão de raios X
  - A forma geral de um espectro de energia emitido por uma fonte de raios X permite observar a variação de fótons por faixa de energia até o valor máximo ajustado e a presença dos componente contínuos e discretos do espectro



# Física da emissão dos raios X diagnóstico

- Fatores que afetam o espectro de emissão de raios X
  - Esta forma geral do espectro de raios X pode ser alterada em relação a qualidade e a quantidade de fótons presentes no feixe.
  - Quando o ponto máximo da curva está mais a direita, maior a energia efetiva ou a qualidade do feixe.
  - Quanto maior a área sob a curva, maior a quantidade de fótons emitidos.
  - Alguns fatores influenciadores da qualidade do feixe e da quantidade de fótons emitidos são apresentados a seguir:

(Bushong, 2010)

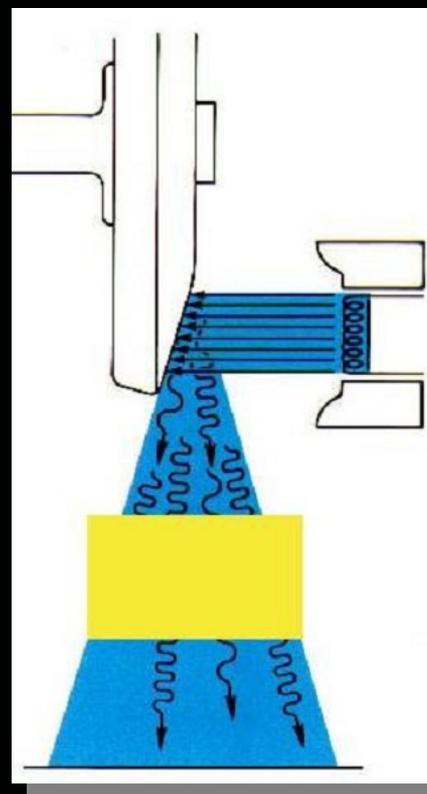
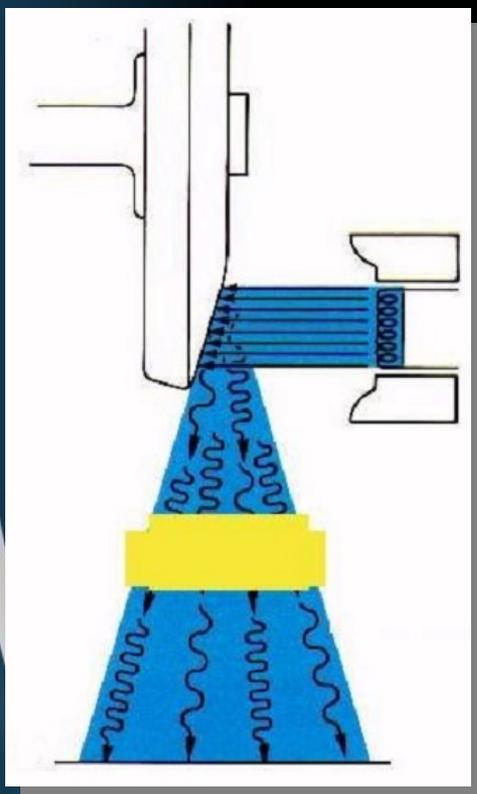
# Física da emissão dos raios X diagnóstico

## *Alterações no feixe de raios X produzidas por seus fatores influenciadores*

<b>Aumento:</b>	<b>Resulta em:</b>
Corrente (mA)	aumento na quantidade de fótons e nenhuma alteração na qualidade do feixe;
Tensão (kVp)	aumento na quantidade de fótons e na qualidade do feixe;
Filtração adicional	diminuição na quantidade de fótons e aumento na qualidade do feixe;
N° atômico (Z) do alvo	aumento na quantidade de fótons e na qualidade do feixe;
<i>Ripple</i>	diminuição na quantidade de fótons e na qualidade do feixe;

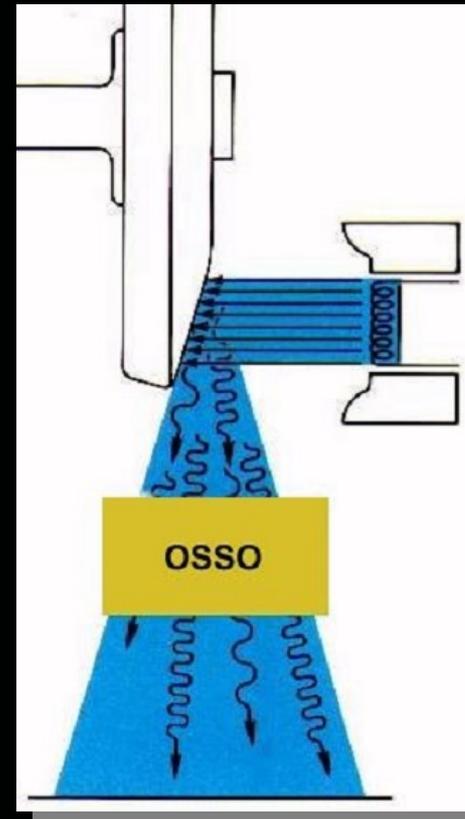
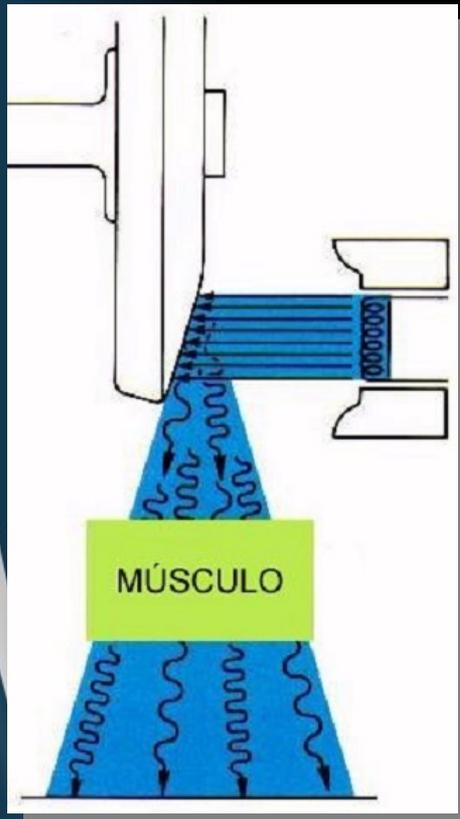
# Física da emissão dos raios X diagnóstico

- Influência entre a intensidade de corrente / objeto
  - Densidades iguais e espessuras diferentes



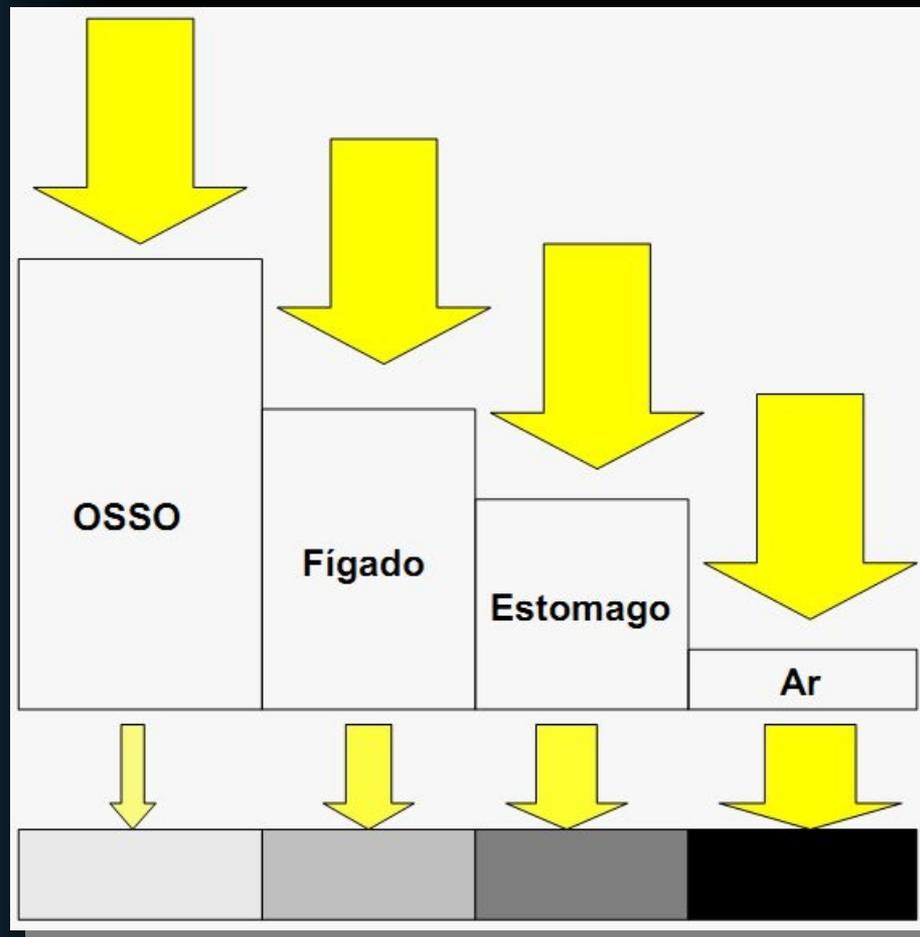
# Física da emissão dos raios X diagnóstico

- Influência entre a intensidade de corrente / objeto
  - Densidades diferentes e espessuras iguais



# Física da emissão dos raios X diagnóstico

- Influência entre a intensidade de corrente / objeto



# Parâmetros de técnica radiográfica

- mAs – Lei da reciprocidade
  - Quando nos referimos à quantidade de fótons que incide no paciente, falamos em mAs, ou seja, o produto da corrente elétrica (mA) pelo tempo que foi empregada em segundos (s). A quantidade de fótons (mAs) está diretamente relacionada à dose recebida pelo paciente.
  - Uma corrente de 100 mA e um tempo de 0,1 segundo, equivale a uma quantidade de fótons definido pelo produto de 10 mAs ( $100 \text{ mA} \times 0,1 \text{ s} = 10 \text{ mAs}$ ).
  - Pode-se modificar os dois termos do fator mAs, desde que a quantidade de fótons não se altere. Isto significa que, quando se modifica um dos termos do fator mAs, deve-se compensar com a modificação do outro fator na mesma proporção para manter igual o produto mAs.

# Parâmetros de técnica radiográfica

- mAs – Lei da reciprocidade
  - Exemplo: Se temos uma quantidade de fótons de 100 mAs, com uma corrente de 50 mA e tempo de 2 s, se a corrente for aumentada para 100 mA (duplicada), devemos reduzir o tempo na mesma proporção (dividir por dois) para manter o produto constante.
  - Um exemplo prático da aplicação dessa lei ocorre no caso da radiografia numa criança evitando movimento. Isto permite, por exemplo, reduzir o tempo de exposição e aumentar a corrente, na mesma proporção, sem alterar a quantidade de fótons necessária para radiografar o paciente.

# Parâmetros de técnica radiográfica

## ■ mAs – Lei da reciprocidade

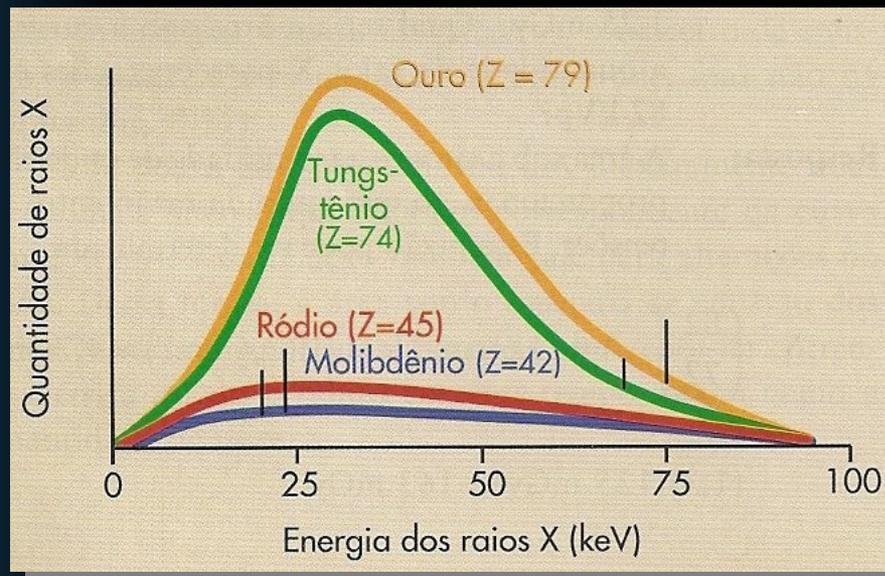
### – Relação corrente (mA) x tempo de exposição (s)

- A corrente necessária (mA) para uma determinada exposição é inversamente proporcional ao tempo (s) de exposição.

$$= \frac{\text{mA original (mA}_0\text{)}}{\text{mA novo (mA}_n\text{)}} = \frac{\text{Tempo novo (T}_n\text{)}}{\text{Tempo original (T}_0\text{)}}$$

# Parâmetros de técnica radiográfica

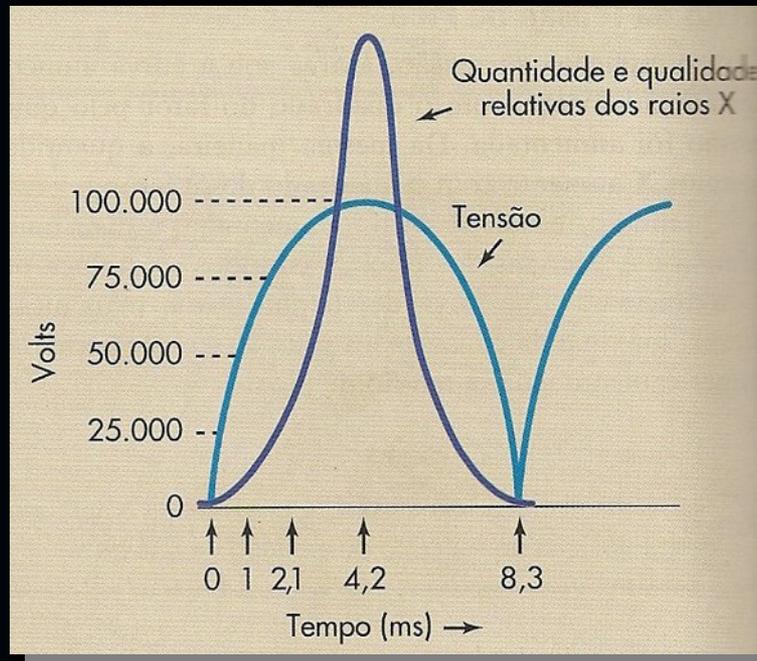
- kVp – Alta tensão, forma de onda e energia
  - O raios X característico se desloca para a direita com o aumento do Z do material do alvo e também há um aumento na amplitude do espectro contínuo



(Bushong, 2010)

# Parâmetros de técnica radiográfica

- kVp – Alta tensão, forma de onda e energia
  - Quando a tensão no tubo cresce até seu valor máximo, a intensidade e a energia dos raios X cresce lentamente no início e depois rapidamente quando o pico de tensão é atingido.



(Bushong, 2010)

# Parâmetros de técnica radiográfica

- kVp – Alta tensão, forma de onda e energia

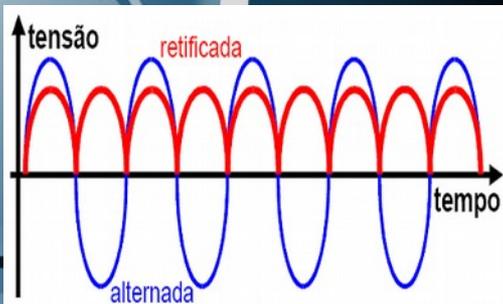
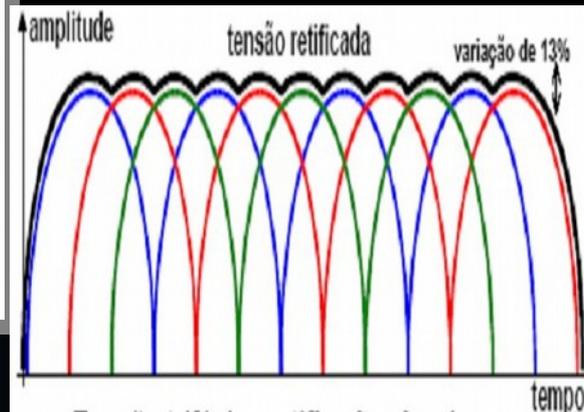
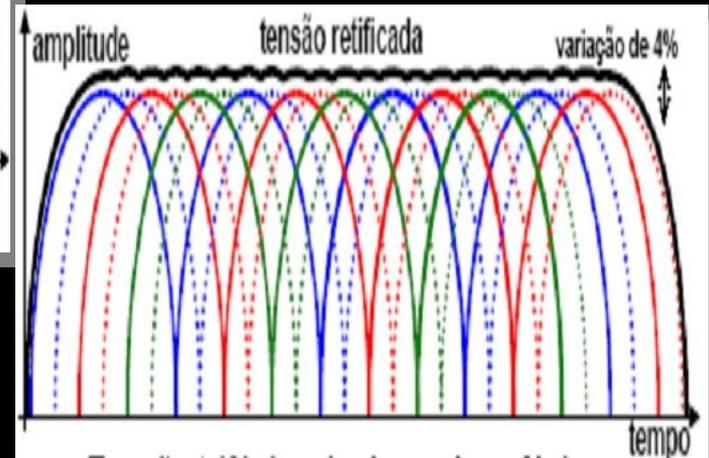


Gráfico da forma de onda alternada e após a retificação completa.



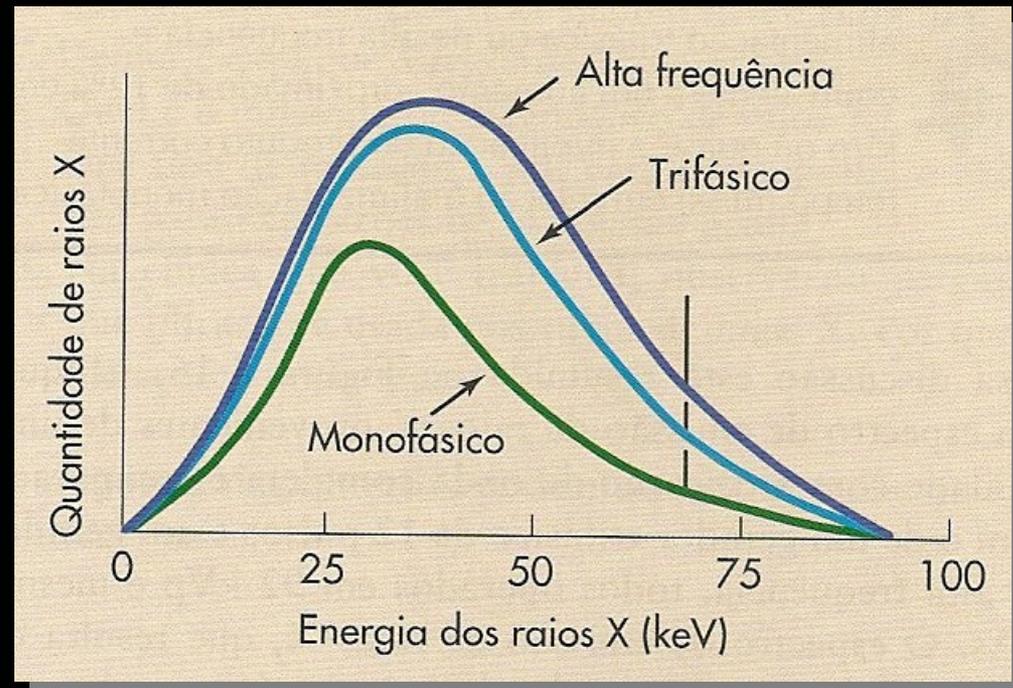
Tensão trifásica retificada - 6 pulsos.



