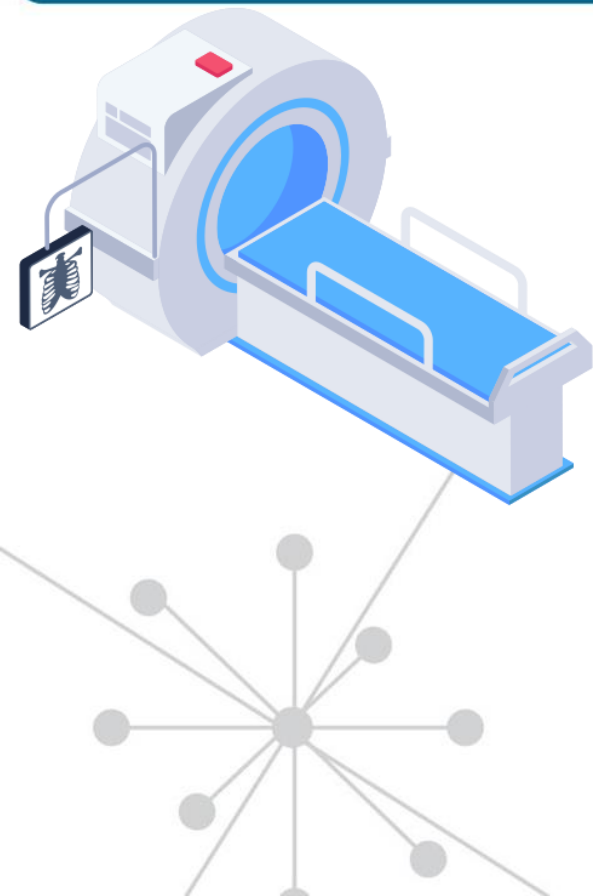




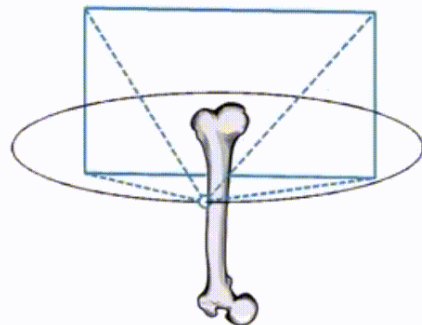
PARTE 2 – Reconstrução da imagem



Formação da imagem



Projeção

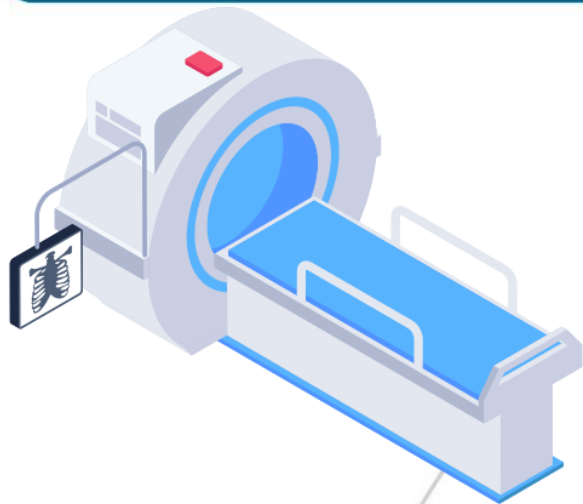
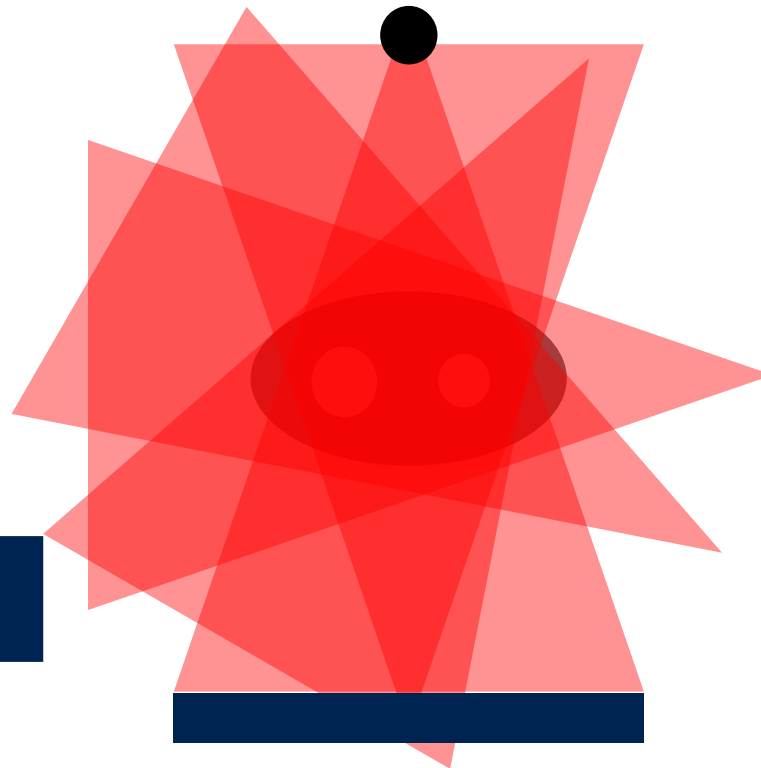


Aquisição

Reconstrução

Formação da imagem

Aquisição

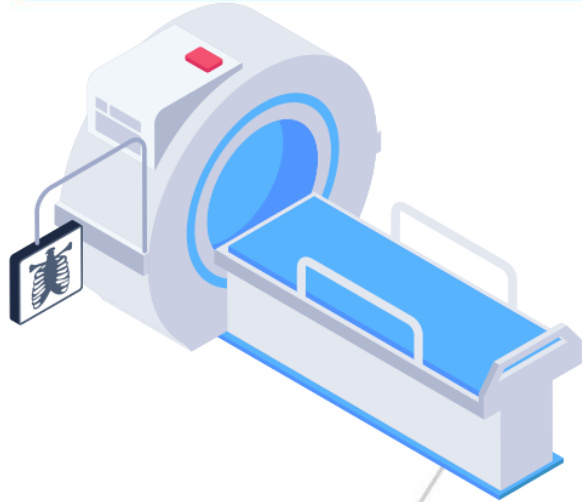


Aquisições em vários ângulos

O que é detectado?



