

Aquisição de imagens por ressonância magnética

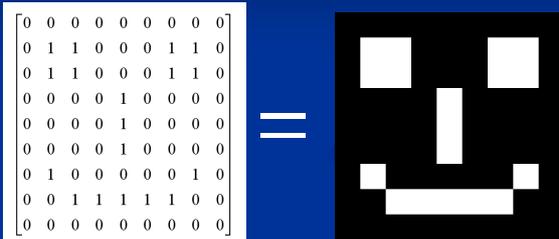
A transformada de Fourier salva vidas!

Prof. João Luiz Azevedo de Carvalho, Ph.D.
 Departamento de Engenharia Elétrica
 Universidade de Brasília
 6 de junho de 2014
<http://pgea.unb.br/~joaoluiz/>
joaoluiz@pgea.unb.br

Quem sou eu?

- Graduação em Eng. Redes (UnB, 2002)
- Mestrado em Eng. Elétrica (UnB, 2003)
 - Variabilidade da frequência cardíaca
- Doutorado em Eng. Elétrica (University of Southern California, Los Angeles, EUA, 2008)
 - Ressonância magnética
- Prof. Adj. Eng. Elétrica (UnB, 2009-presente)

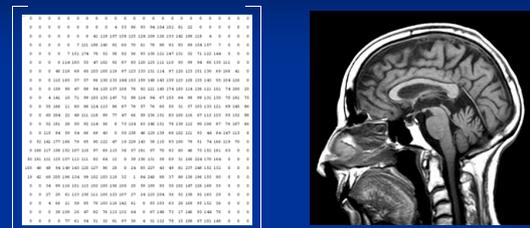
Imagens são matrizes



Imagens são matrizes



Imagens são matrizes



As “Concorrentes” da Ressonância Magnética

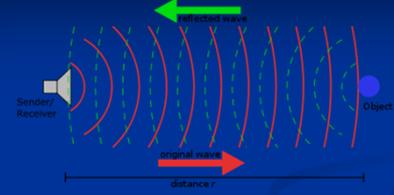
- Ultrassonografia
- Radiografia
- Tomografia Computadorizada
- Medicina Nuclear