Tensão trifásica dupla, ou hexafásica, retificada - 12 pulsos.

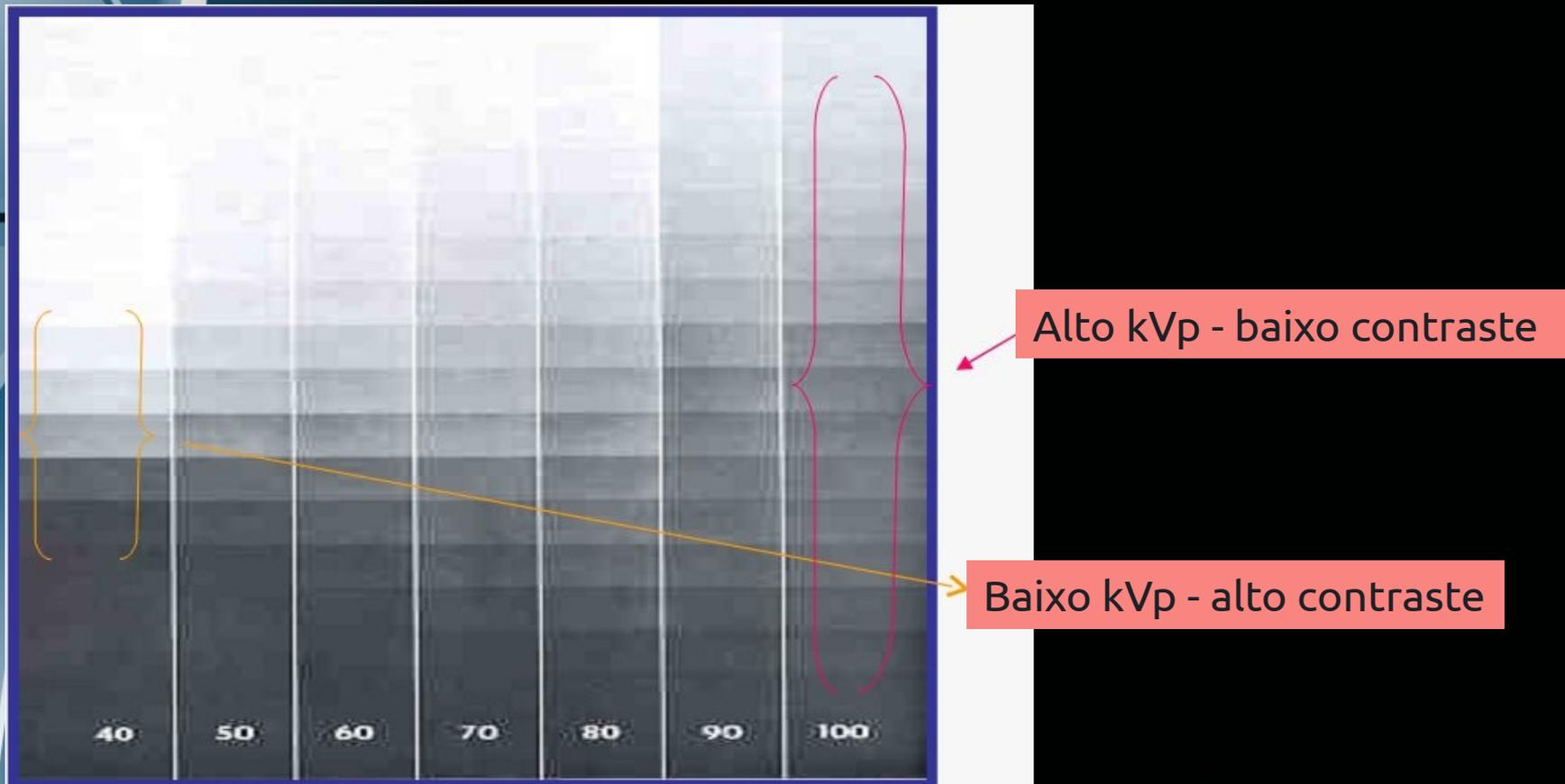
# Parâmetros de técnica radiográfica

- kVp – Alta tensão, forma de onda e energia
  - A intensidade dos raios X e sua energia efetiva são sensivelmente melhoradas com geradores trifásicos e/ou de alta frequência.



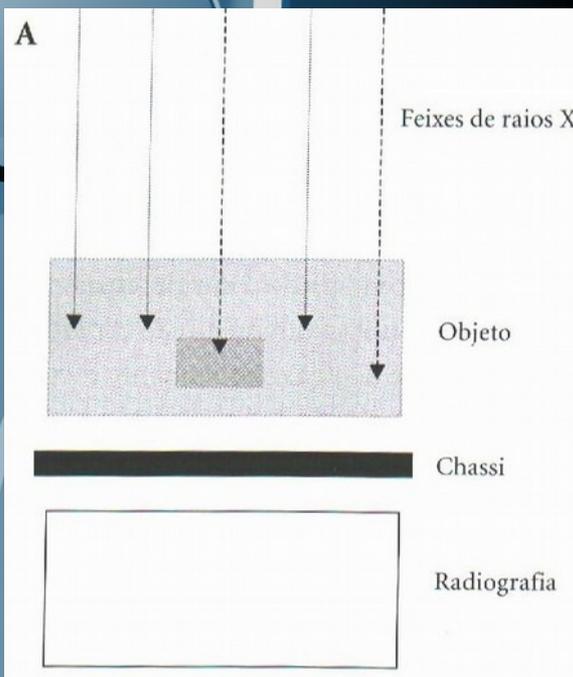
# Parâmetros de técnica radiográfica

- kVp – Alta tensão e o contraste radiográfico

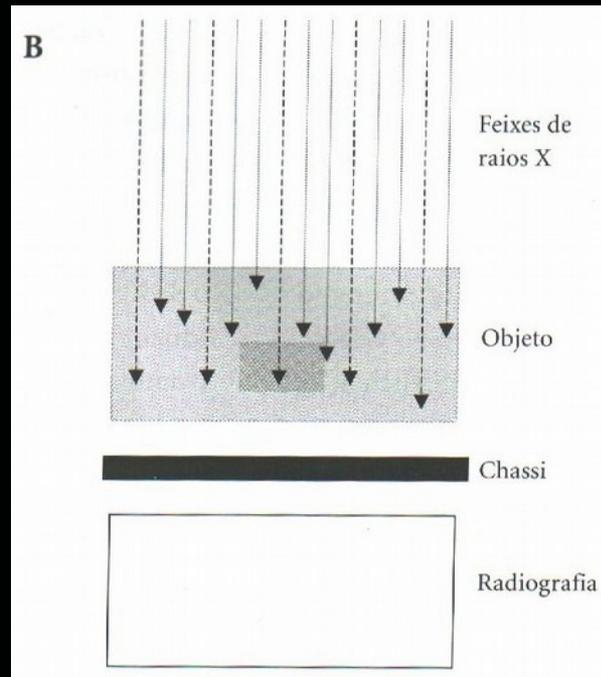


# Parâmetros de técnica radiográfica

- kVp – Alta tensão, mAs e o contraste radiográfico



Ausência de imagem por kV e mAs baixos



Ausência de imagem por kV baixo e mAs alto

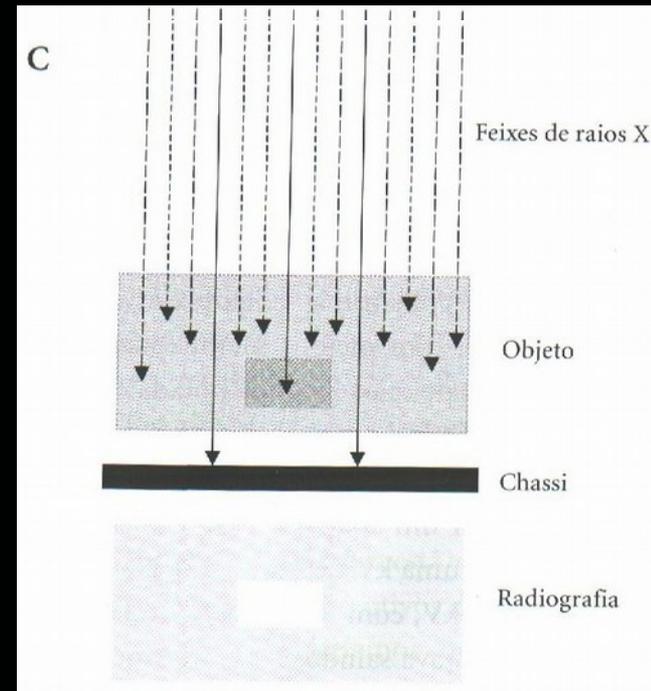
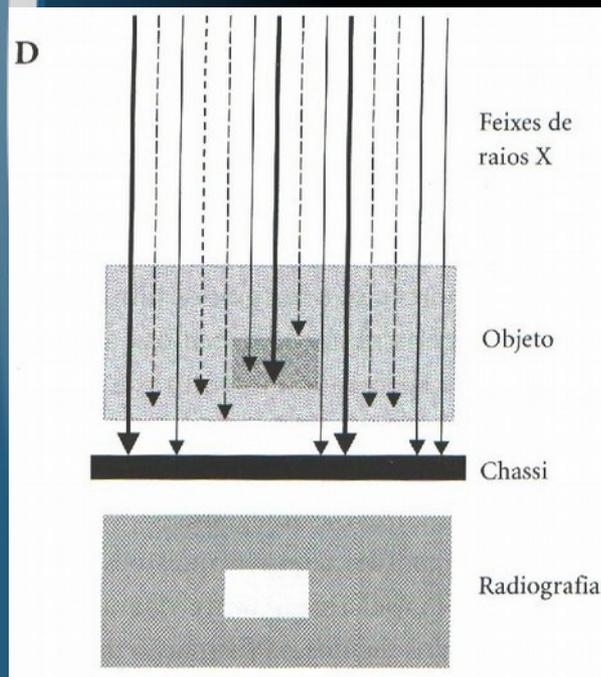


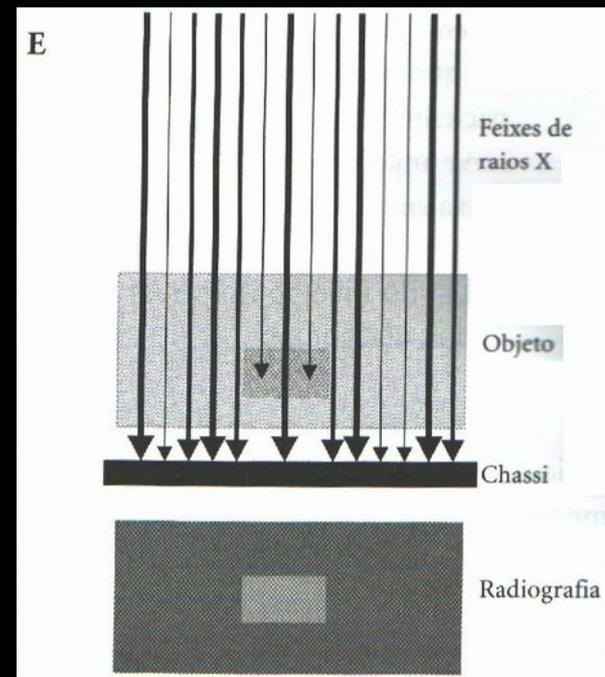
imagem pouco densa após aumento inicial de kV e mAs elevado

# Parâmetros de técnica radiográfica

- kVp – Alta tensão, mAs e o contraste radiográfico



Aumento de densidade após aumento de kV e mAs elevado



Filme hiperdenso denso após pequeno aumento de kV e mAs elevado

# Parâmetros de técnica radiográfica

- Relação empírica entre kVp e mAs – Regra dos 15%
  - A "regra dos 15%" afirma que um aumento de 15 % na tensão de pico (kVp) equivale a duplicar a exposição (mAs) e deve ser usada sempre que for necessário dobrar a densidade óptica da imagem.
  - A regra dos 15% pode ser aplicada também quando o aumento de mAs não é adequado ao estado do paciente ou quando o equipamento não permite o aumento do mAs.
  - Não se esqueça que para manter a mesma densidade óptica na imagem, se o kVp for aumentado em 15% , deve-se retirar 50% de mAs, enquanto que na redução de 15% no kVp deve-se dobrar (100%) o mAs.

# Parâmetros de técnica radiográfica

- Relação empírica entre kVp e mAs – Regra dos 15%
  - A operação com alimentação trifásica equivale ao aumento de 12 % no kVp (quase correspondendo a uma duplicação do mAs) em relação ao funcionamento com alimentação monofásica. No caso de geradores de alta frequência, este aumento pode chegar a 16 % da tensão de pico.

# Parâmetros de técnica radiográfica

## ■ kVp e mAs – Resumo

### – mAs

- Responsável pela quantidade de elétrons direcionados ao Anodo;
- Responsável pela quantidade de fótons de raios-X produzida (enegrecimento radiográfico).

### – kVp

- Responsável pela força de atração dos elétrons, produzidos no catodo em direção ao anodo.
- Relacionado à qualidade dos fótons (energia dos fótons => contraste radiográfico => graus de cinza).

# Parâmetros de técnica radiográfica

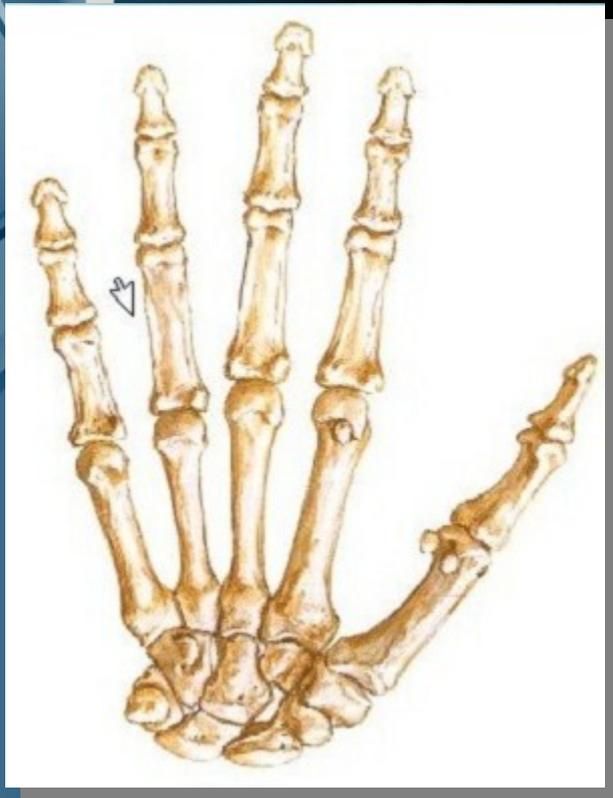
## ■ Cálculo para o kVp – Fórmula empírica

–  $kVp = 2 \times E + K_{\text{equipamento}}$

– Onde:

- **E** = Espessura do paciente no local da radiografia, medida com um aparelho chamado espessômetro.
- **K<sub>equipamento</sub>** = Constante do equipamento de raios X que pode ser encontrada no manual do equipamento.
- Quando a consulta ao manual não é possível utilizar valor de K:
  - Equipamento monofásico = 30;
  - Equipamento trifásico = 25;
  - Equipamento alta frequência = 23.

# Física da emissão dos raios X diagnóstico

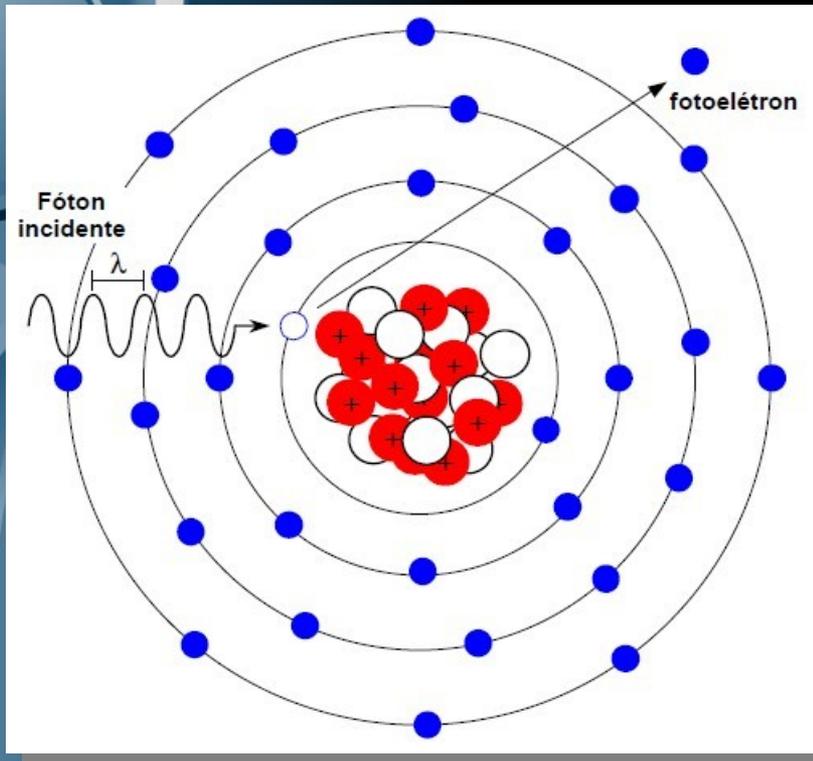


# Princípios da formação da imagem radiográfica

- Interação da radiação com a matéria na faixa de energia do radiodiagnóstico
  - Efeito fotoelétrico
  - Efeito Compton



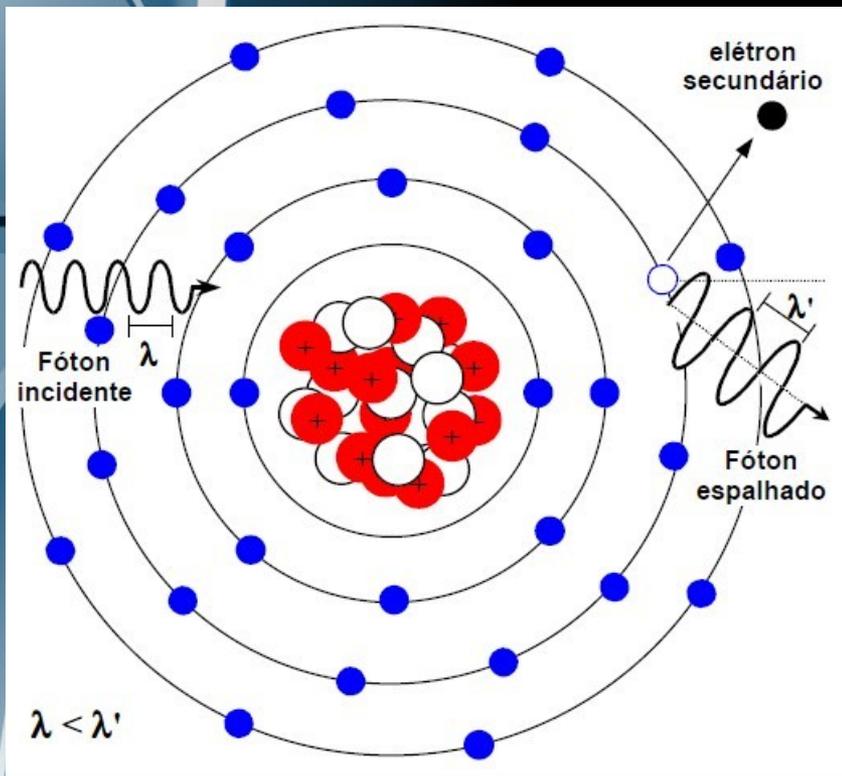
# Princípios da formação da imagem radiográfica