Formação da imagem



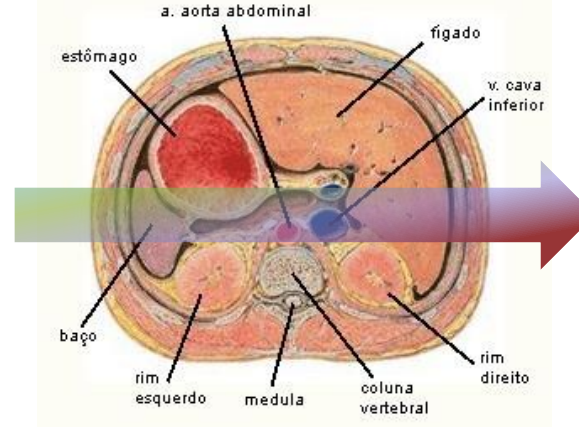
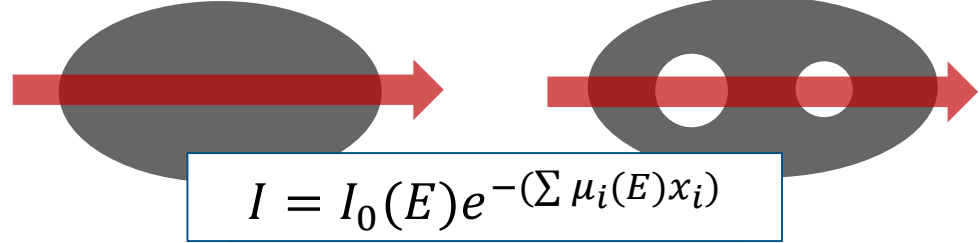
Aquisições em vários ângulos

Intensidades diferentes devido à atenuação

Aquisição

$$I = I_0 e^{-(\mu x)}$$

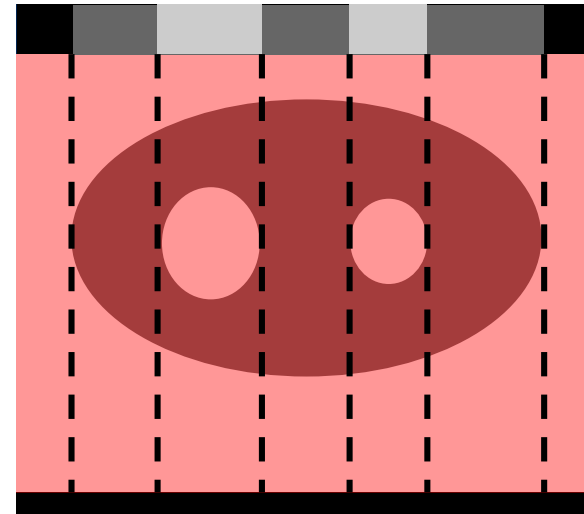
$$I = I_0 e^{-(\mu_1 x_1 + \mu_2 x_2)}$$