Ultrassonografia

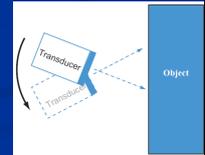


- Não invasivo, barato, portátil
- Imagens em tempo real

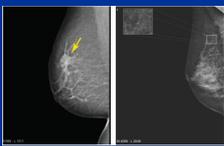
Ultrassonografia



- Mede a refletividade acústica
- Atraso ↔ distância
- Requer janela acústica

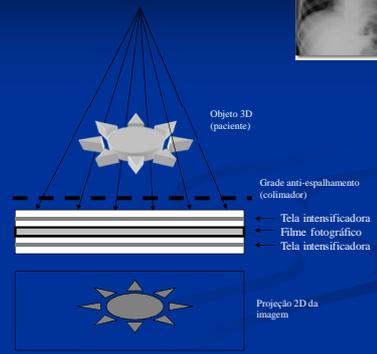


Radiografia

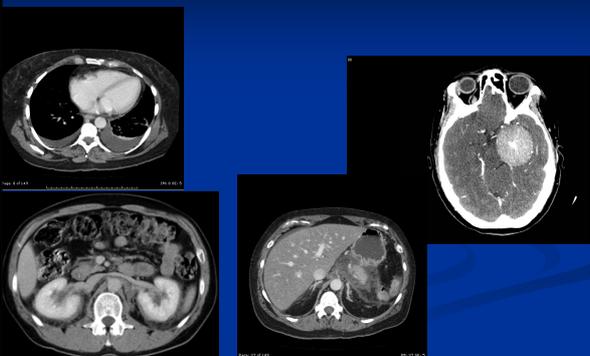


Radiografia

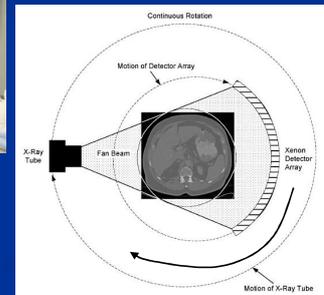
Fonte de raios-X



Tomografia Computadorizada



Tomografia Computadorizada



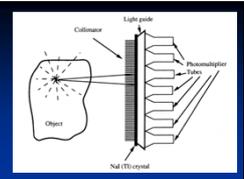
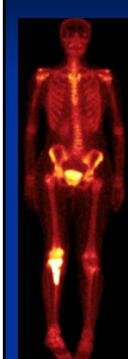
Tomografia Cardíaca 3D