## ■ Efeito fotoelétrico

- $E_i = E_l + E_c$ , onde
- $E_i$  – Energia do fóton incidente
- $E_l$  – Energia de ligação do elétron
- $E_c$  – Energia cinética do elétron

# Princípios da formação da imagem radiográfica

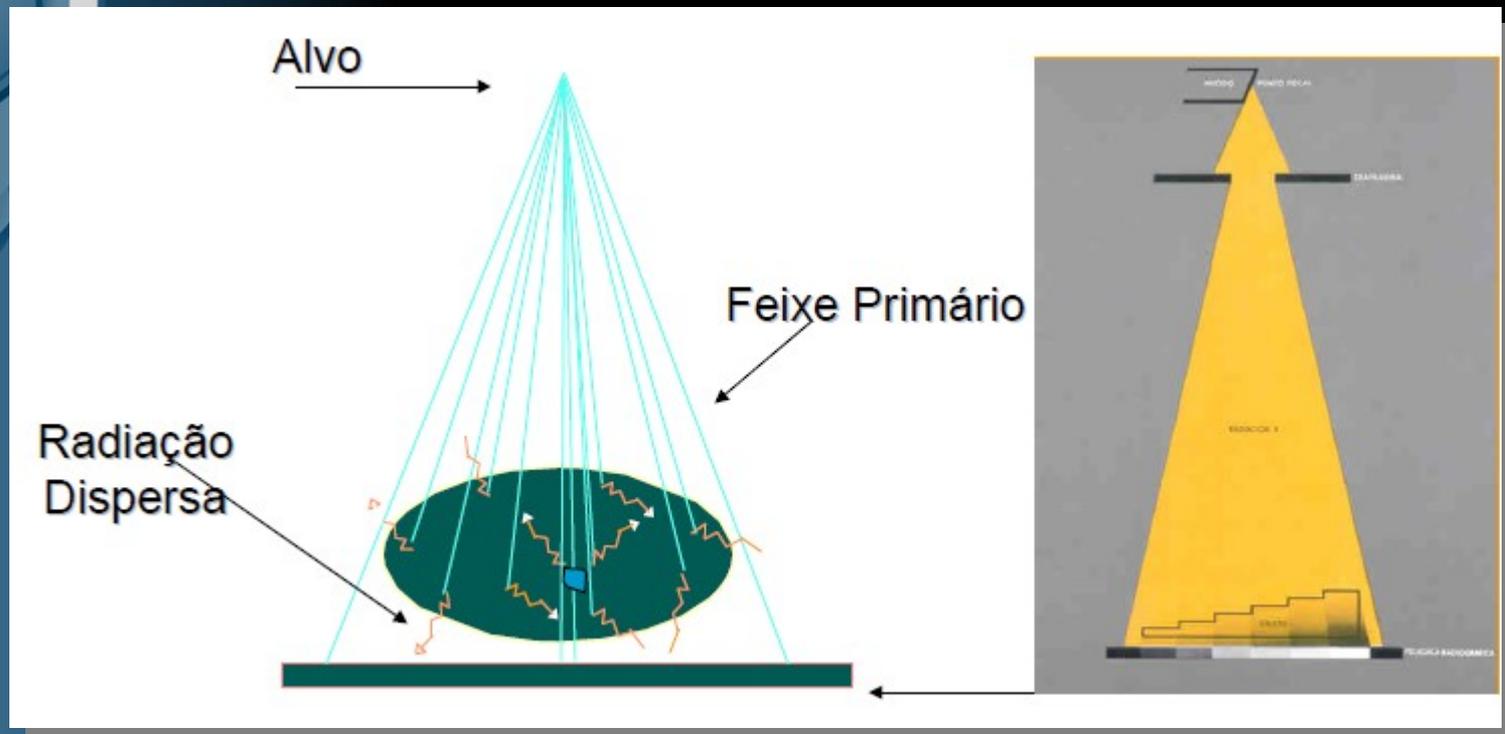


## ■ Efeito Compton

- $E_i = E_e + (E_l + E_c)$ , onde
- $E_i$  – Energia do fóton incidente
- $E_e$  – Energia do fóton espalhado
- $E_l$  – Energia de ligação do elétron
- $E_c$  – Energia cinética do elétron

# Princípios da formação da imagem radiográfica

- Interação da radiação com a matéria

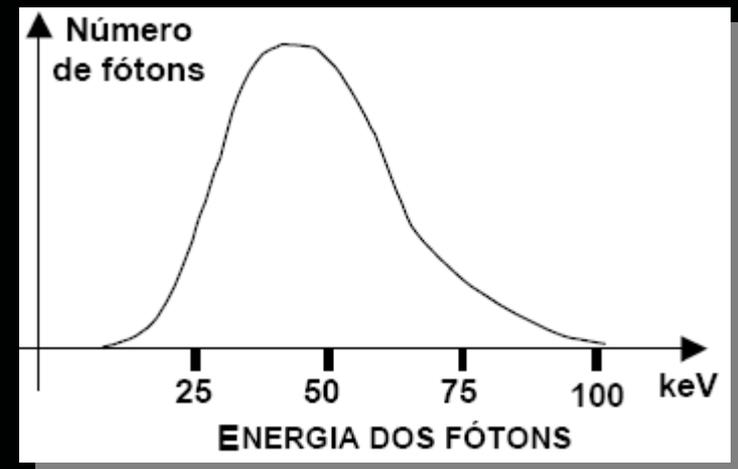


# Princípios da formação da imagem radiográfica

- **Filtração do feixe (endurecimento)** - Serve para reduzir a dose no paciente (retirar os fótons de baixa energia) e aumentar a energia média do feixe. Existem dois tipos de filtração:
  - **Filtração inerente** – Fótons absorvidos no anodo, na ampola de vidro e no óleo. Varia conforme o fabricante.
  - **Filtração adicional** – placas de alumínio garantindo a atenuação do feixe seja equivalente a produzida por 2,5 mm de alumínio, conforme manda a legislação (ou 0,03 mm de molibdênio no caso de equipamentos para mamografia).
  - **Filtração total** – soma da filtração inerente com a filtração adicional.

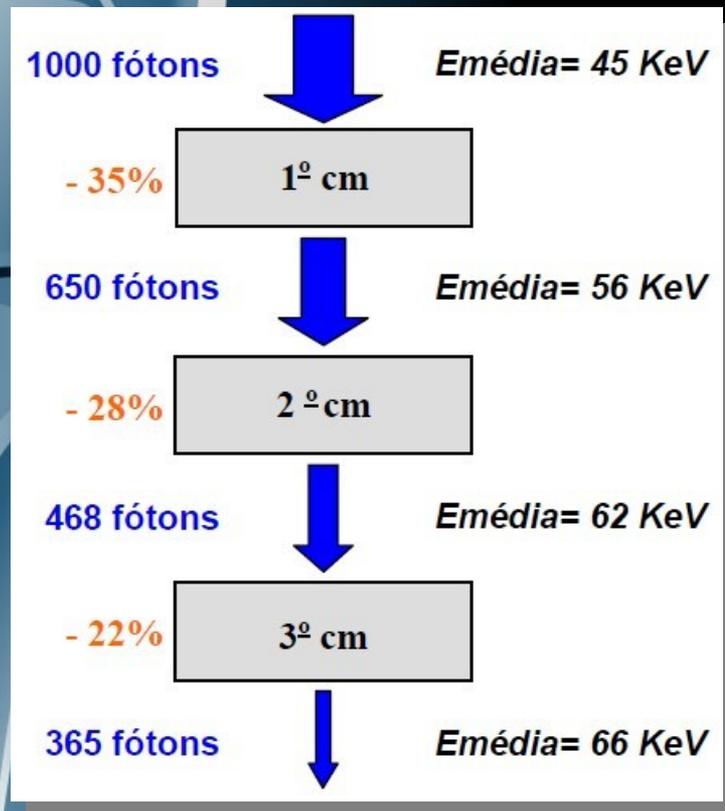
# Princípios da formação da imagem radiográfica

- Efeito da filtração no feixe de raios X



# Princípios da formação da imagem radiográfica

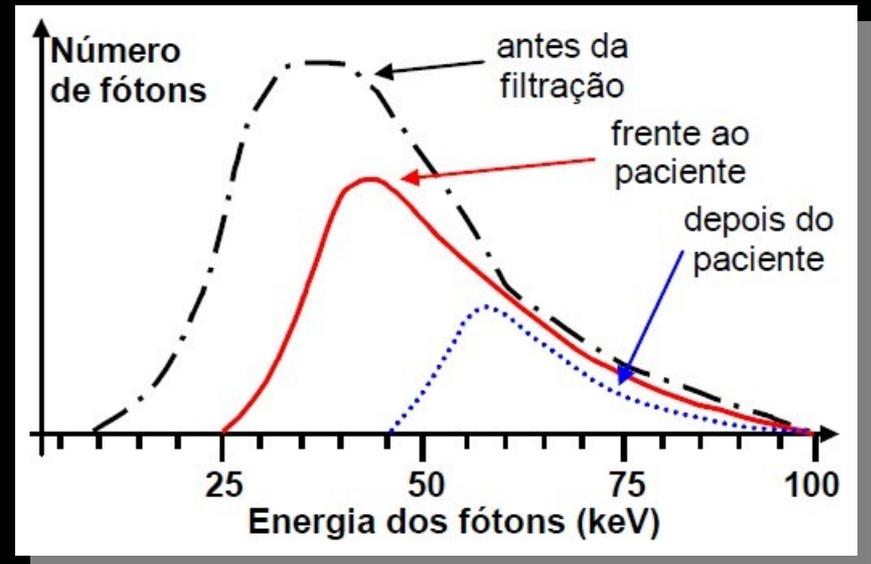
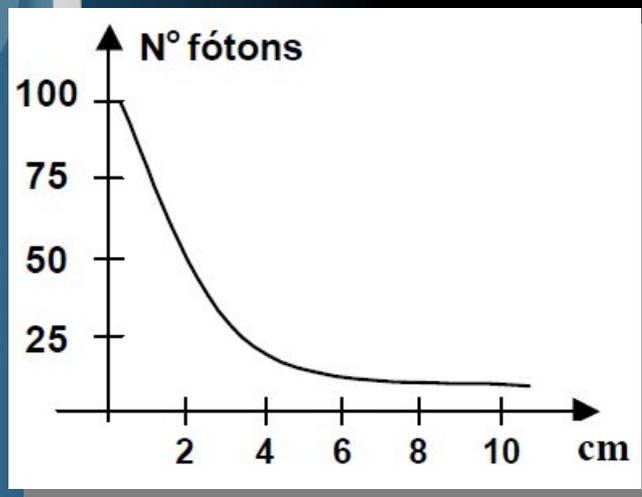
- Exemplo de atenuação de um feixe de raios X ao atravessar 3cm de tecido mole.



- Na trajetória, os fótons de baixa energia são retirados permanecendo os mais energéticos;
- Ocorre aumento da energia média do feixe;
- Feixe mais penetrante.

# Princípios da formação da imagem radiográfica

- Atenuação do feixe de raios X



# Princípios da formação da imagem radiográfica

## ■ Camada semirredutora (CSR ou HVL)

Corresponde à espessura necessária para reduzir a intensidade do feixe à metade (50%) do valor inicial.

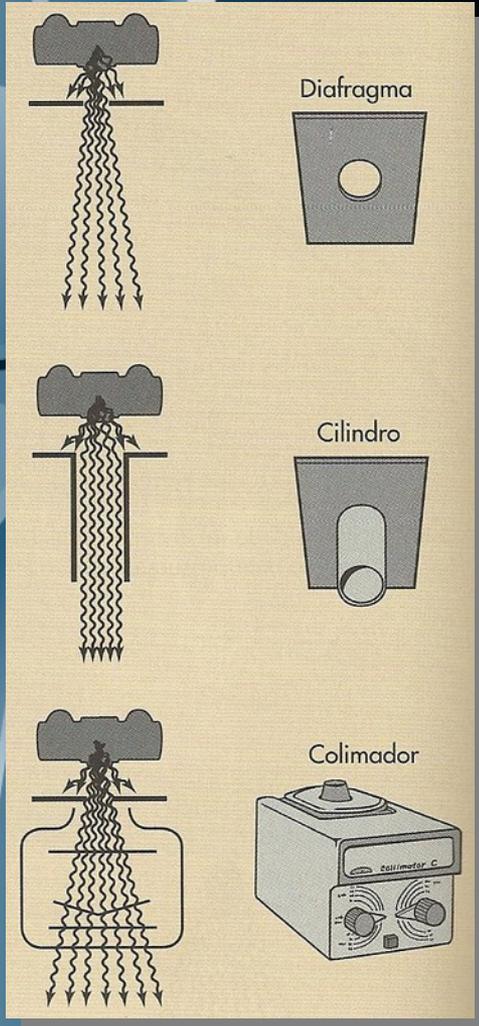
Depende do material e da energia do feixe. Exemplo para um feixe de 125keV o valor de CSR usando:

- Chumbo (Pb) – 0,25mm;
- Alumínio (Al) – 2,17mm.

Relação entre espessura e atenuação do feixe para determinação do HVL.

Espessura da lâmina de alumínio (mm)	Exposição medida (mR)
0,0	96
0,5	81
1,0	68
1,5	58
2,0	50
2,5	44
3,0	39

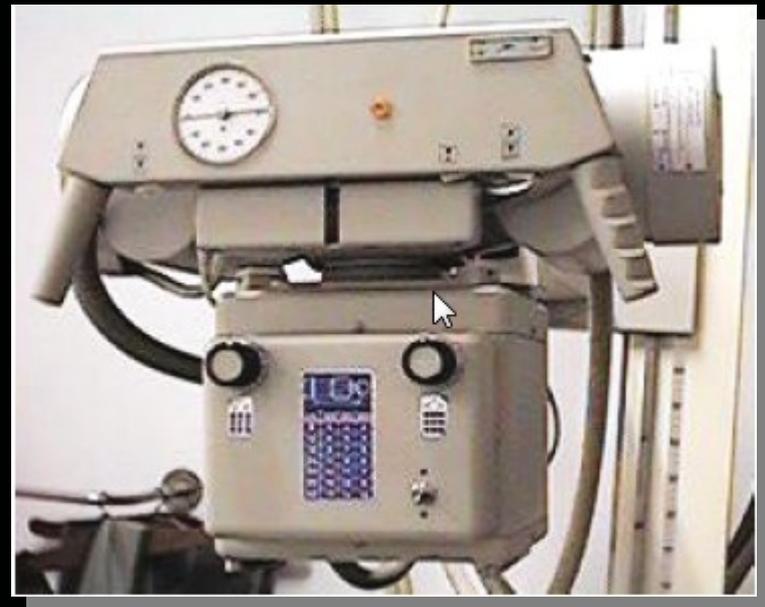
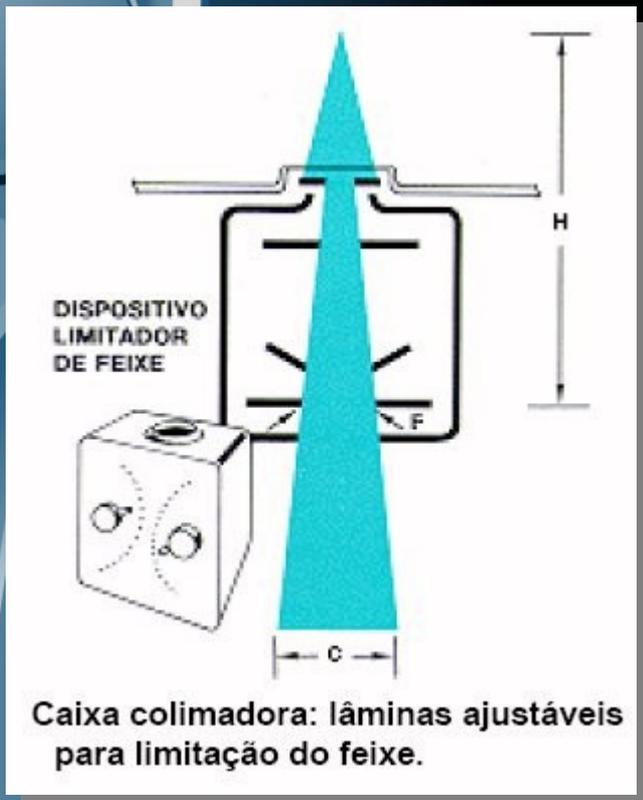
# Princípios da formação da imagem radiográfica



- **Limitação do feixe de raios X**
  - Função: Limitação da dose no paciente; Eliminar radiação espalhada; Proteção adicional ao Técnico e Técnico em radiologia, bem como ao acompanhante.
  - Tipos básicos de limitadores:
    - Colimadores;
    - Diafragmas; e
    - Cilindros e cones.

# Princípios da formação da imagem radiográfica

- Limitação do feixe : Colimadores



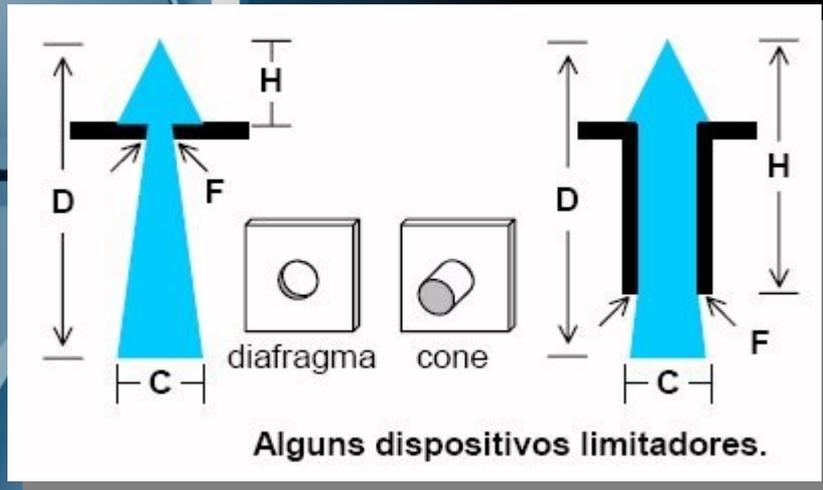
# Princípios da formação da imagem radiográfica

- Colimação :
  - Deve ser otimizada, evitando a formação de artefatos indesejados na imagem do filme.