Formação da imagem

Aquisição

Perfil de atenuação



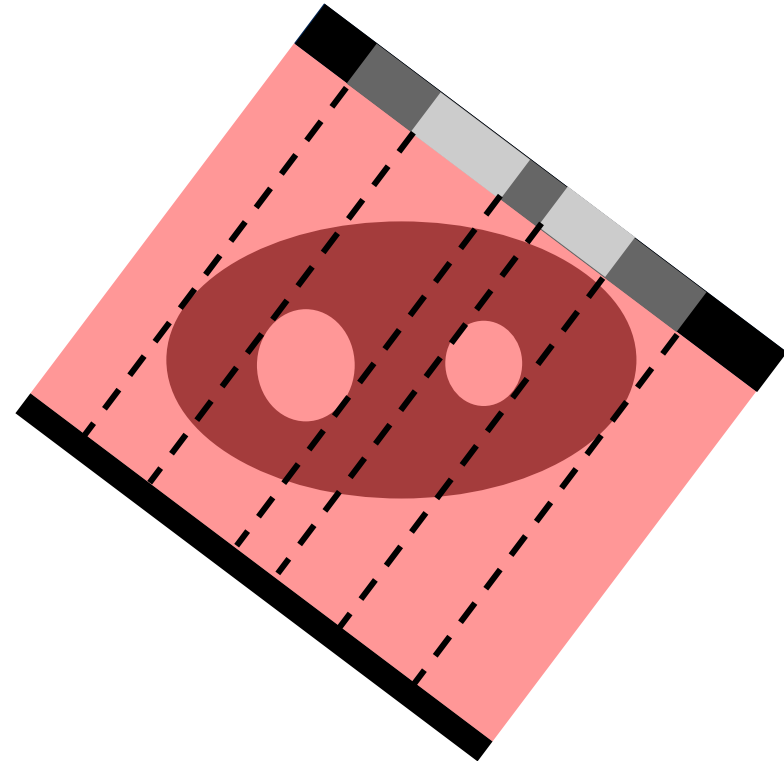
Aquisições em vários ângulos

$$I = I_0(E)e^{-\sum \mu_i(E)x_i}$$

Intensidades diferentes devido à atenuação

Formação da imagem

Aquisição



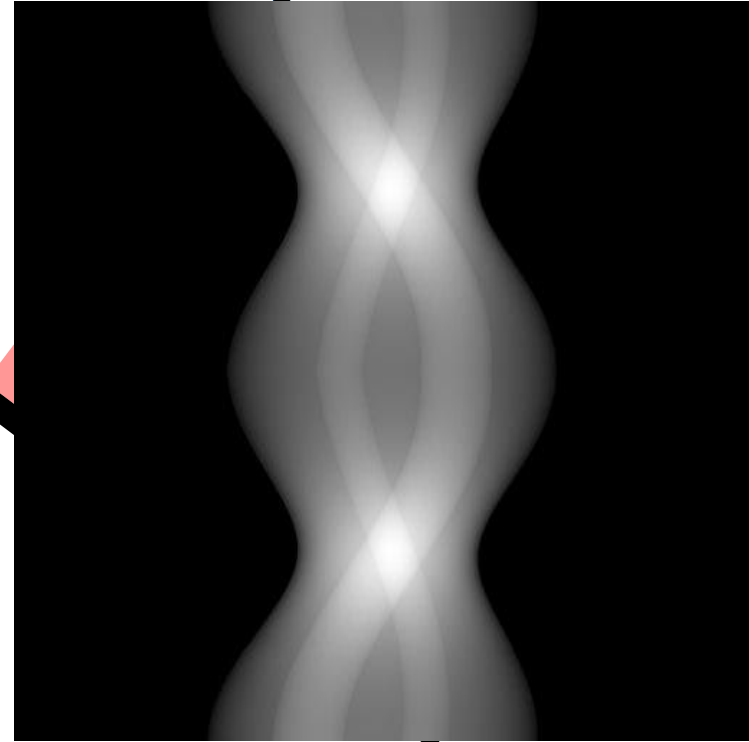
Aquisições em vários ângulos

$$I = I_0(E)e^{-\left(\sum \mu_i(E)x_i\right)}$$

Intensidades diferentes devido à atenuação

Formação da imagem

Projeção



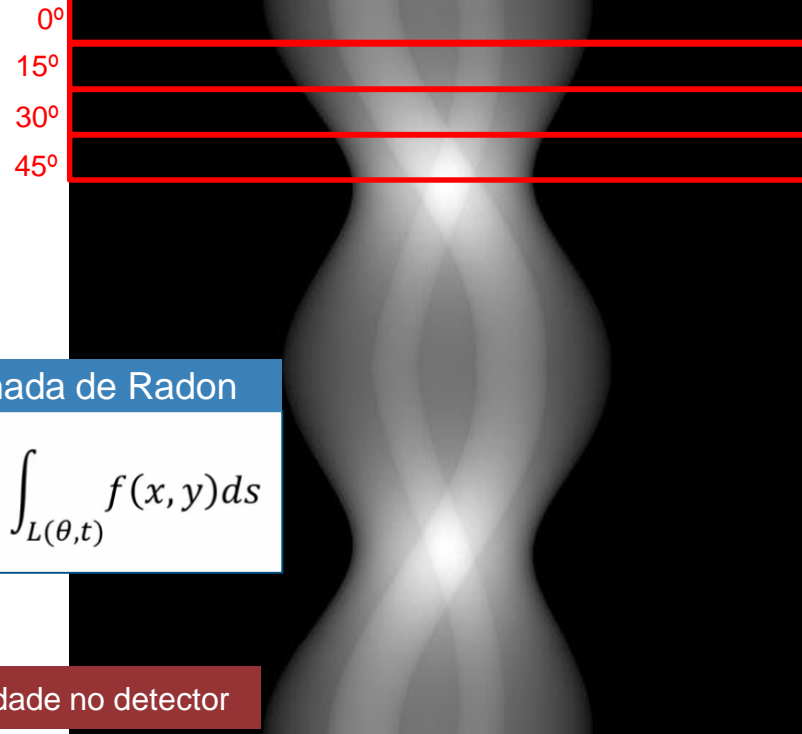
Formação da imagem

Projeção

Sinograma

Alinhamento de todas as projeções ao longo de uma matriz

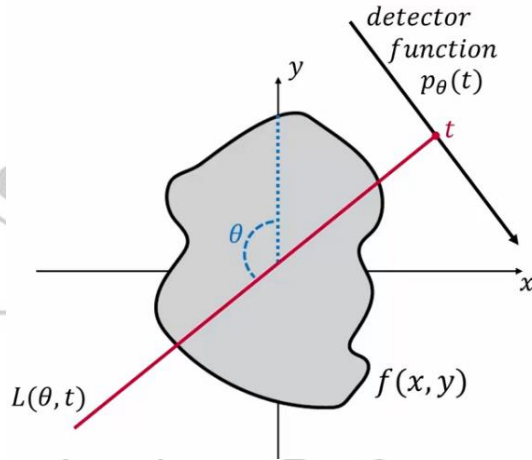
Espaço de Radon



Transformada de Radon

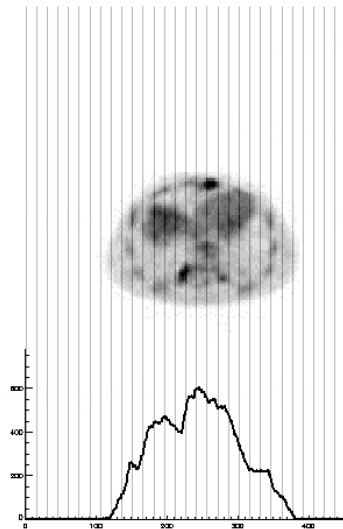
$$\mathcal{R}f(\theta, t) = \int_{L(\theta, t)} f(x, y) ds$$

Intensidade no detector



Formação da imagem

Projeção



Forward
Projection

angle
0°

Theta (angle)

Rho (offset)

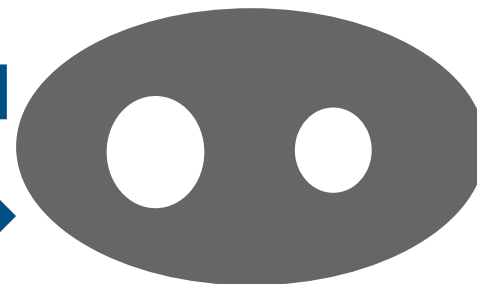
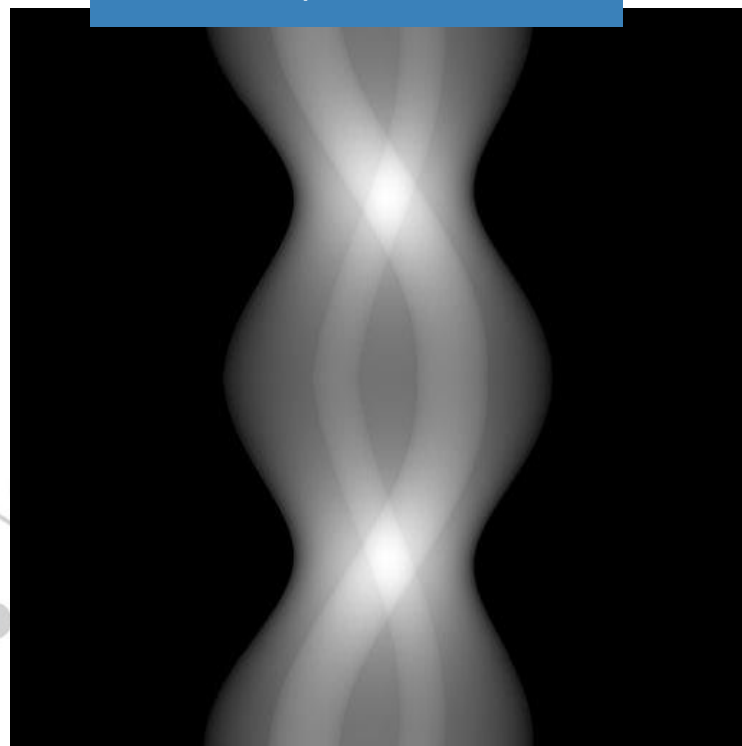
intensity profile:

IAEA Human Health Campus - humanhealth.iaea.org

Retroprojeção

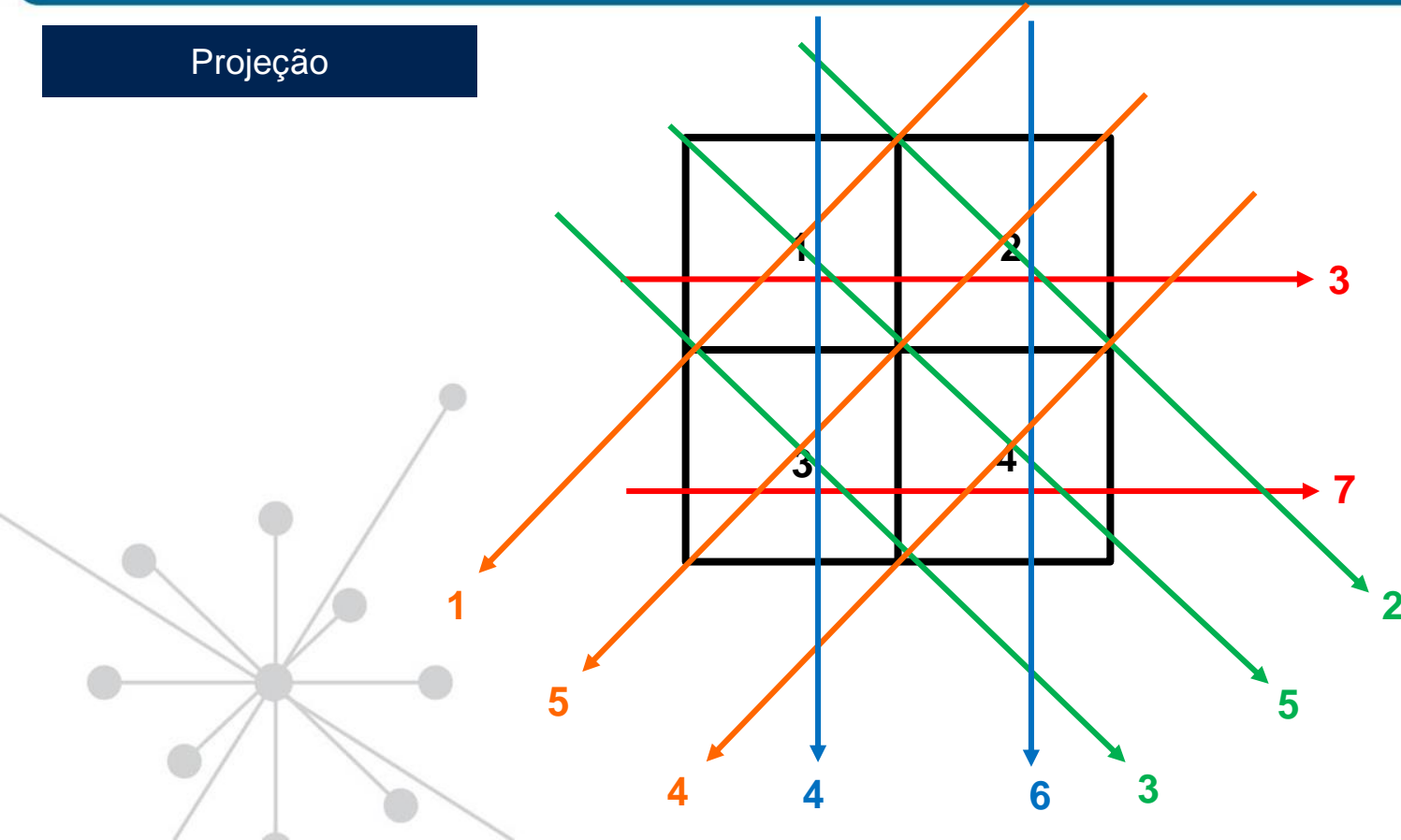
O que temos

O que queremos



Retroprojeção simples

Projeção



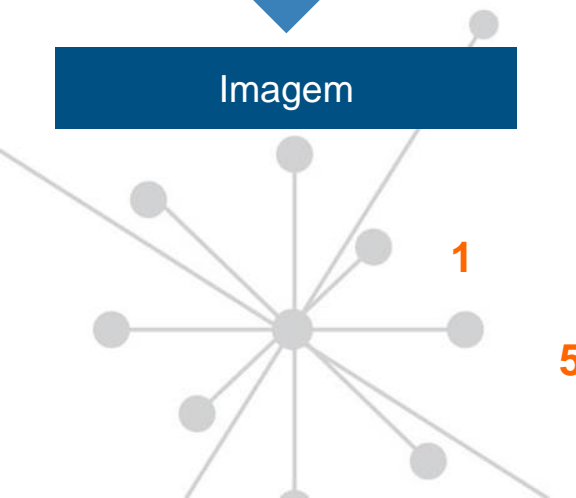
Retroprojeção simples

Retroprojeção

Dados brutos



Imagem



0	0
0	0

← 3

← 7

1

Preencher os valores das projeções na direção da projeção que as gerou

2

5

4

4

6

3

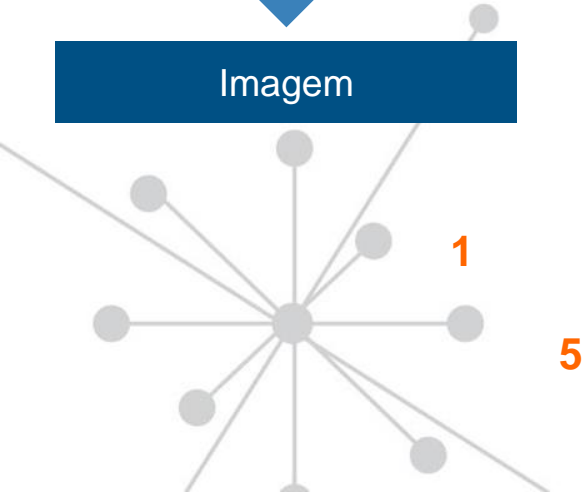
Retroprojeção simples

Retroprojeção

Dados brutos



Imagem



3	3
7	7

4 4 6 3

1
Preencher os valores das
projeções na direção da projeção
que as gerou

2

5

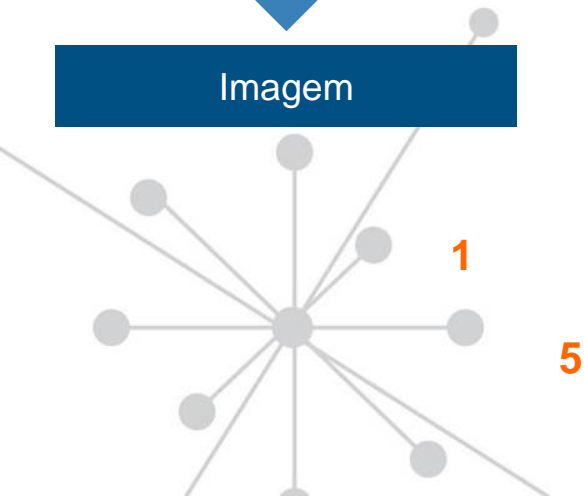
Retroprojeção simples

Retroprojeção

Dados brutos



Imagem



8	5
10	12

4

4

6

1

Preencher os valores das
projeções na direção da projeção
que as gerou

Retroprojeção simples

Retroprojeção

Dados brutos



Imagem

12	11
14	18

1

5

4

1

Preencher os valores das
projeções na direção da projeção
que as gerou

Retroprojeção simples

Retroprojeção

Dados brutos



Imagem

13	16
19	22



3



7

2

Subtrair de cada pixel a soma da
dos dados da primeira projeção
(10)