# Princípios da formação da imagem radiográfica

- Limitação do feixe : Diafragma e cilindros

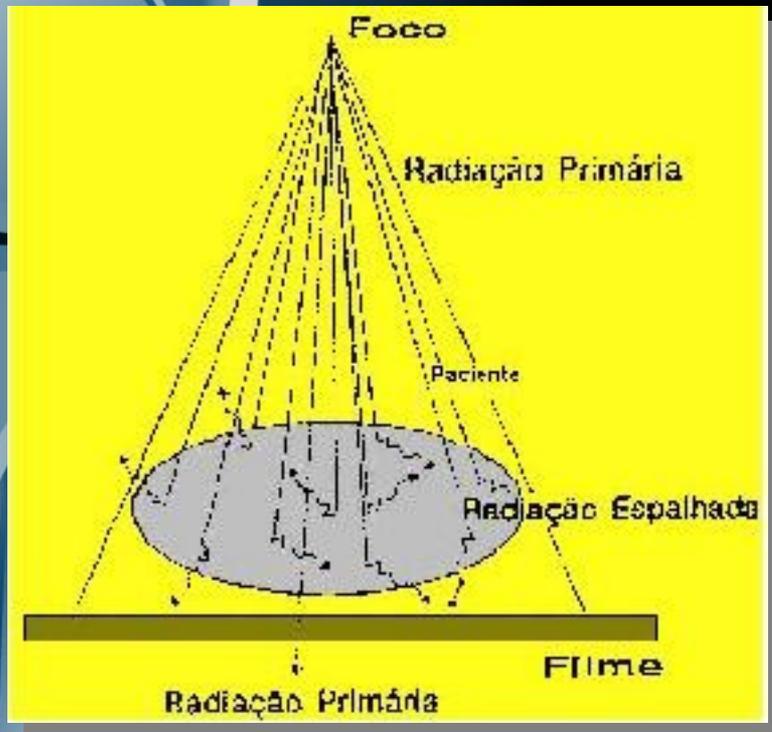


# Princípios da formação da imagem radiográfica

## ■ Radiação espalhada ou dispersa

- O feixe de radiação X ao passar através do paciente tem a energia de seus fótons atenuada pelas estruturas sob estudo do paciente.
- Esta interação além da imagem radiológica primaria, gera radiação espalhada principalmente através do ***efeito Compton***.
- Será diretamente proporcional a espessura do objeto e inversamente proporcional a energia dos fótons (kVp).
- Deve ser reduzida ao mínimo, evitando a formação de artefatos indesejados (ruídos de distorção, borramento e penumbra) na imagem do filme.

# Princípios da formação da imagem radiográfica

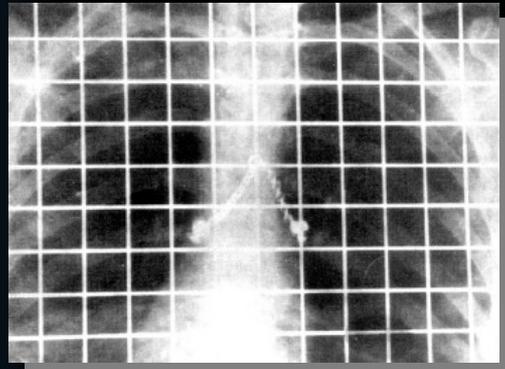
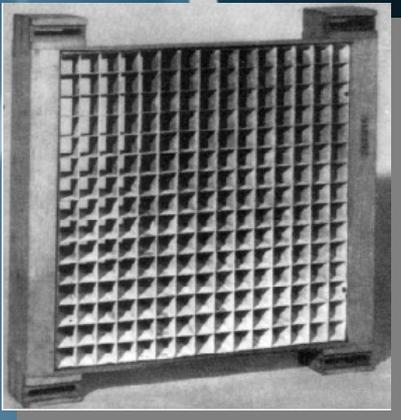


- Métodos para a redução da radiação espalhada
  - Limitadores de feixe;
  - Uso de grade antidifusora;
  - Técnica de afastamento do filme (*air-gap*)

# Princípios da formação da imagem radiográfica

## ■ Grade antidifusora

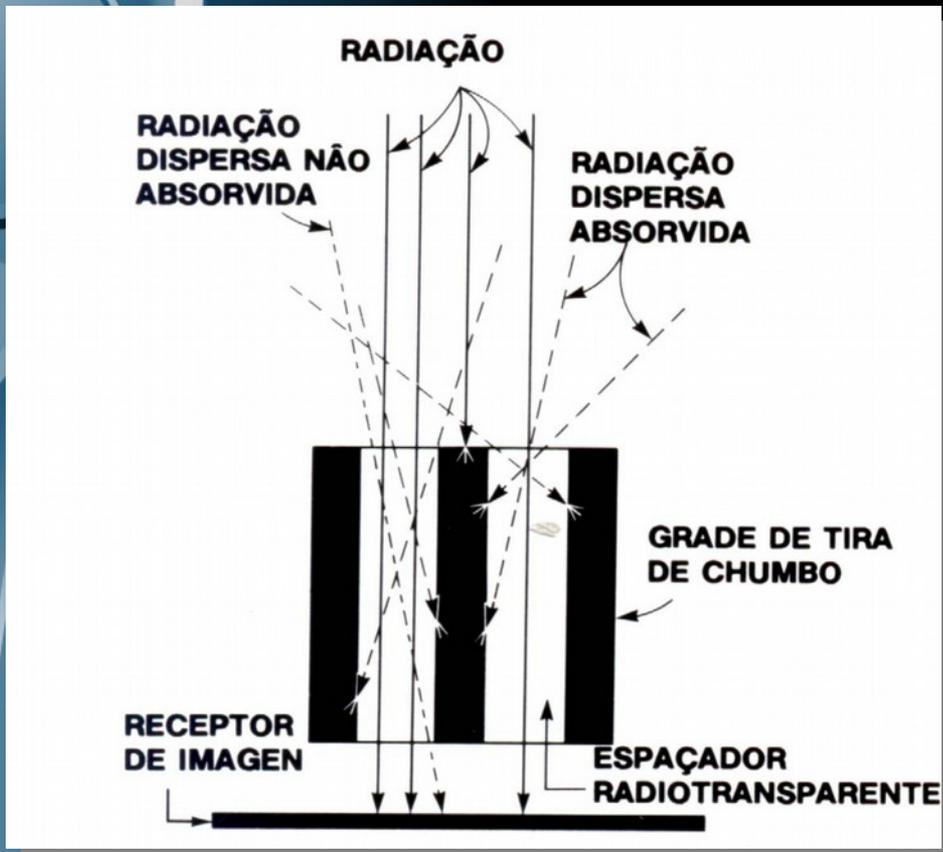
- O uso de grades é o meio ***mais*** efetivo de remover a radiação espalhada de um campo de radiação antes que este chegue ao receptor de imagem;
- As grades são construídas de lâminas verticais alternadas de materiais bons absorvedores ou radiopacos como chumbo e material radiotransparente como fibra, carbono ou alumínio;



*1ª grade antidifusora desenvolvida por Gustav Buck em 1913*

# Princípios da formação da imagem radiográfica

- Grade antidifusora



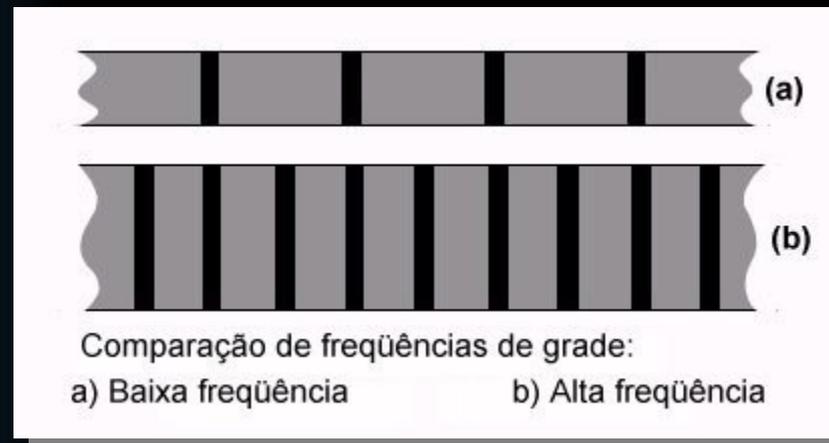
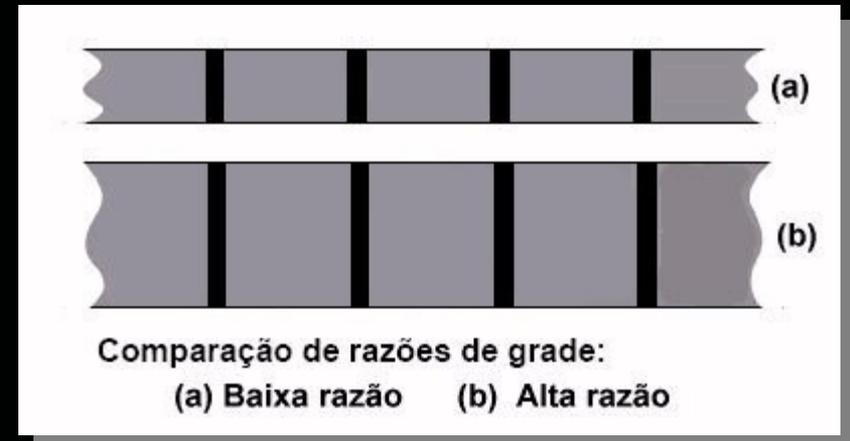
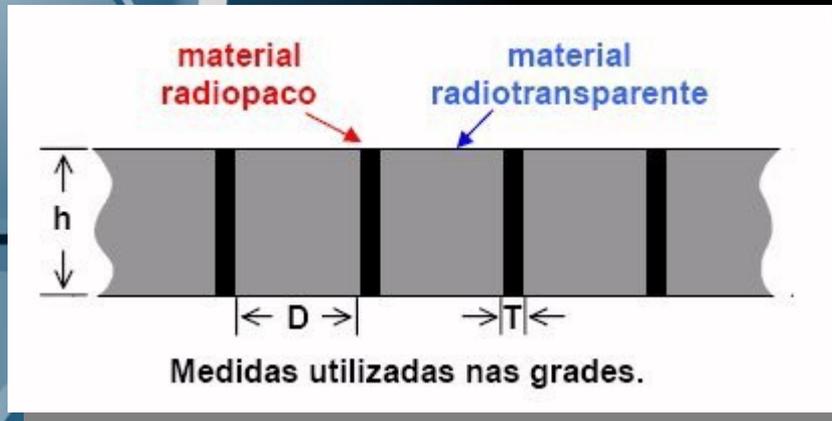
# Princípios da formação da imagem radiográfica

## ■ Grade antidifusora

- A penetração da radiação espalhada na grade é determinada, principalmente, pelas dimensões das tiras de chumbo e dos espaços, chamada de **razão** de grade;
- Definida como a relação entre altura do material radiopaco ( $h$ ) pela distância ( $D$ ) entre as barras ( $h/D$ ). Varia de 4 a 16;
- **Frequência** de grade ou densidade de linhas é o número de linhas ou lâminas de material radiopaco em cada cm de grade:  $1/(D+d)$  onde  $D$  = espaço entre o material radiopaco,  $d$ = espessura do material radiopaco.

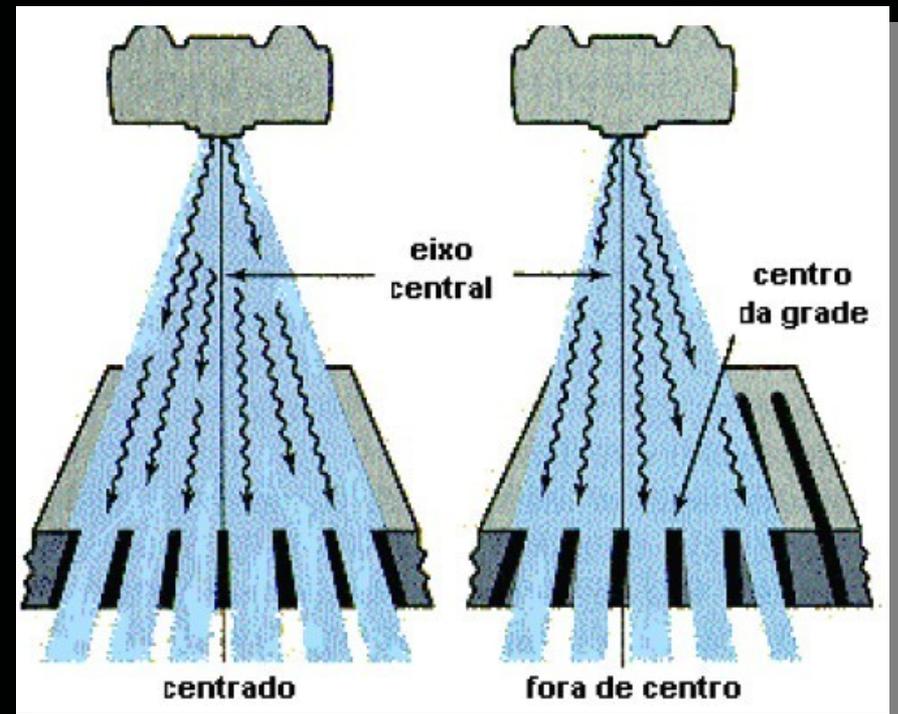
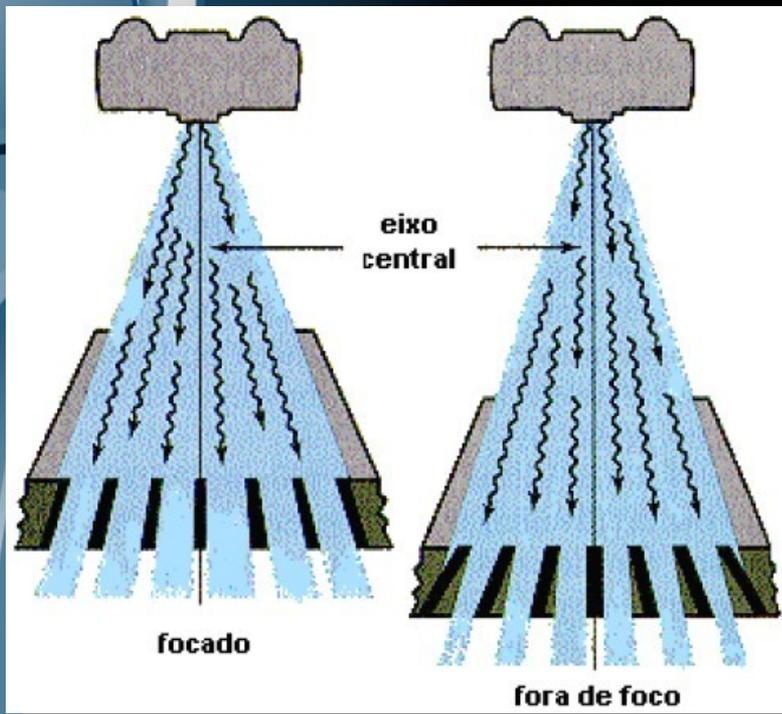
# Princípios da formação da imagem radiográfica

- Grade antidifusora



# Princípios da formação da imagem radiográfica

- Grade antidifusora: Ponto de foco da grade



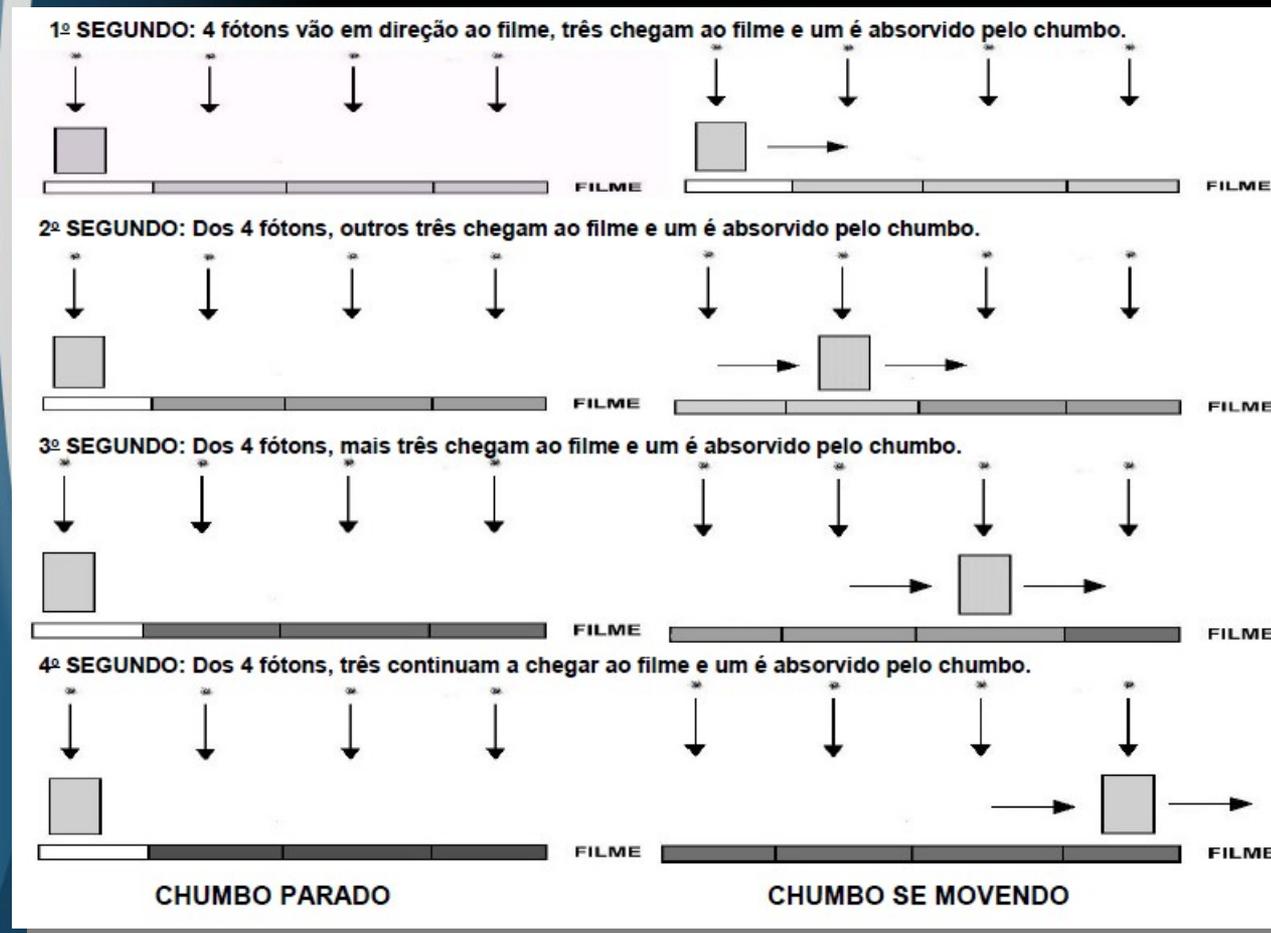
# Princípios da formação da imagem radiográfica

- Elevadas razões de grade absorvem muita radiação dispersa, no entanto, quanto maior for a razão de grade, maior será a necessidade de exposição do paciente (maior dose), de maior carga no tubo de raios X e maior precisão com o posicionamento do paciente.