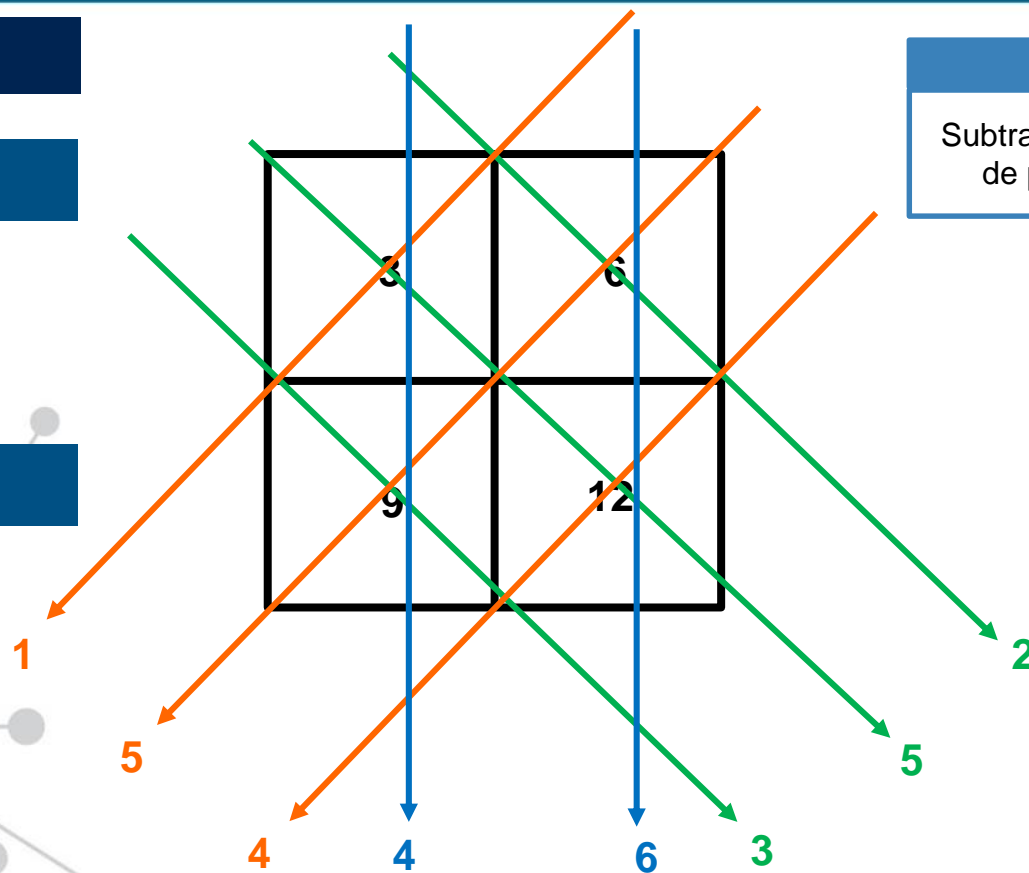
Retroprojeção simples

Retroprojeção

Dados brutos



Imagem



3

Subtrair de cada pixel o número
de projeções restantes (3)

Retroprojeção simples

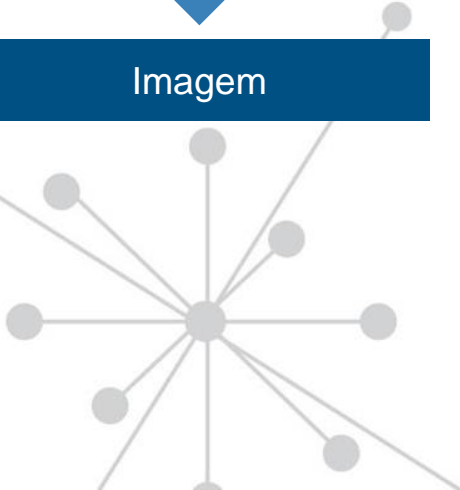
Retroprojeção

Dados brutos

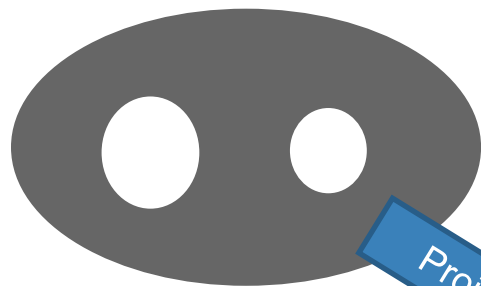


Imagem

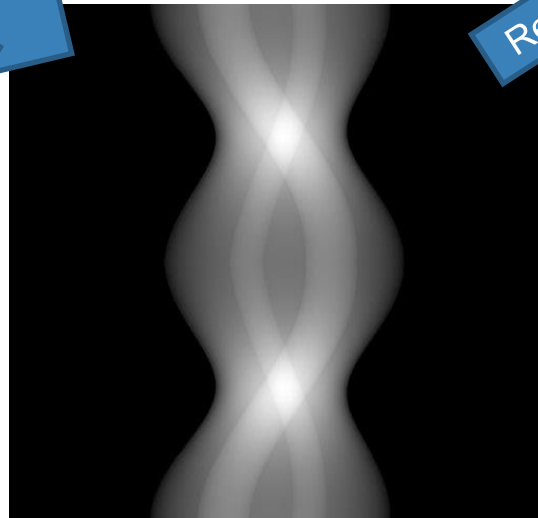
1	2
3	4



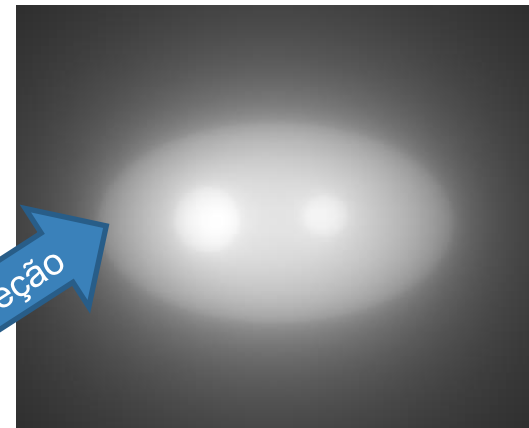
Retroprojeção simples



Projeção



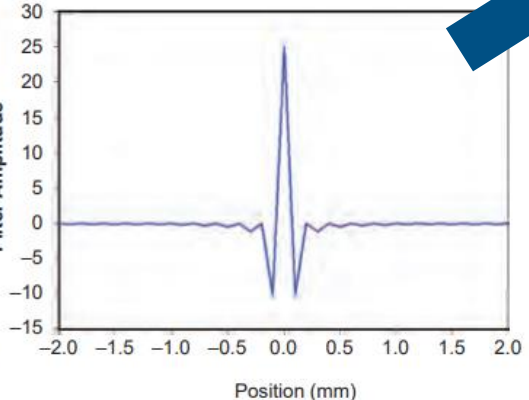
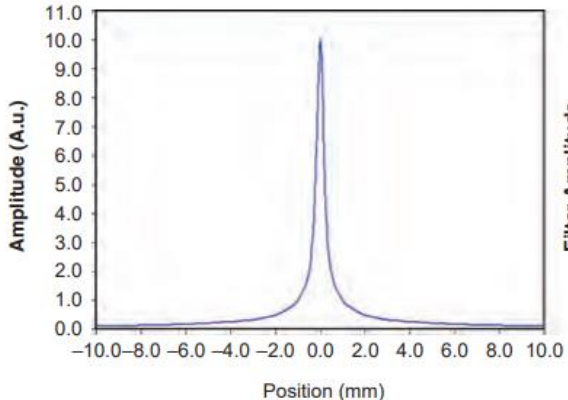
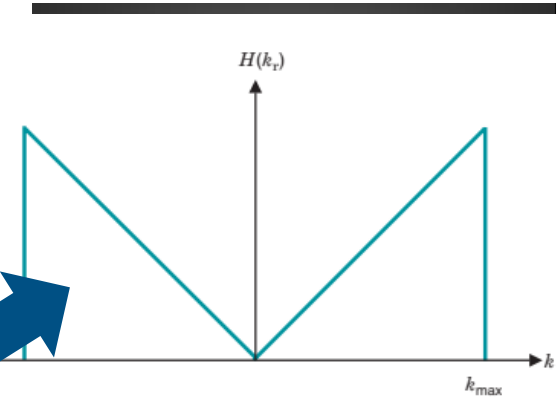
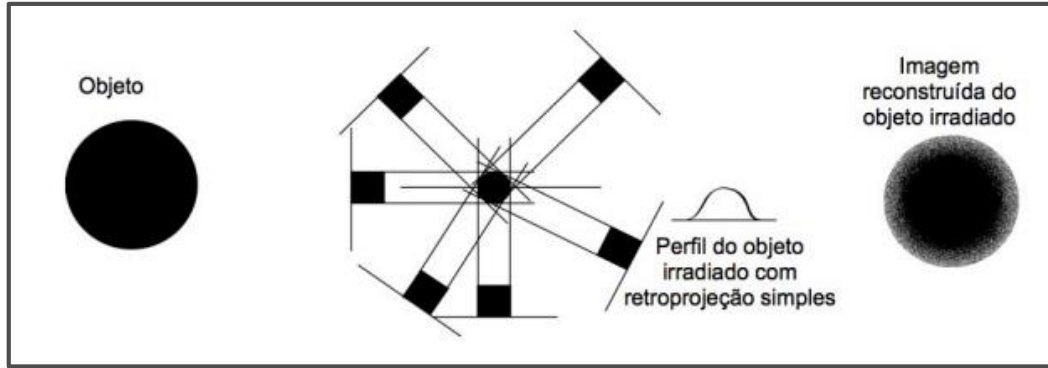
Retroprojeção