Razão de grade	Aumento de mAs em relação a sem grade	RX transmitidos a 80 kVp	
		radiação secundária	radiação primária
05:01	x 2	~ 18%	~ 75%
06:01	x 3	~ 14%	~ 72%
08:01	x 4	~ 10%	~ 70%
12:01	x 5	~ 5%	~ 68%

# Princípios da formação da imagem radiográfica

## – Movimento da Grade – Fluocinética



# Princípios da formação da imagem radiográfica

- Movimento da Grade – Fluocinética



stationary grid

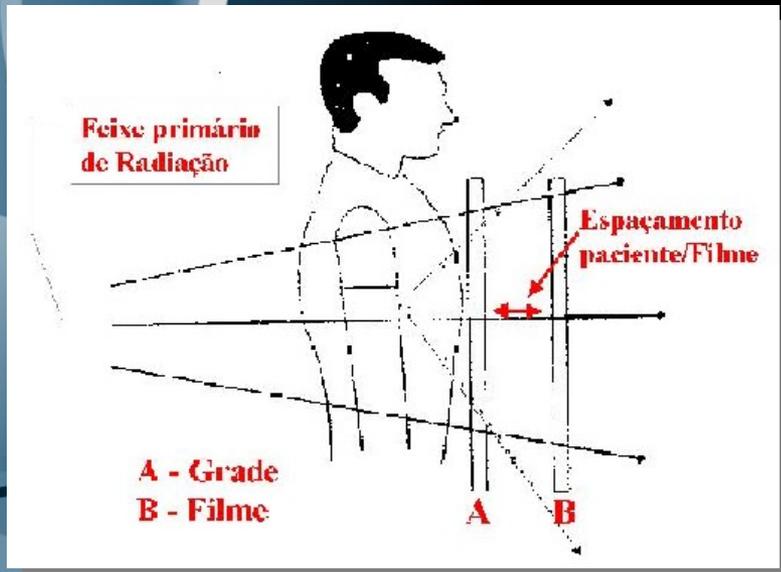
**Grade anti-difusora  
estacionária**



moving grid (bucky)

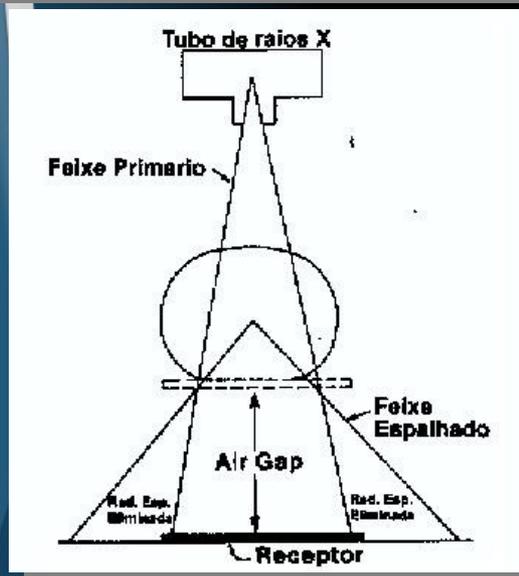
**Grade anti-difusora móvel**

# Princípios da formação da imagem radiográfica



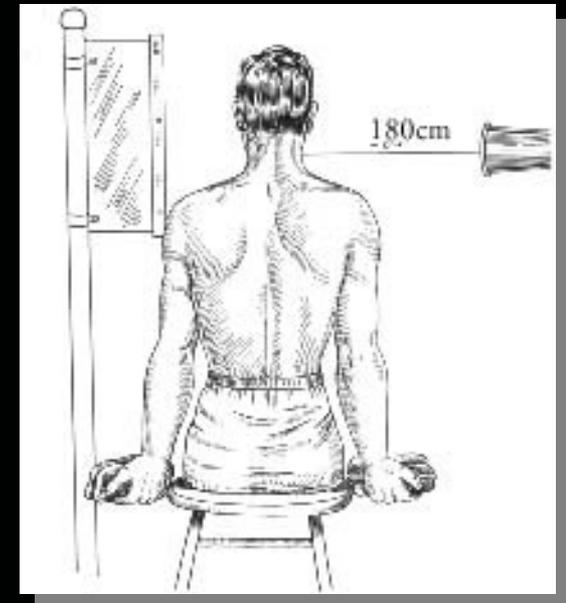
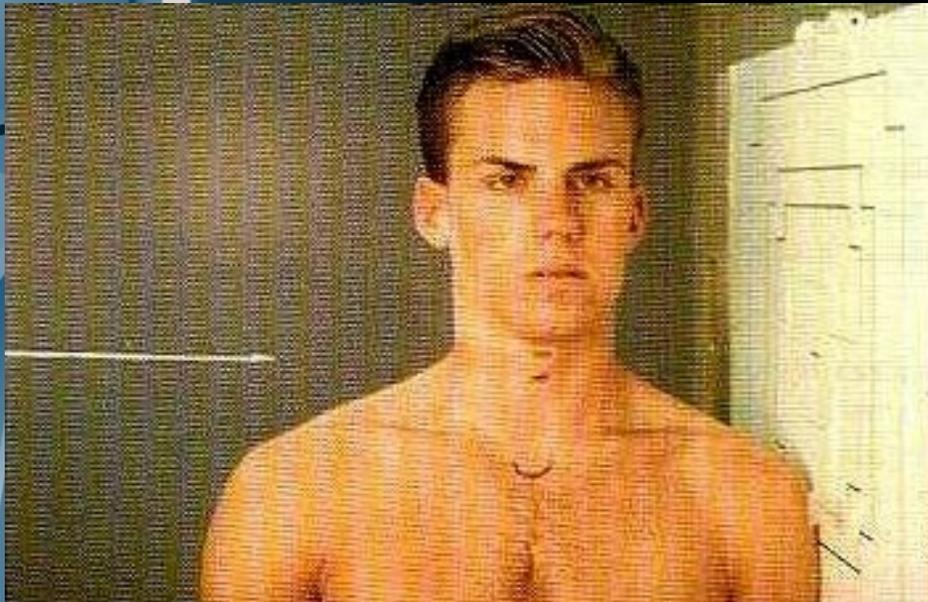
– Técnica de afastamento do filme - Air gap

- Consiste em afastar o filme do paciente criando um espaço de ar entre eles.
- Assim a radiação espalhada que atingiria o filme, por ser a mesma mais divergente que o feixe de raios X primário



# Princípios da formação da imagem radiográfica

- Técnica de afastamento do filme - Air gap



# Geometria da imagem radiográfica

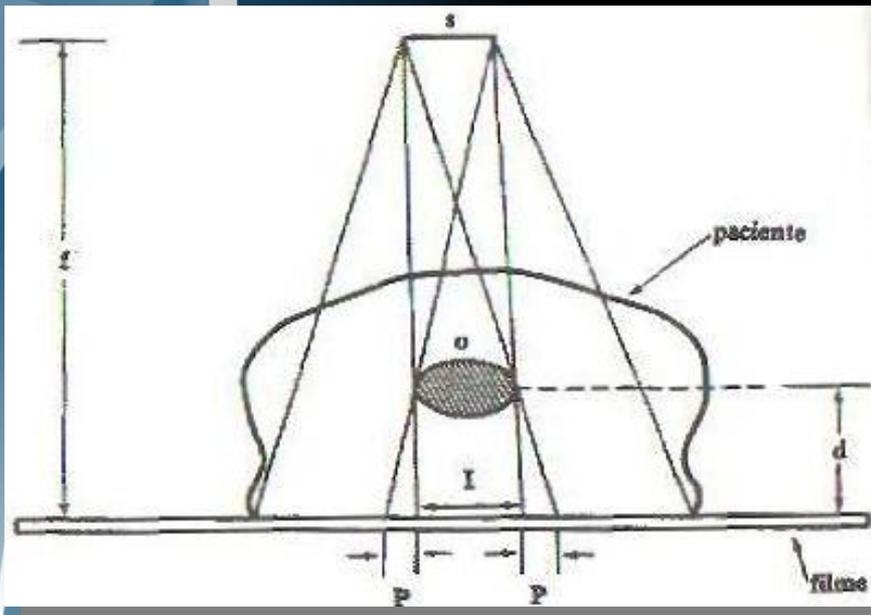
- Em radiologia diagnóstica, NITIDEZ significa uma boa visualização do contorno de uma região anatômica.
- A falta de nitidez ocasionaria dificuldade para boa análise do exame da radiografia.
- Alguns fatores causam falta de nitidez:
  - Penumbra geométrica;
  - Magnificação;
  - Distorção;
  - Movimentos involuntários.

# Geometria da imagem radiográfica

– Alguns fatores causam falta de nitidez:

- Penumbra geométrica;

- A fonte de RX não é pontual, tendo uma certa dimensão, causando um defeito não desejado na formação das imagens, chamado **penumbra**.



Por triângulos semelhantes:

$$P = \frac{d}{(f - d)} \cdot S$$

onde:

P = penumbra

d = distância objeto filme (DOF)

f = distância foco filme (DF<sub>o</sub>F<sub>i</sub>)

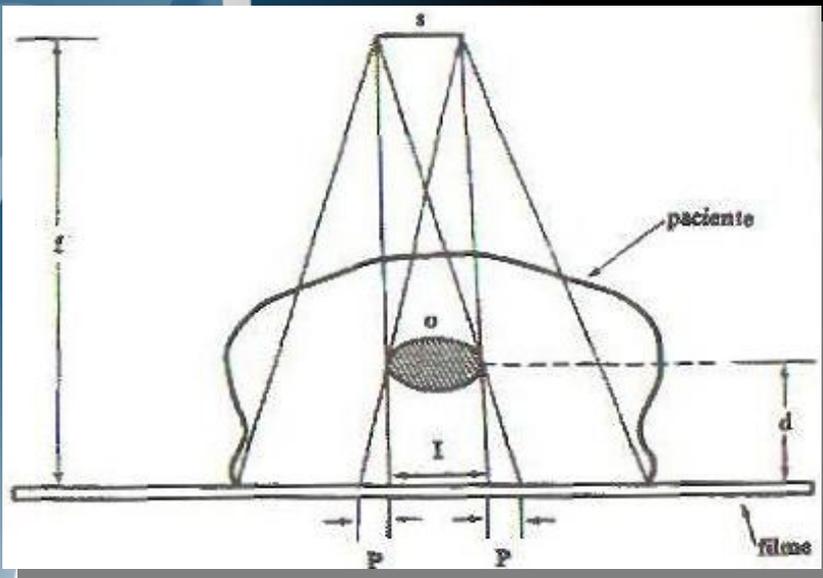
S = tamanho do foco

# Geometria da imagem radiográfica

– Alguns fatores causam falta de nitidez:

- Magnificação;

- Quanto a dimensão da imagem é maior que a do objeto.



$$\frac{I}{O} = \frac{f}{(f-d)} = \text{Fator de magnificação} = F$$

onde:

I = imagem no filme

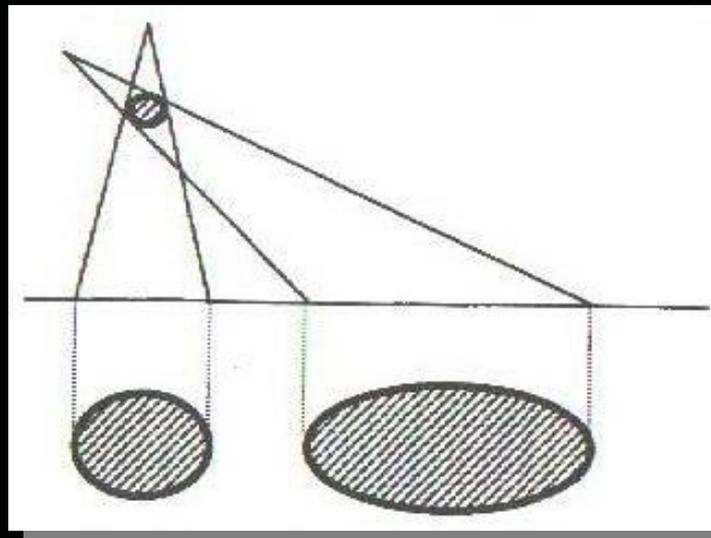
O = objeto

# Geometria da imagem radiográfica

– Alguns fatores causam falta de nitidez:

- Distorção;

- Se o objeto não estiver com seu centro geométrico coincidindo com o eixo do feixe de RX, a magnificação variará em diferentes partes do mesmo objeto e a imagem será deformada



# Geometria da imagem radiográfica

- Alguns fatores causam falta de nitidez:
  - Movimentos involuntários;
    - São os movimentos de funcionamento de cada órgão: batimentos do coração, variações do estômago ...
    - Para que esses fatores não alterem a imagem, os tempos de exposição devem ser os menores possíveis e como será vista adiante uma escolha adequada da velocidade do filme radiológico contribui para a melhoria da qualidade da imagem obtida.

# Filme Radiográfico e Tela intensificadora

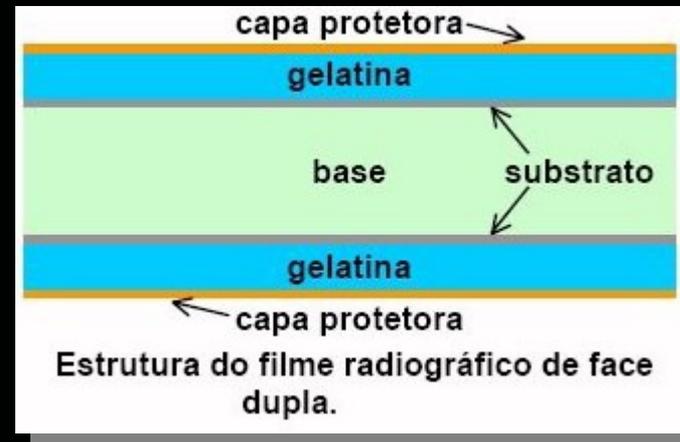
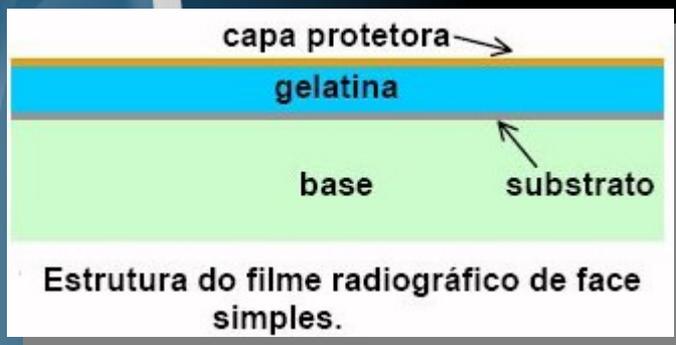
- O objetivo principal de um tecnólogo em um serviço de radiodiagnóstico é produzir imagens com qualidade diagnóstica.
- O feixe de raios X que emerge do tubo tem uma distribuição de fótons quase uniforme. Após a interação com o paciente ele sofre variação de acordo com as características dos tecidos que ele atravessou.
- O filme radiográfico é o meio utilizado na radiologia convencional de registrar esta informação diagnosticamente útil.

# Filme radiográfico: Características básicas

<b>Físicas</b>	<b>Fotográficas</b>
- Tipos de base;	- Densidade:
- Características da emulsão;	<i>Grau de enegrecimento de região do filme</i>
- Espessura;	- Sensibilidade:
- Resistência;	<i>Capacidade de registrar variações de interação</i>
- Uniformidade de superfície;	- Contraste:
- Flexibilidade;	<i>Diferença de densidade ótica (DO)</i>
- Boa absorção de agentes químicos.	- Latitude:
	<i>Faixa de contraste útil para uso clínico</i>

# Filme radiográfico: Estrutura

- Base;
- Substrato;
- Gelatina (Emulsão, haletos de prata, rede cristalina)
- Capa protetora.

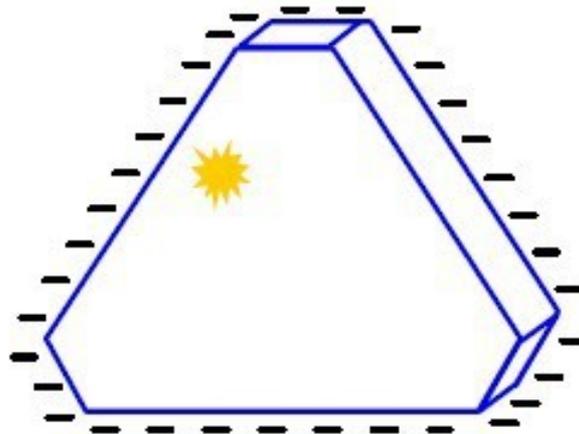


# Filme radiográfico: Estrutura

- **Base** – Componente que dá sustentação ao material que será sensibilizado e armazenará a imagem. Material transparente e levemente azulado com  $\pm 180\mu\text{m}$  de espessura.
- **Subtrato** – Elemento de ligação entre a base a gelatina. Contribui para a boa distribuição da emulsão sobre a superfície e a base.
- **Gelatina** (Emulsão, haletos de prata, rede cristalina) – Composto químico que possui a função de manter os grãos de haleto de prata (AgBr e AgI), substâncias fotossensíveis, uniformemente distribuídos. Revestimento simples ou duplo. O duplo apresenta maior sensibilidade, menor nitidez e maior interação com menor intensidade de radiação.
- **Capa protetora** – Exerce a função de proteção dos cristais da emulsão contra a abrasão e o atrito, também evita que um filme cole no outro.

# Filme radiográfico: Estrutura

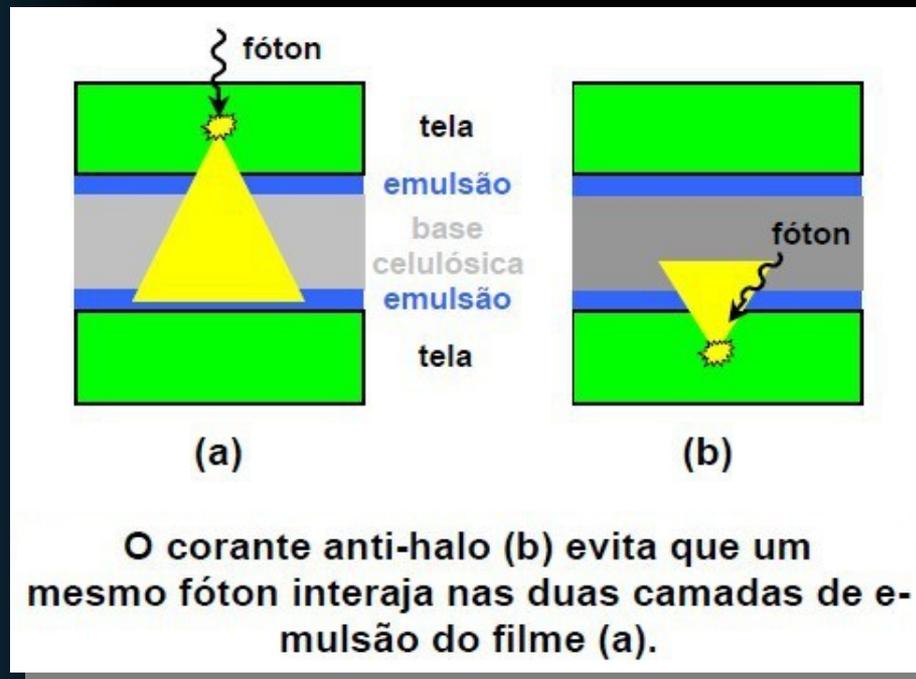
- Para que os fótons de raios X possam ser capturados pelos haletos de prata, é misturada uma impureza aos micro cristais. Esta impureza tem por função atrair os elétrons liberados do bromo e do iodo pela incidência do fóton, dando início a formação da imagem.