Por que a imagem fica borrada?



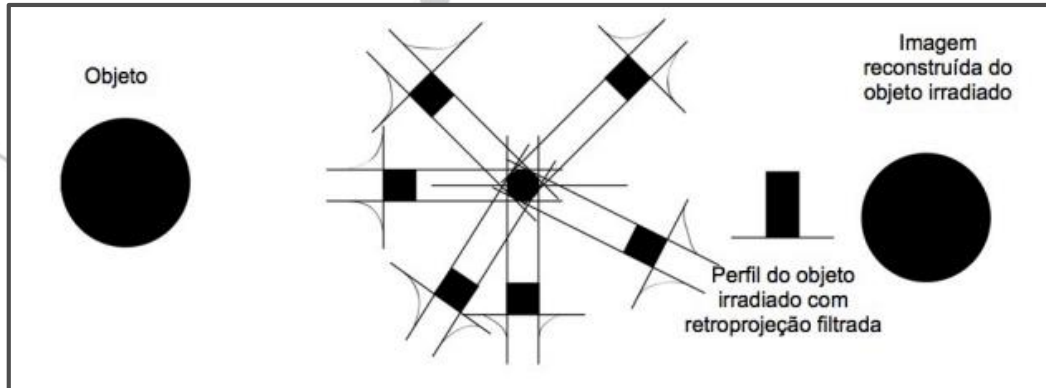
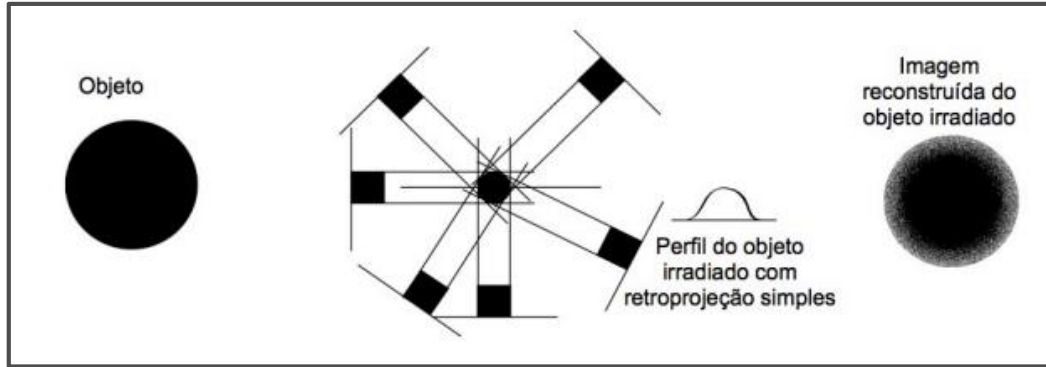
Retroprojeção filtrada



Convolução é mais simples no domínio de Fourier da?