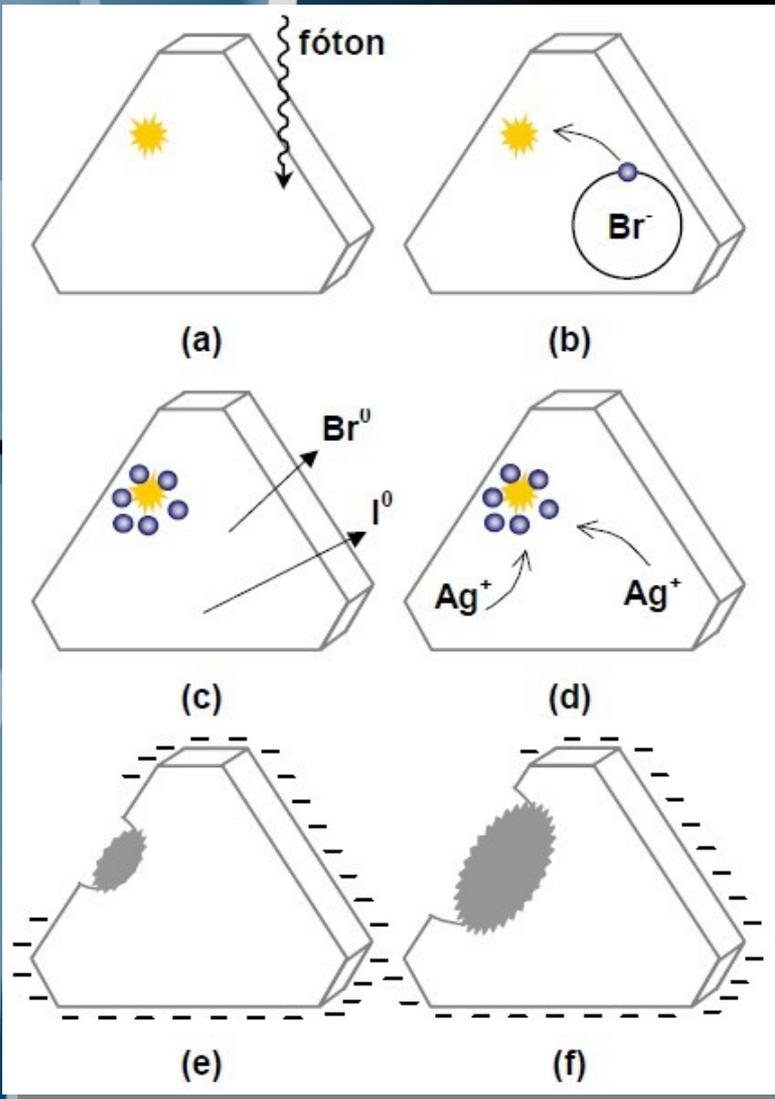
**Cristal de haleto de prata com destaque para a impureza e carga superficial negativa.**

# Filme radiográfico: Corante anti-halo

- O efeito halo ocorre quando um fóton de luz além de interagir com os haletos de prata na camada anterior do filme, também interage com a camada posterior. Ou seja, há uma duplicação da imagem. Com a adição do corante o fóton não atingirá a camada oposta pois o mesmo irá absorvê-lo

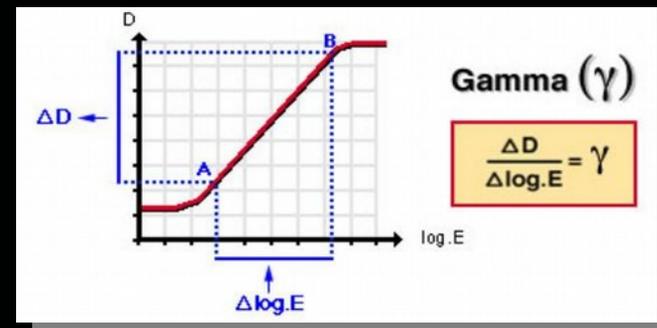
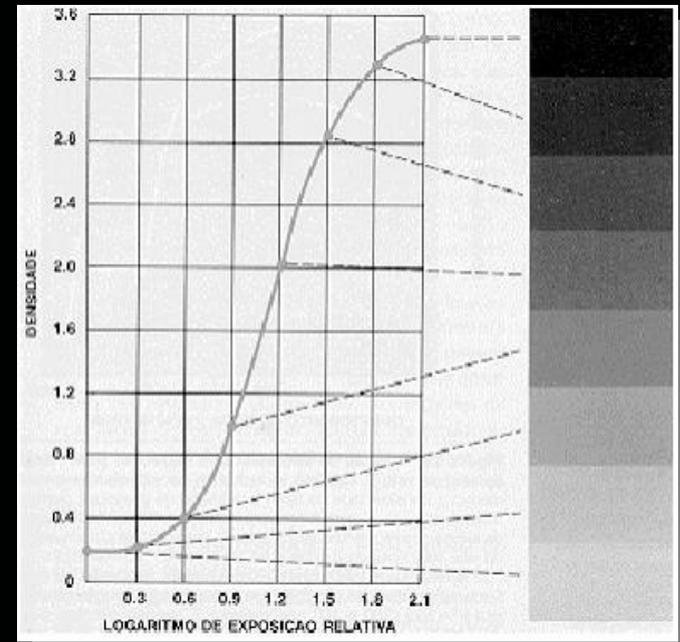
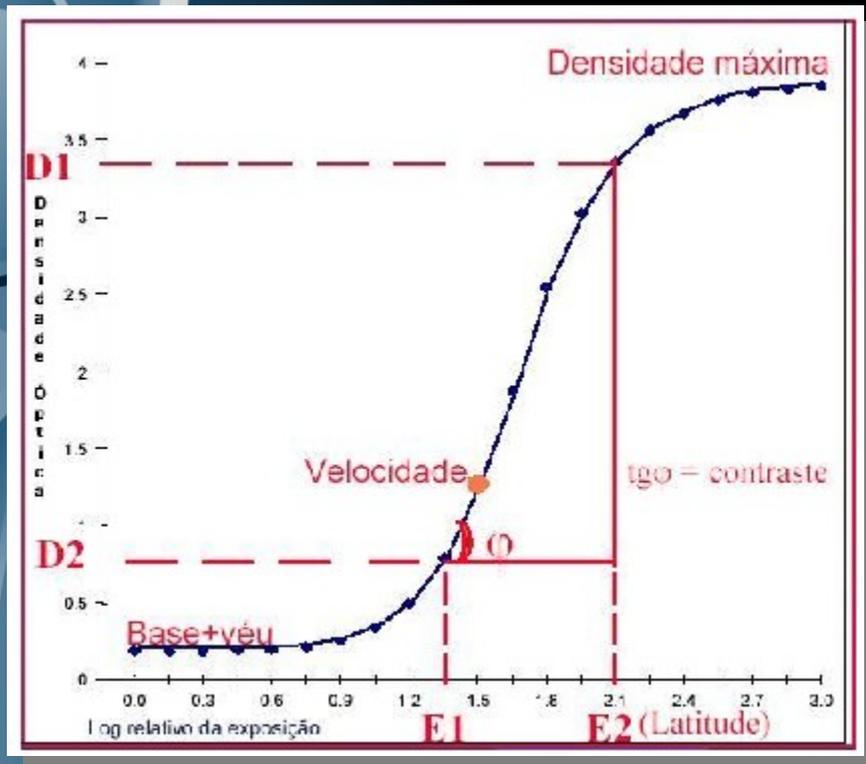


# Filme radiográfico: Sensibilização



- Fóton atinge o micro cristal;
- O elétron extra do haleto – Br ou I – é liberado;
- Os haletos saem do micro cristal enquanto os elétrons livres se dirigem para a impureza;
- Os elétrons criam uma região negativa que atrai os íons positivos da Ag;
- Os íons Ag<sup>+</sup> incorporam os elétrons livres e se tornam prata metálica;
- Maior concentração de Ag metálica, maior degradação do micro cristal. A degradação maior ou menor cria os níveis de cinza da imagem.

# Filme radiográfico: Curva característica



# Filme radiográfico: Curva característica

- Densidade e contraste na imagem radiológica
  - Densidade óptica
    - Representa o grau de enegrecimento da radiografia processada. Quanto maior o grau de enegrecimento, menor a quantidade de luz que atravessará a radiografia quando colocada na frente de um negatoscópio ou de um foco de luz.
    - A densidade óptica pode ser expressa como o logaritmo na base 10 do inverso do coeficiente de transmissão ( $T = I/I_0$ )
      - $DO = \log_{10} 1/T = \log_{10} I_0/I$

# Filme radiográfico: Curva característica

## ▪ Densidade e contraste na imagem radiológica

### - Densidade óptica

- Para um coeficiente de transmissão (T) = 0,1 → apenas 1/10 da radiação incidente sensibiliza o filme.
  - ♦  $DO = \log_{10} 1/0,1 = \log_{10} 10 = 1$
- Para um coeficiente de transmissão (T) = 0,01 → apenas 1/100 da radiação incidente sensibiliza o filme.
  - ♦  $DO = \log_{10} 1/0,01 = \log_{10} 100 = 2$
- Para uma boa interpretação radiológica, as radiografias devem apresentar densidades ópticas entre 0,4 e 2,0.
- O fator de técnica radiológica ***mAs*** exerce o controle primário da densidade, controlando a quantidade de raios X emitida pelo tubo de RX durante uma exposição.

# Filme radiográfico: Curva característica

- Densidade e contraste na imagem radiológica

## – Contraste Radiográfico

- É definido como a diferença de densidade em áreas adjacentes de uma radiografia ou outro receptor de imagem.
- Quanto maior esta variação, maior o contraste.
- Quanto menor esta variação ou menor a diferença de densidade de áreas adjacentes, menor o contraste.

$$\diamond C = DO_1 - DO_2$$

# Filme radiográfico: Tamanhos

<b>13 cm x 18 cm</b>	<b>24 cm x 30 cm</b>
15 cm x 30 cm	25 cm x 30 cm
15 cm x 40 cm	30 cm x 40 cm
18 cm x 24 cm	35 cm x 35 cm
20 cm x 25 cm	35 cm x 43 cm

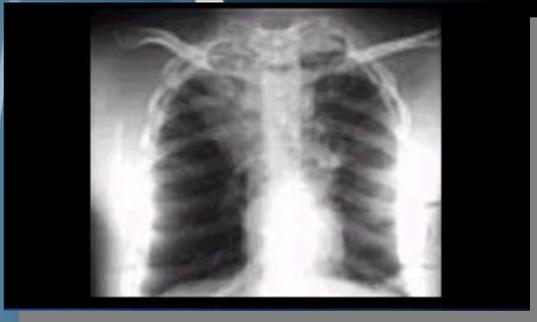
# Filme radiográfico: Imagem latente

- Quando o feixe de radiação emerge do paciente e interage com elementos sensíveis presentes no filme a estrutura física dos micro cristais de haletos de prata são modificados, formando o que se conhece como *imagem latente*.
- A visualização da imagem somente será possível pelo processo de revelação.
- É importante lembrar que a imagem já está formada, porém não pode ser visualizada, por isso deve-se ter cuidado na sua manipulação.

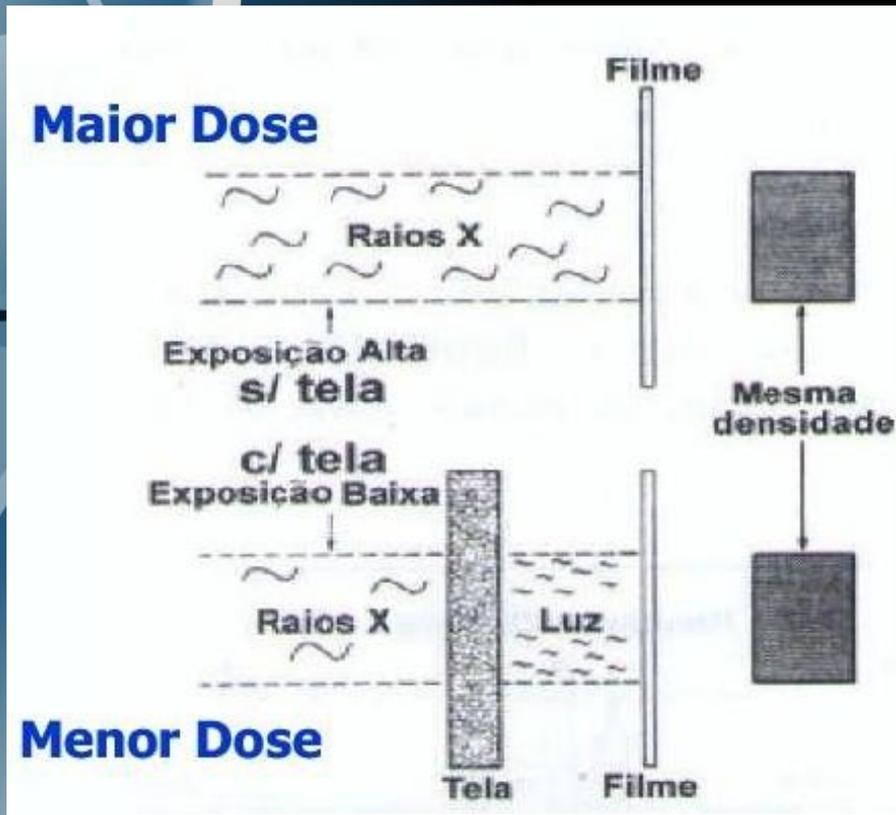
# Tela intensificadora - Écran



- Funcionamento e tipo
- Fatores de desempenho
- Velocidade
- Influência do conjunto chassi/écran



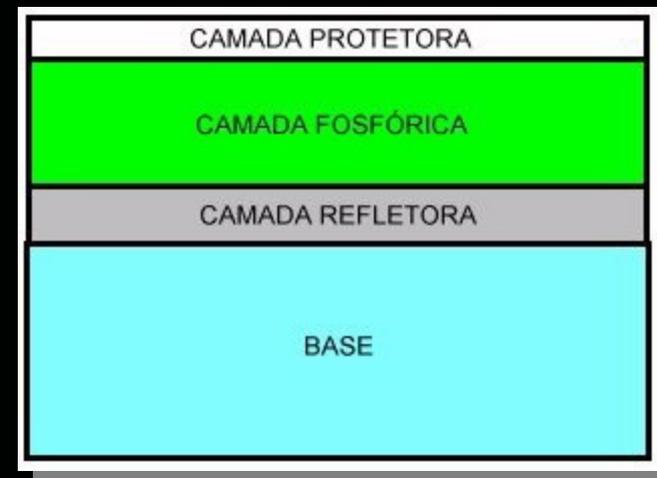
# Tela intensificadora - Écran



- Telas intensificadoras usadas em conjunto com os filmes radiográficos possibilitam a melhoria do nível de ***sensibilização*** do filme e redução de dose no paciente.

# Tela intensificadora - Funcionamento

- Os écrans convertem energia de raios-X (fóton) em centenas de fótons de luz visível, que por sua vez, podem ser utilizados para aumentar a sensibilização dos haletos de prata do filme radiográfico, tendo como objetivo final a formação das imagens radiográficas.
- Estrutura física:
  - Base
  - Camada refletora
  - Camada fosfórica
  - Camada Protetora

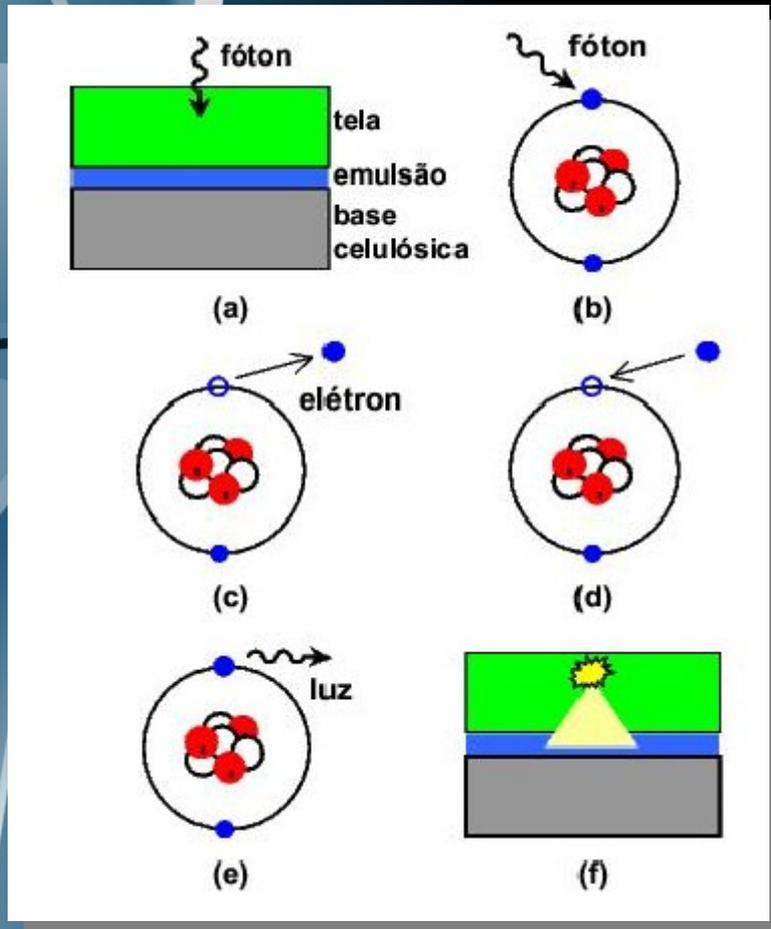


# Tela intensificadora - Funcionamento

## ■ Estrutura física:

- **Base** - Suporte de plástico, papel ou papelão, tem por finalidade dar sustentação a camada ativa, deve possuir uma flexibilidade moderada;
- **Camada refletora** – Recepciona os fótons que saem no sentido contrario ao filme, apos a interação com os raios-X, redirecionando-os para sua superfície. Aumenta a eficiência da intensificação;
- **Camada fosfórica** – Camada ativa do écran, composta por cristais de elevado nº atômico (39 a 74) com espessura de 70 a 250  $\mu\text{m}$ , possui alta eficiência de conversão dos fótons de raios-X em luz visível, intensificando a sensibilização no filme;
- **Camada Protetora** – Diminui a probabilidade de eletricidade estática, permite a limpeza do écran sem alterar sua composição fosfórica.