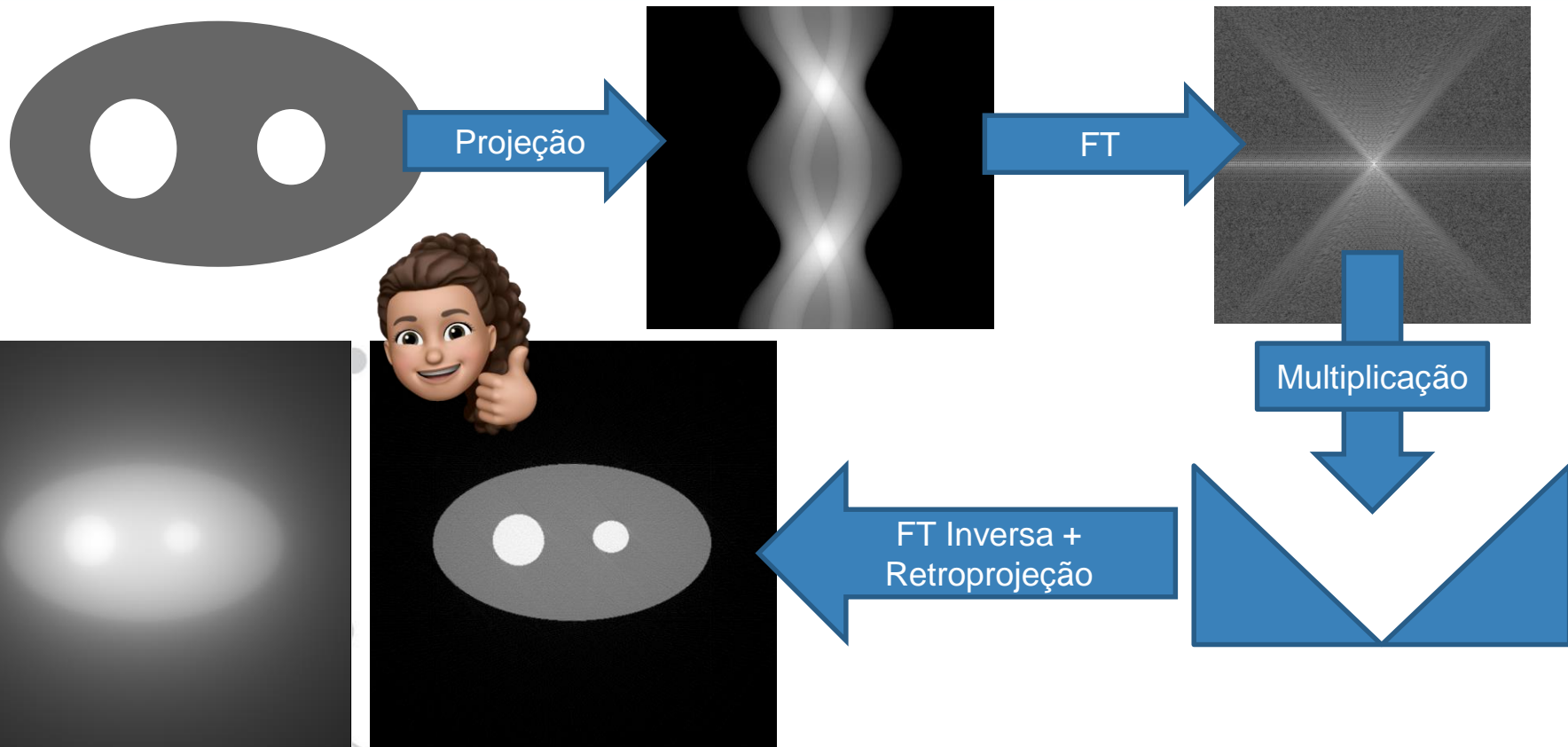
Retroprojeção filtrada



Convolução é mais simples no domínio de Fourier



Retroprojeção filtrada



Reconstrução iterativa

Algoritmo aproxima da imagem verdadeira, $f(x, y)$, por meio de aproximações sucessivas, ou estimativas

Métodos híbridos

Retroprojeção
filtrada

measured projections



comparison

3

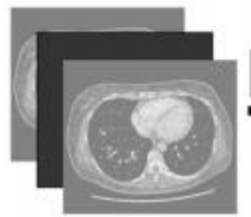
end point ?

6

yes

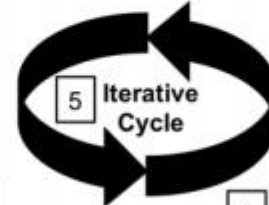
no

final images



first image estimate

simulated projections /
corrected projections



corrected images

Reconstrução iterativa

Projeção medida

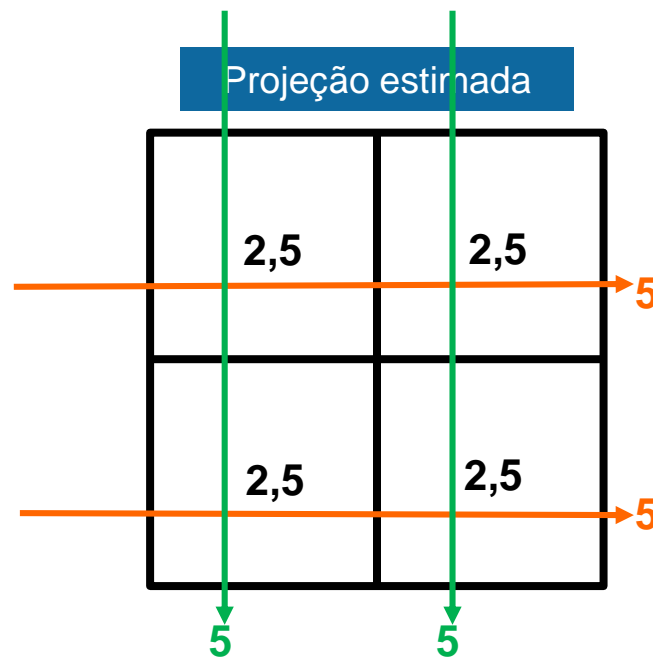
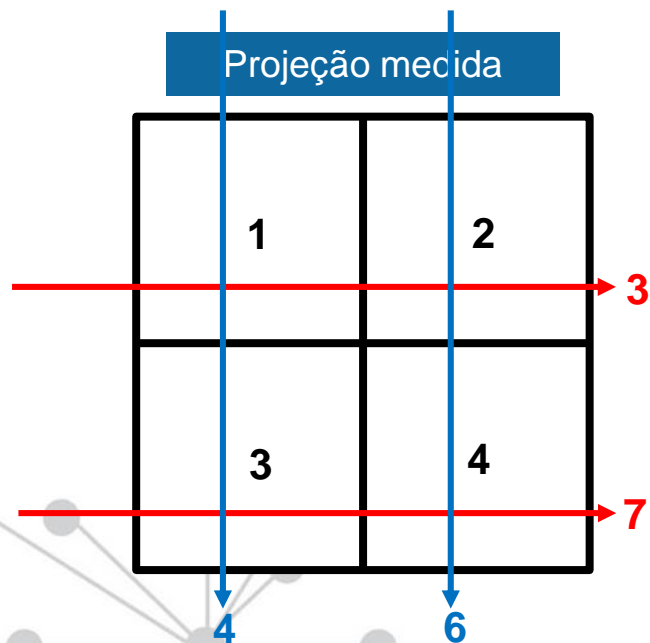
1	2
3	4

$$\text{Média} = \frac{1 + 2 + 3 + 4}{4} = 2,5$$

Projeção estimada

A11 2,5	A12 2,5
A21 2,5	A22 2,5

Reconstrução iterativa



Reconstrução iterativa

Projeção medida

1	2
3	4

3

7

4

6

Projeção estimada

2,5	2,5
2,5	2,5

5

5

5

5

$$A_{11} = \frac{\text{Linha } 3 - 5}{2} + \frac{\text{Coluna } 4 - 5}{2} = -1,5$$

Reconstrução iterativa

Projeção medida

1	2
3	4

3

7

4

6

Projeção estimada

1	2,5
2,5	2,5

5

5

5

5

$$A_{12} = \frac{3 - 5}{2} + \frac{6 - 5}{2} = -0,5$$

Reconstrução iterativa

Projeção medida

1	2
3	4

3

7

4

6

Projeção estimada

1	2
2,5	2,5

5

5

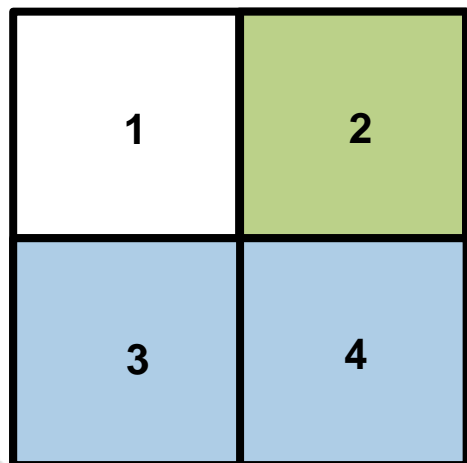
5

5

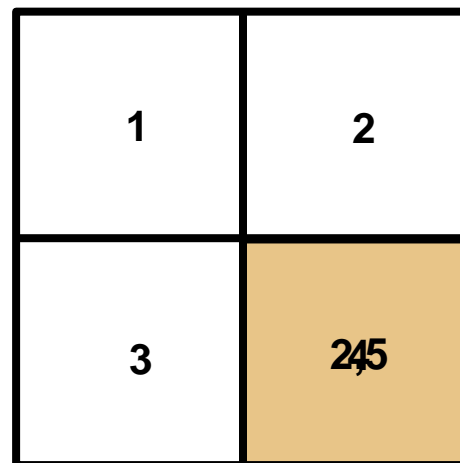
$$A_{21} = \frac{7 - 5}{2} + \frac{4 - 5}{2} = 0,5$$