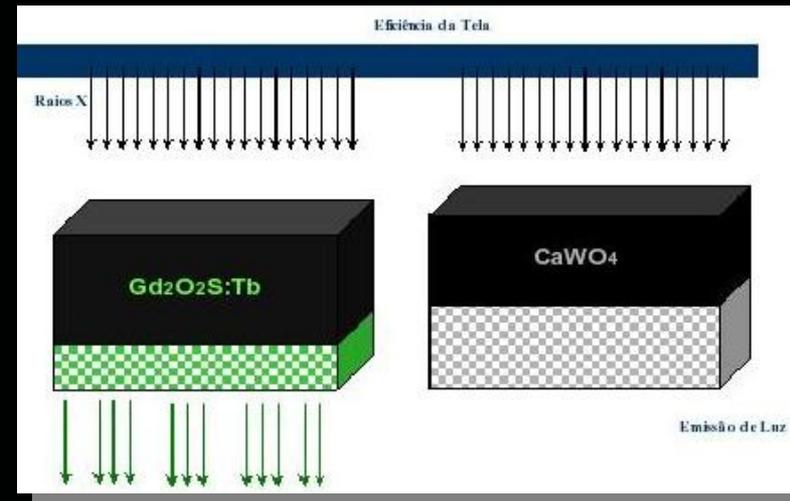
# Tela intensificadora - Funcionamento



- Fóton incide no écran;
- Fóton interage com elétron da última camada do fósforo;
- Com a energia recebida, o elétron escapa do átomo;
- Em seguida, o elétron é capturado por outro átomo do material;
- Ao voltar a sua órbita o elétron libera a energia extra na forma de luz visível;
- A luz emitida interage com a emulsão do filme.

# Tela intensificadora - Tipos

- Os écrans de terras raras, feitos de oxissulfato de gadolínio ( $Gd_2O_2S$ ), possuem um desempenho de forma a absorver 50% mais fótons de raios X do que o feito de tungstato de cálcio ( $CaWO_4$ ) de mesma espessura.
- A Portaria 453/98 determina que as telas intensificadoras sejam fabricadas com elementos do grupo das terras raras (ítrio, bário, lantânio, gadolínio, tungstênio) emitindo luz na faixa do verde, não podendo mais ser utilizadas as telas intensificadoras de tungstato de cálcio ( $CaWO_4$ ) que emitem luz da faixa de frequência do azul.



# Tela intensificadora – Fatores de desempenho

- **Tipos de fósforo**

- Influi na conversão dos fótons de raios X em luz visível. Quanto maior a absorção, maior a produção de luz atuando sobre o filme, e menor a dose no paciente.

- **Espessura da camada**

- Quanto mais espessa, maior será sua capacidade de conversão, porém esta espessura está vinculado ao borramento da imagem pelo excesso de luz e também porque a luz gerada passa a ser absorvida pelo próprio material antes de chegar ao filme.

# Tela intensificadora – Fatores de desempenho

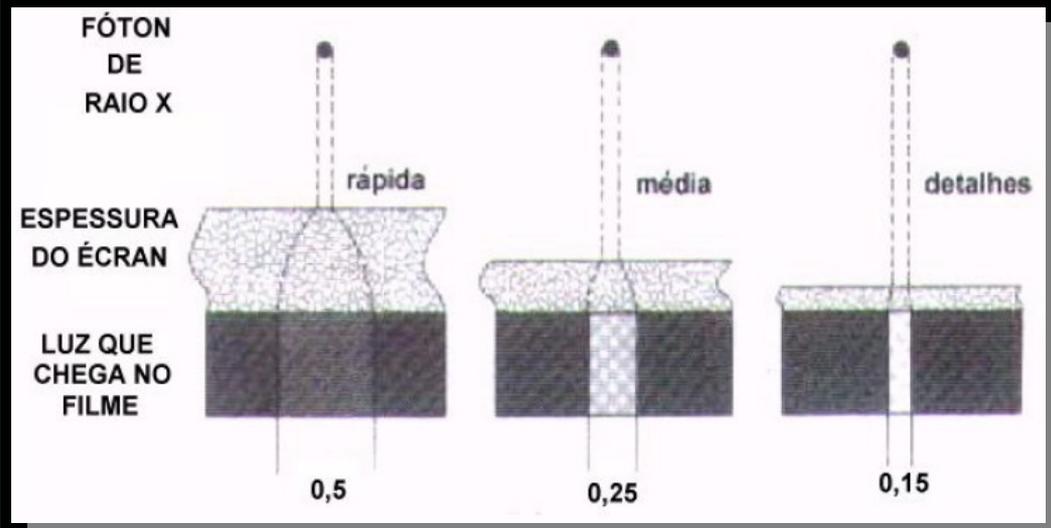
- **Qualidade do feixe de raios X**
  - Quanto mais diferenciado as energias do feixe, mais heterogêneo o grau de conversão da energia dos fótons, assim ocorrerá uma resposta diferenciada por parte do mesmo.
- **Écrans simples ou duplo**
  - Quando se usa écrans duplos, a conversão de fótons e, por consequência, da luz emitida, aumenta. Essa estrutura é a mais usada em radiografia convencional, os écrans simples são usados em combinação com filmes de revestimento simples, em exames de mamografia.

# Tela intensificadora – Velocidade

- A velocidade de uma combinação filme/tela é inversamente relacionada à exposição ( $1/R$ ) e variam de 50 a 800 unidades relativas ao padrão de tungstato de cálcio (100). Sensibilidade (mR) =  $128/\text{velocidade}$  (para  $DO = 1$ )

**Relação entre velocidade do filme e sua sensibilidade (em mR)**

Velocidade	Sensibilidade (mR)
1200	0,10
800	0,16
400	0,32
200	0,64
100	1,28
50	2,56
25	5,00
12	10,00

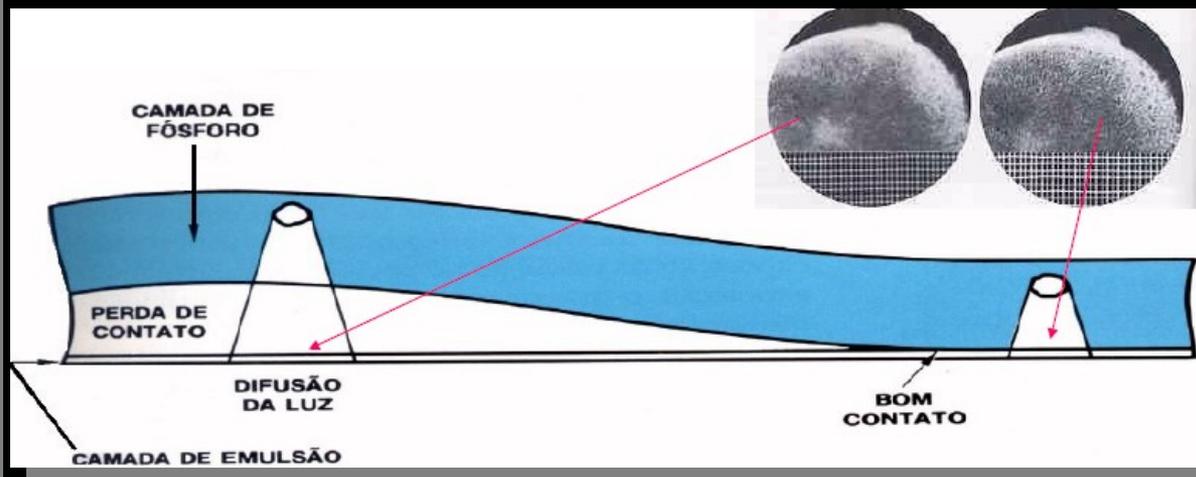


# Influência do conjunto chassi/écran

- **Chassi** – recipiente articulado de metal e plástico.
- **Contato filme/écran** – Suas superfícies internas irão comprimir a superfície do écran contra a superfície do filme. O manuseio incorreto pode provocar irregularidades nesse contato, prejudicando a distribuição de luz sobre o filme.



Chassi aberto: de pé o chassi sem écran em baixo, chassi com tela intensificadora dupla.



# Processamento radiográfico

- Definição
- Localização
- Acessórios
- Processo de revelação
- Procedimentos de manuseio

# Processamento radiográfico – Câmara escura

## ■ Definição

- Ambiente onde desenvolvem-se os processos de manuseio e revelação dos filmes radiográficos. Caracteriza-se pela ausência de luz natural e pela presença de luz artificial de baixa intensidade (luz de segurança).

## ■ Localização

- Localiza-se, de preferência, entre as salas de exame ou o mais próximo possível delas, visando a otimização do processo de revelação e encurtando o deslocamento dos profissionais.
  - A câmara pode ser classificada como: úmida (revelação manual), seca (revelação automática) e mista.

# Processamento radiográfico – Câmara escura

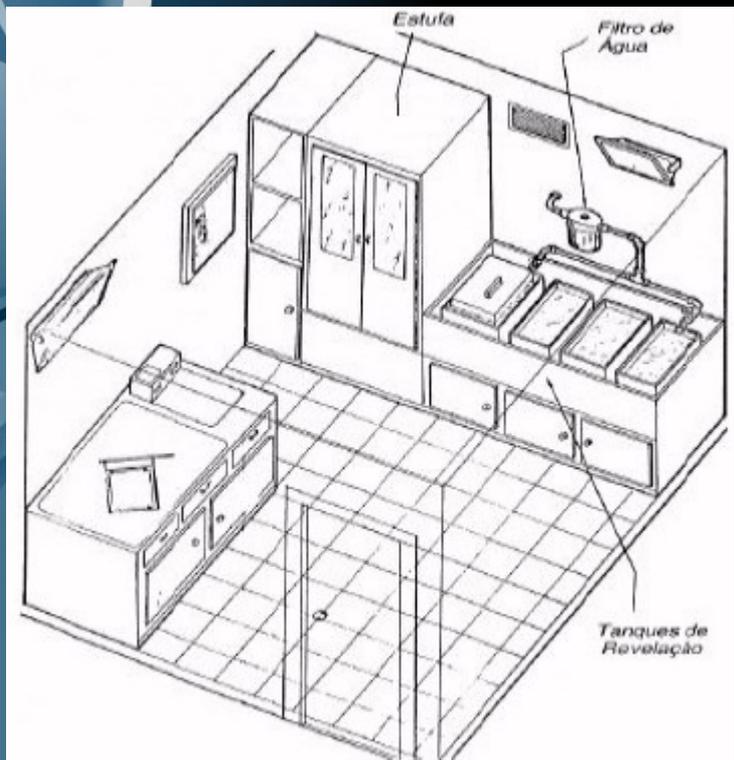
## ■ Deve possuir:

- Tamanho compatível com tipo e volume de filmes processados e área mínima de 4m<sup>2</sup> (Resolução RDC 50/02);
- Suas paredes, se adjacentes à sala de exames, deverão ser devidamente blindadas, conforme as determinações da norma 453/98 e sua área interna classificada como área controlada, definindo a dose máxima de 5 mSv/ano;
- proteger o seu interior da entrada de radiação dispersa, além de bloquear a entrada de luz nas aberturas;
- Não é necessário que as paredes sejam pintadas de preto, pois o que faz o ambiente ser escuro é a ausência de luz;
- A porta de acesso a câmara escura deve possuir sistema de segurança para evitar a abertura acidental, ou ser utilizado o sistema de acesso por labirinto.

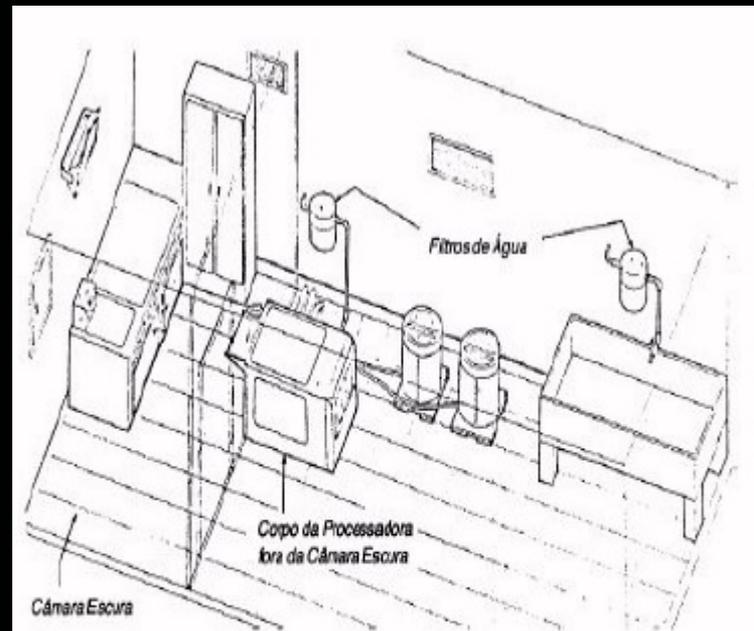
# Processamento radiográfico – Câmara escura

- Internamente existem dois compartimentos:
  - **Parte seca** – destinada ao manuseio e guarda das películas e chassis radiográficos. Nesta parte, o balcão deve ser aterrado de modo a evitar o aparecimento de eletricidade estática, evitando-se também que este seja confeccionado de madeira ou outro material isolante.
  - **Parte úmida** – onde estão localizados os tanques de processamento ou máquinas processadoras automáticas e tanques destinados a limpeza desses reservatórios.

# Processamento radiográfico – Câmara escura



Câmara escura com revelação manual:  
mais ampla, ventilada e com ponto de água.



Câmara escura sem revelação:  
menor e apenas a entrada de filmes da processadora automática fica do lado de dentro da câmara escura. Os tanques de químicos e o ponto de água ficam do lado de fora.

# Processamento radiográfico – Câmara escura

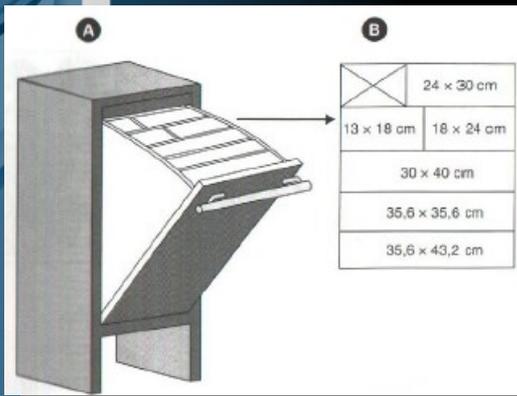
- Operações realizadas na câmara escura:
  - Colocação de filme virgem nos chassis;
  - Envio dos chassis carregados (com filme) para a sala de exames;
  - Recebimento dos chassis com os filmes expostos;
  - Retirada dos filmes expostos dos chassis;
  - Colocação dos filmes nas colgaduras nos casos de processamento manual;
  - Colocação dos filmes diretamente na processadora para revelação e em revelação manual, quando for o caso, em todas as fases;

# Processamento radiográfico – Câmara escura

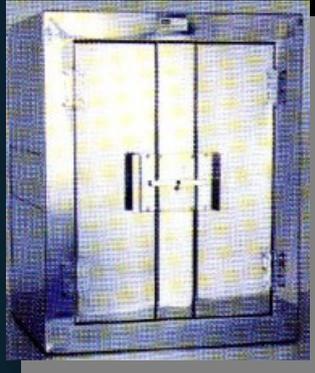


## ■ Acessórios:

- Sistema de renovação de ar: Exaustor;
- Controle de temperatura: entre 18° – 24°C;
- Controle de umidade: entre 40 – 60%, usar higroscópio;
- Armazenamento de filmes: manter nas caixas ou em burras;
- Iluminação de segurança: luminárias com filtros na cor âmbar e com 6,5 a 10W.



# Processamento radiográfico – Câmara escura (CE)



## ■ Acessórios:

- Colgaduras: fixação de filmes (processamento Manual);
- Passadores: comunica a CE com a sala de exames;
- Secadores: Secagem de filmes em processamento manual;
- Tanques de processamento: uso em processamento manual;
- Termômetros e timer: controle de temperatura e tempo em processamento manual.

# Processamento radiográfico

- Processo físico-químico complexo composto de 4 etapas: Revelação, fixação, lavagem e secagem, no caso do processamento automático e de 5 etapas: Revelação, lavagem, fixação, lavagem e secagem, se o processamento for manual;
- É o processo que permite aos agentes químicos do revelador, interagir com os cristais de haleto de prata, transformando a imagem latente em imagem visível.
- O processo de revelação somente irá atingir os cristais de prata que sofreram alguma alteração física, durante a interação com a radiação.

# Processamento radiográfico

## ■ Etapa de Revelação

- É o fator de maior influência na alteração da sensibilidade do filme, fase do processamento na qual se dá a formação da imagem propriamente dita;

### COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO REVELADOR

SUBSTÂNCIA QUÍMICA	FUNÇÃO GERAL	FUNÇÃO ESPECIAL	
Metol ou Fenidona	Agentes Redutores	Produz rapidamente os tons de cinza na imagem	Os agentes reveladores convertem os cristais de brometo de prata expostos em prata metálica negra
Hidroquinona		Produz lentamente os tons negros e o contraste na imagem	
Carbonato de sódio	Ativador	Inchar e suavizar a emulsão para que os agentes redutores possam atingir os grãos expostos. Proporciona a alcalinidade necessária para os agentes redutores	
Brometo de potássio	Restritor	Evita que os agentes redutores produzam velamento	
Sulfito de sódio	Preservativo	Evita a oxidação rápida dos agentes reveladores	
Água	Solvente	Líquido para dissolver os produtos químicos	

# Processamento radiográfico

## ■ Etapa de Fixação

- Segunda etapa do processamento do filme, em sequência à revelação. Sua função é a de criar uma barreira protetora sobre a imagem para que não sofra desgaste pela ação do tempo e não necessite de cuidados de manuseio.

### COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO FIXADOR

SUBSTÂNCIA QUÍMICA	FUNÇÃO GERAL	FUNÇÃO ESPECIAL
Tiosulfato de amônia	Agente fixador	Elimina os cristais de brometo de prata não expostos
Ácido acético	Neutralizador	Determina a suspensão da revelação, neutralizando o revelador. Fornece a acidez requerida
Sulfito de sódio	Preservativo	Mantém o equilíbrio químico entre as substâncias no fixador.
Alumen de cromo	Endurecedor	Contraí e endurece a emulsão
Água	Solvente	Líquido para dissolver os produtos químicos

# Processamento radiográfico

## ■ Etapa de Lavagem

- Consiste na retirada da solução fixadora e é muito importante, pois o tiosulfato de amônia não pode permanecer sobre o filme.
- Falta de lavagem => Com o tempo, ocorre reação do nitrato de prata com o ar => alteração na coloração do filme (marrom-amarelada).

## ■ Etapa de Secagem

- Etapa final onde o filme é submetido a circulação de ar quente sobre sua superfície. Ocorre a retirada da excesso de água, deixando a radiografia apta para o manuseio.

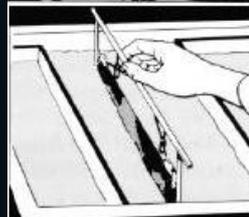
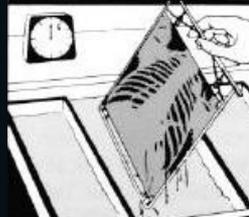
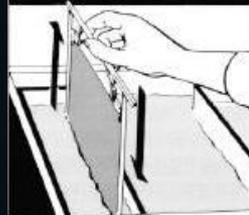
# Processamento radiográfico

## ■ Resumo

- Revelador – Incha a gelatina e escurece os haletos de prata sensibilizados pelo RX.
- Fixador – Neutraliza o revelador, retira os haletos de prata que não foram enegrecidos e endurece a gelatina (contração).
- Lavagem – os subprodutos de fixação e outras substancias solúveis indesejáveis são retirados do filme.
- Secagem – ocorre a retirada da excesso de água, deixando a radiografia apta para o manuseio.