Reconstrução iterativa

Projeção medida



Projeção estimada



$$A_{12} = \frac{7 - 5}{2} + \frac{6 - 5}{2} = 1,5$$

Reconstrução iterativa

Projeção medida

1	2
3	4

Projeção estimada

1	2
3	4



Escala de Hounsfield

Os valores dos pixels são designados por números de CT

$$HU_{material} = \frac{\mu_{material} - \mu_{\text{água}}}{\mu_{\text{água}}} \times 1000$$

Usado como referência

$$HU = 0$$

μ_1	μ_3	μ_1
μ_2	μ_1	μ_2
μ_3	μ_1	μ_3



White	Gray	White
Black	White	Black
Gray	Black	Gray

Escala de Hounsfield

Os valores dos pixels são designados por números de CT

$$HU_{material} = \frac{\mu_{material} - \mu_{\text{água}}}{\mu_{\text{água}}} \times 1000$$

ROI	Material	HU
1	Água	1,00
2	Polipropileno	-104,37
3	Nylon	101,880
4	Acrílico	135,77
5	Delrin	340,01
6	Ar	-995,66



Podemos diferenciar os materiais medindo o sinal

Escala de Hounsfield

Os valores dos pixels são designados por números de CT

$$HU_{material} = \frac{\mu_{material} - \mu_{água}}{\mu_{água}} \times 1000$$

A profundidade de pixel mínima, de aquisição, deve ser de 12 bits

-1024 HU até 3071 HU

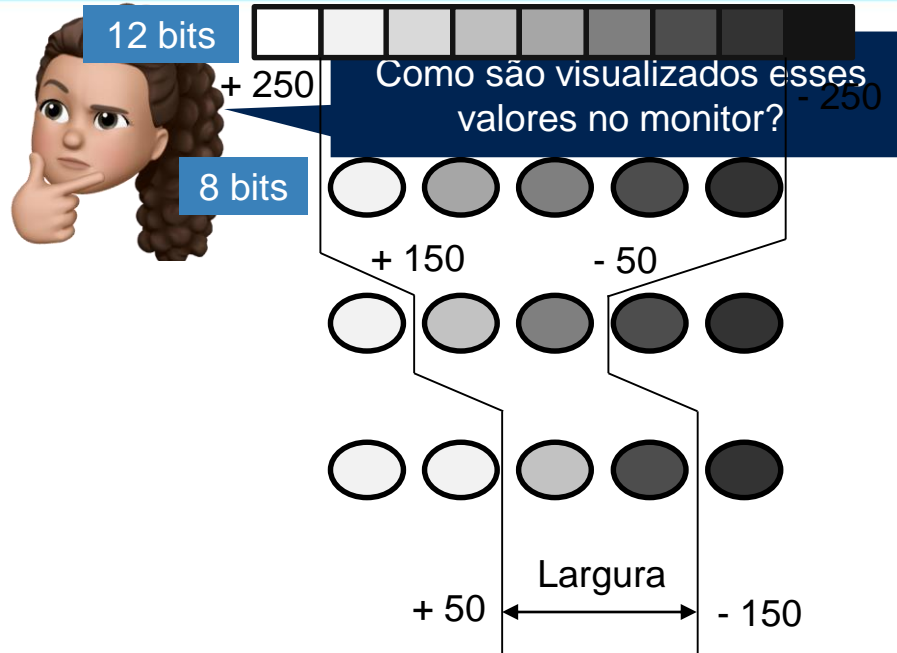


Como são visualizados esses valores no monitor?

Cada valor de pixel HU tem que passar por um mapeamento linear para um valor de 8 bits de 'janela'.



Escala de Hounsfield



12 bits

8 bits


Largura

Define o intervalo de HUs que é representado pelos valores mapeados

Nível

Define o valor central de HU dentro da janela selecionada

Escala de Hounsfield



Como são visualizados esses valores no monitor?

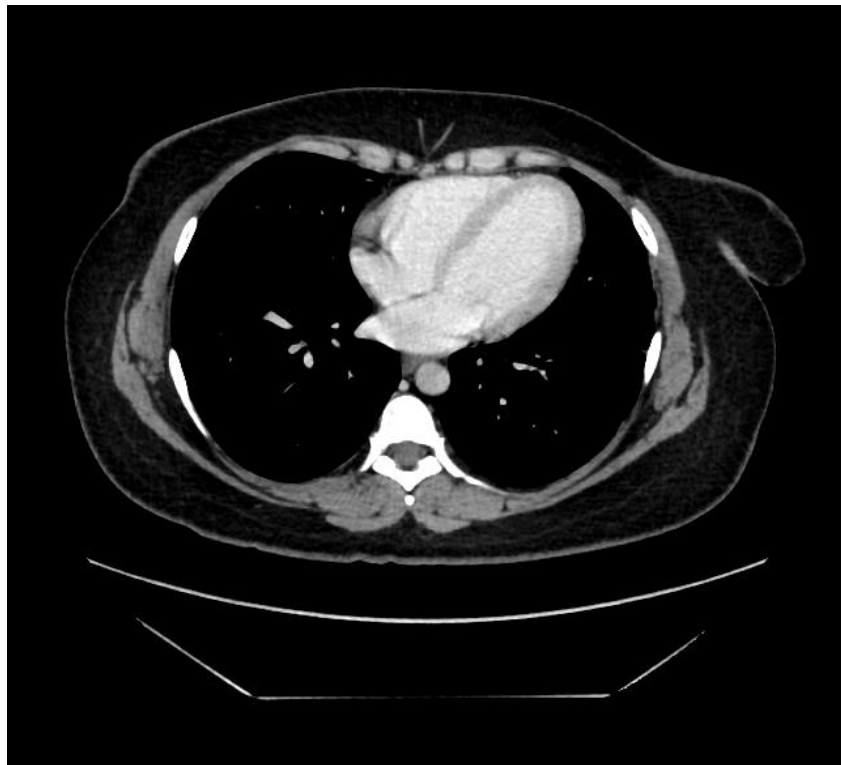
Largura

Define o intervalo de HUs que é representado pelos valores mapeados

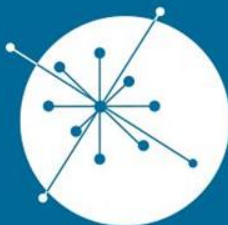
Nível

Define o valor central de HU dentro da janela selecionada

Janela	Largura	Nível
Osso	2000	500
Pulmão	1500	500
Tecido mole	350	50



Obrigada!



GRUPO DE
**DOSIMETRIA
DAS RADIAÇÕES**
e FÍSICA MÉDICA

IFUSP - Instituto de Física da USP