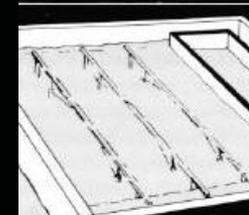
# Processamento radiográfico - Manual

- Revelação



- Banho Interruptor

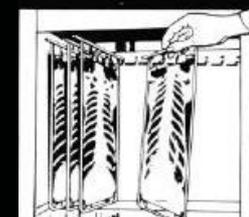
- Fixação



- Lavagem



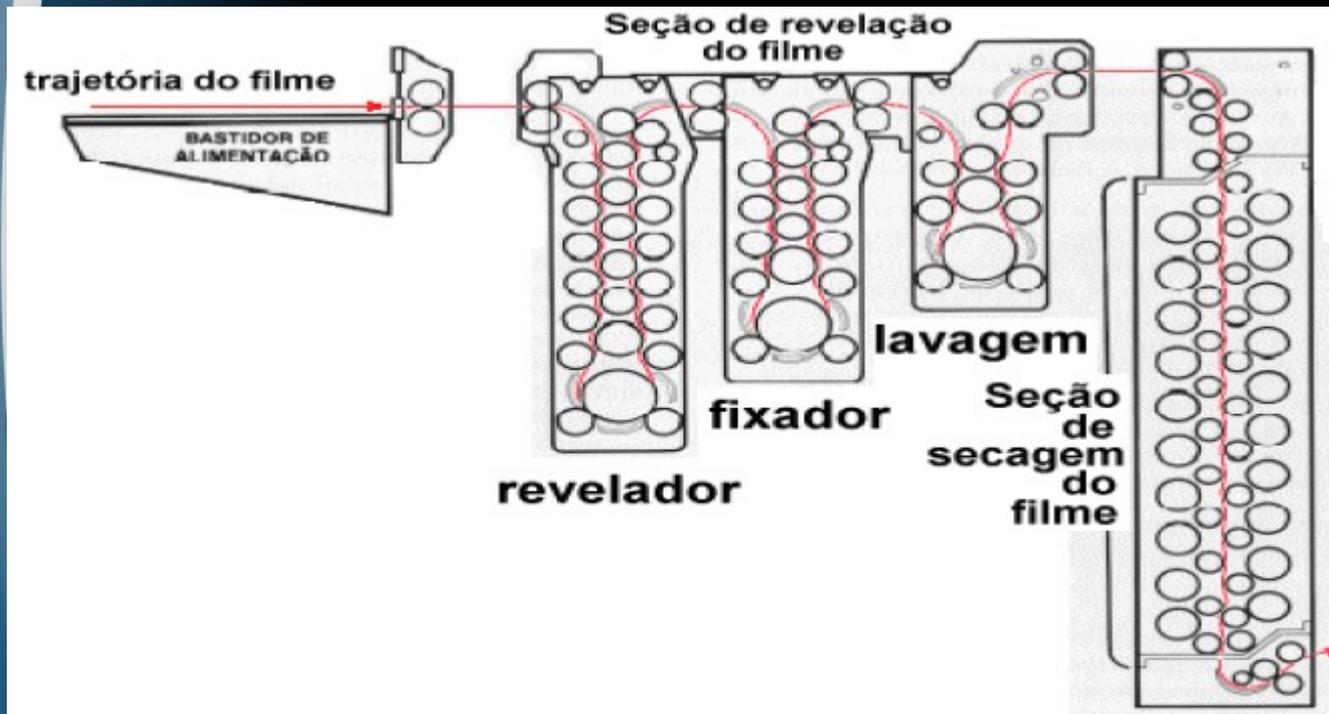
- Secagem



# Processamento radiográfico

- Processadora possui no seu interior conjunto de rolos de tamanho proporcional aos tanques e distribuídos da seguinte forma:
  - Conjunto de condução do filme ao processo;
  - Conjunto de rack do revelador;
  - Cross over do revelador;
  - Conjunto de rack do fixador;
  - Cross over do fixador;
  - Conjunto de rack de lavagem;
  - Cross over de lavagem;
  - Conjunto de rack do secador.

# Processamento radiográfico



**Estrutura básica de uma processadora automática**

# Processamento radiográfico



# Processamento radiográfico



- Conjunto de rolos – racks



- Conjunto de rolos – Cross over

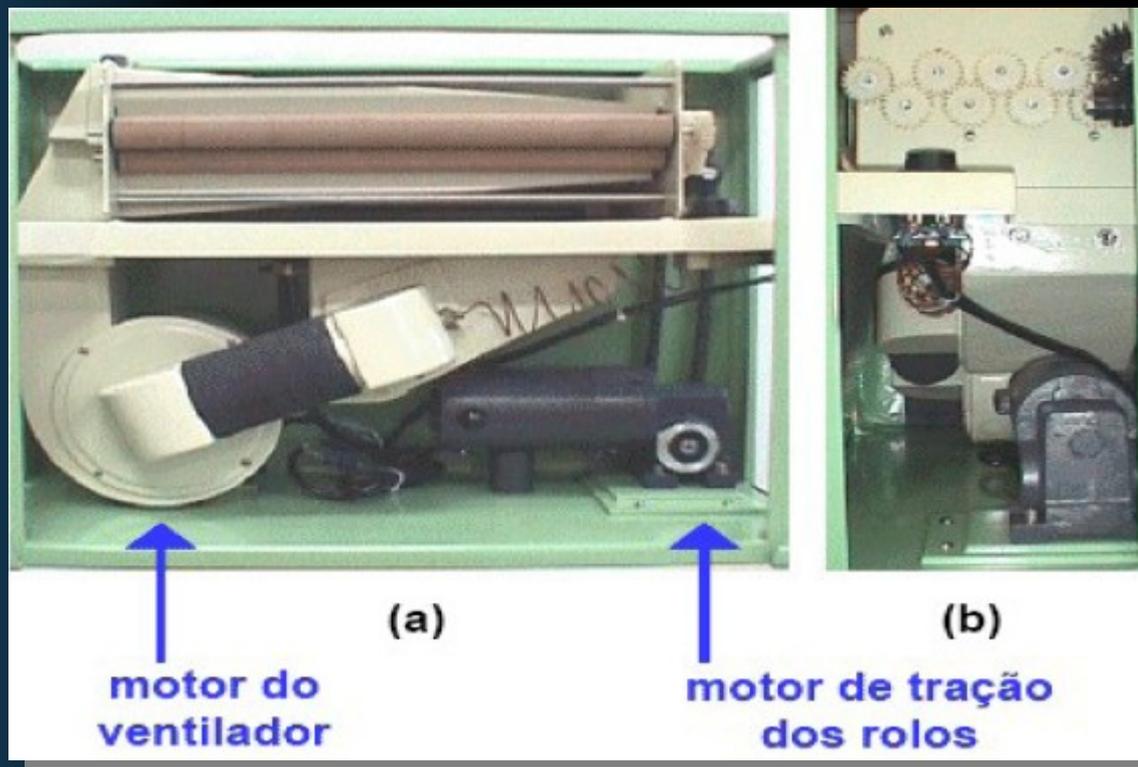
# Processamento radiográfico



- Rolos de tracionamento do filme - Veja no lado direito - alças com cores distintas (branca, azul e vermelha) indicando os três tanques de processamento.

- Detalhes dos tanques internos da processadora, sem rolos. Na ordem da esquerda – direita: água (branco), fixador (vermelho) e revelador (azul)

# Processamento radiográfico



- Etapa de secagem da processadora automática – (a) vista frontal e (b) vista lateral

# Processamento radiográfico

- Procedimento de limpeza das processadoras:
  - Crossovers: - todos os dias.
  - Racks: - uma vez por semana.
  - Esgotamento de tanques de revelador e fixador: - uma vez por mês.
  - Passar filmes virgens e velados: - todos os dias pela manhã.
  - Deixar a tampa da processadora aberta um palmo para saída de vapores de químicos: - todos os dias após rotina.
- Tanques e reservatórios:
  - São os galões utilizados para o preparo e reserva dos químicos a serem utilizados.
  - As processadoras possuem válvulas que garantem a retirada dos químicos dos reservatórios e que completam o nível dos referidos compartimentos.

# Processamento radiográfico

- Tanques e reservatórios:
  - Automático (Ex: Automix)
  - Manual



# Processamento radiográfico – Recuperadores de prata (PCQ)



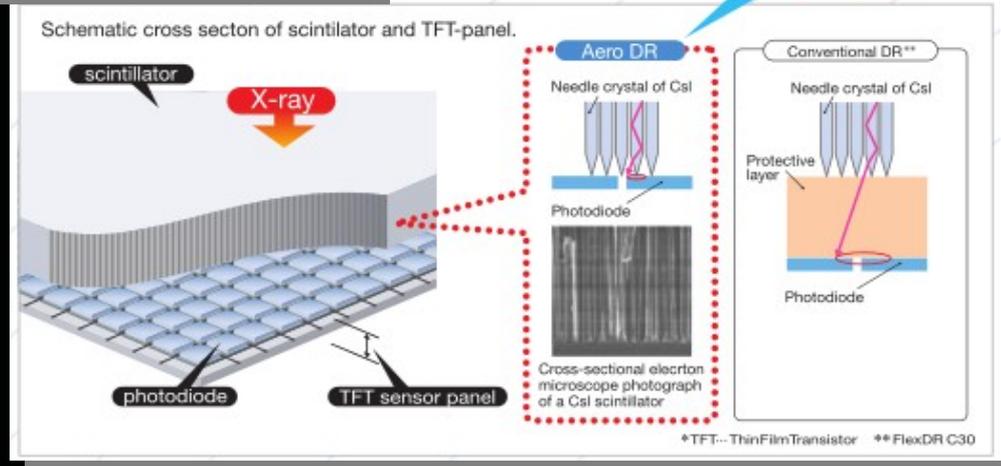
# Processamento radiográfico

- Procedimento de manuseio - início:
  - Colocar o dreno de água na posição correta;
  - Abrir o registro de água que abastecer a processadora;
  - Recolocar os rolos cuidadosamente;
  - Fechar a tampa da processadora;
  - Ligar a processadora;
  - Limpar a bandeja de saída (se possível a de entrada também) com pano ligeiramente úmido e depois com um seco (o pano não pode soltar fiapos);
  - Passar de 4 a 5 filmes (podem ser filmes já revelados) para assentar os rolos e retirar qualquer possível resíduo que tenha ficado nos rolos.

# Processamento radiográfico

- Procedimento de manuseio - término:
  - Desligar a processadora;
  - Fechar o registro de água que abastece a processadora;
  - Deslocar o dreno da água;
  - Retirar os rolos e lavá-los cuidadosamente;
  - Colocar os rolos em local seguro e cobri-los (evitar pó);
  - Deslocar a tampa da processadora e deixá-la aberta parcialmente para evitar a concentração de vapor.

# Radiografia digital padrão CR



# Radiografia digital padrão CR

- O termo radiologia digital faz referência a obtenção de imagens no formato digital. Atualmente, as técnicas de diagnóstico por imagem digital competem com a radiografia tradicional e tendem a substituí-la, apesar dos grandes avanços tecnológicos que tem experimentado desde o descobrimento de raios-X.

# Radiografia digital padrão CR

- O termo radiologia computadorizada padrão CR faz referencia a tecnologia de detectores baseada na utilização de telas fosforescentes fotoestimuláveis.
- A radiografia digital com telas fosforescentes fotoestimuláveis permite obter imagens digitais utilizando os equipamentos convencionais de raios X e as técnicas radiográficas habituais no radiodiagnóstico.

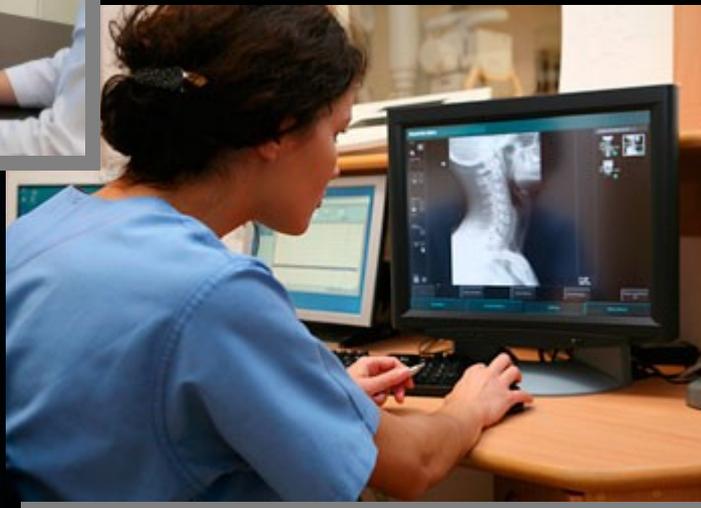
# Radiografia digital padrão CR

- Nestes sistemas a película radiográfica clássica é substituída por um chassi digital com uma tela de detectores fotoestimuláveis (0,3 – 0,4 mm de espessura) que constitui uma tela de memória similar aos ecrãs dos chassis convencionais.
- A exposição radiográfica é feita de forma similar ao convencional, sendo que neste caso a energia dos fótons de raios X transfere sua energia para os elétrons dos átomos da tela de detectores, que passam a um estado instável formando uma imagem latente que permanece armazenada.

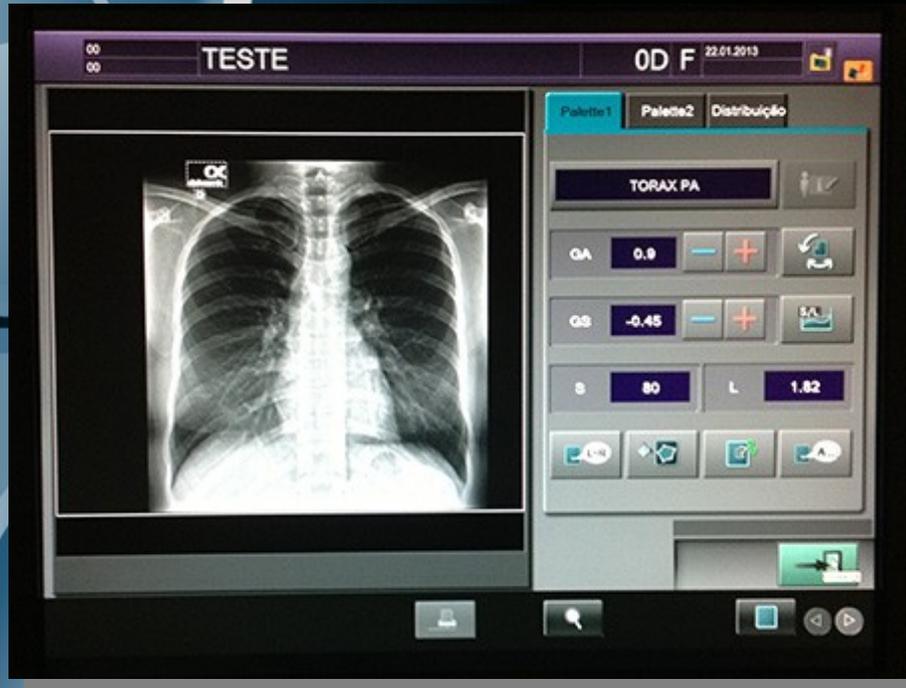
# Radiografia digital padrão CR

- A imagem latente armazenada no chassi digital é transformada em imagem radiológica em uma leitora laser de imagens.
- A radiação laser que incide sobre a tela de detectores faz com que os elétrons voltem ao seu estado fundamental de energia emitindo uma luz proporcional ao número de fótons X absorvidos, que são reconhecidos por um sensor (fotomultiplicadora) e convertidos num sinal elétrico.
- A seguir o sinal é convertido em sinal digital por um conversor ADC e transmitido a estação de trabalho (computador) permitindo manipulação.

# Radiografia digital padrão CR

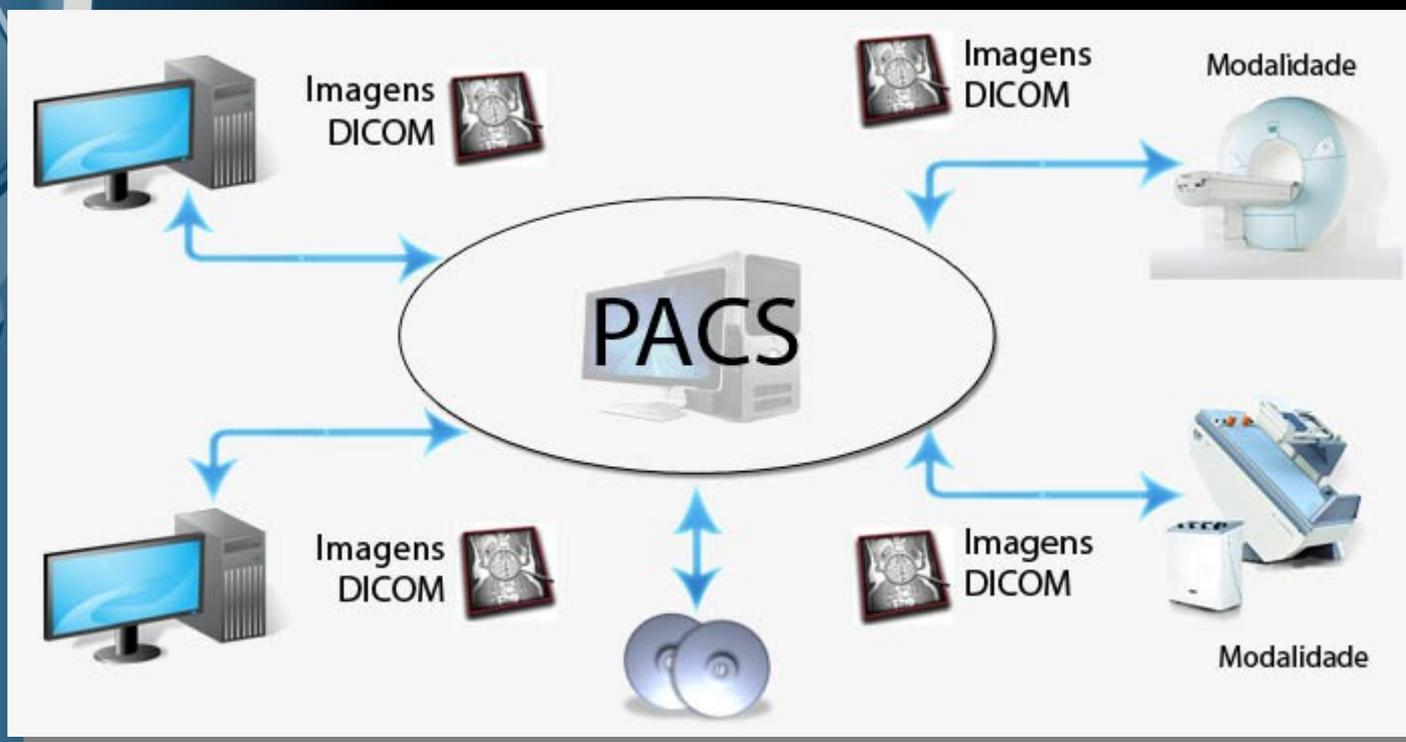


# Radiografia digital padrão CR



# Novas tecnologias aplicadas a imagem

## Sistema HIS/RIS/PACS



# Notas de Aula: Física Aplicada a Imaginologia

- Prof. Luciano Santa Rita  
*Fonte: Prof. Rafael Silva*

- [www.lucianosantarita.pro.br](http://www.lucianosantarita.pro.br)
- [tecnologo@lucianosantarita.pro.br](mailto:tecnologo@lucianosantarita.pro.br)