■ Volumes renderizados a partir de vários cortes

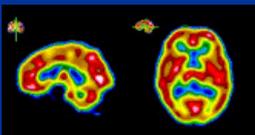


Medicina Nuclear

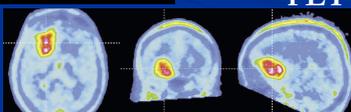
Cintilografia planar

SPECT



PET



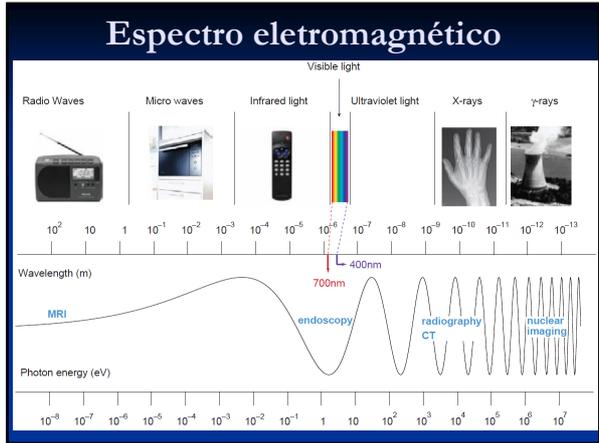
Cintilografia planar



SPECT

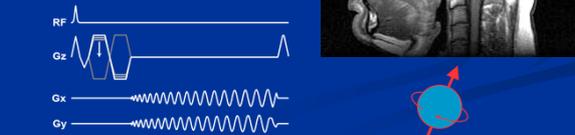


PET

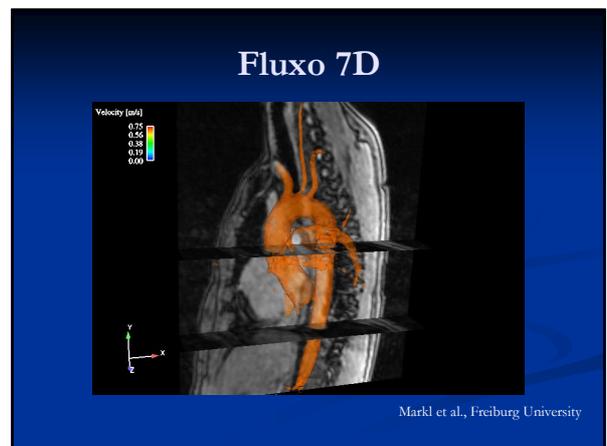
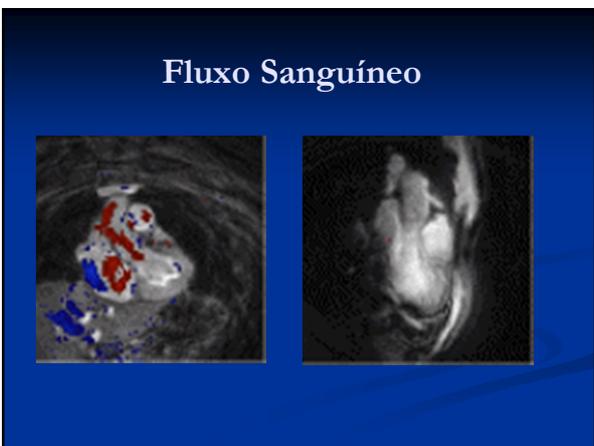
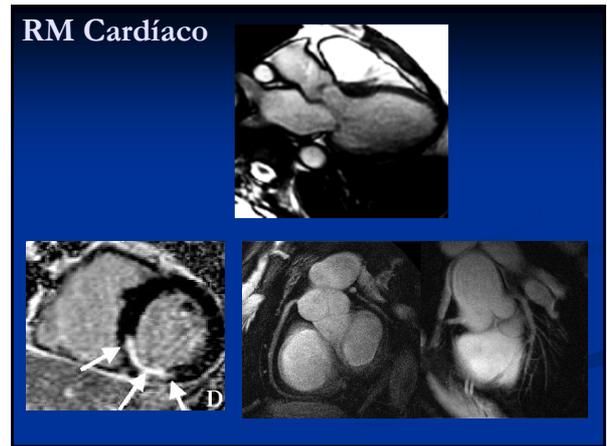
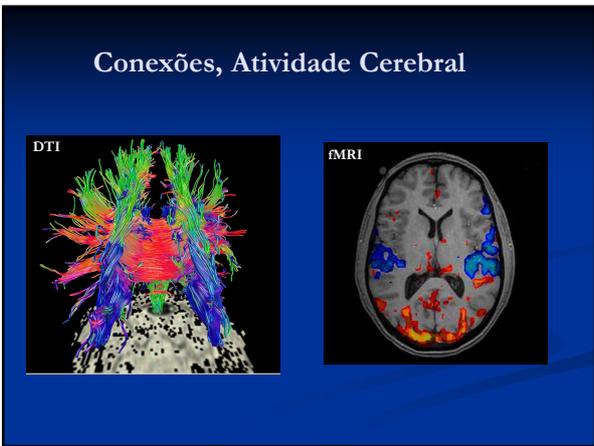
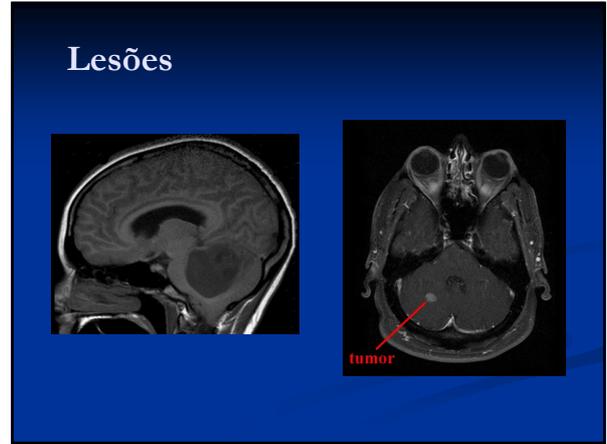
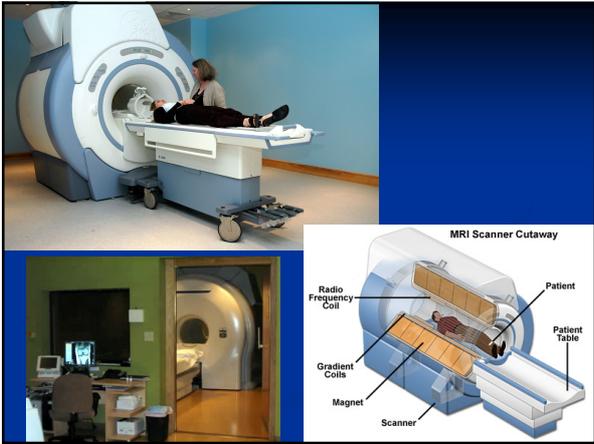
Ressonância Magnética





Ressonância Magnética (RM)

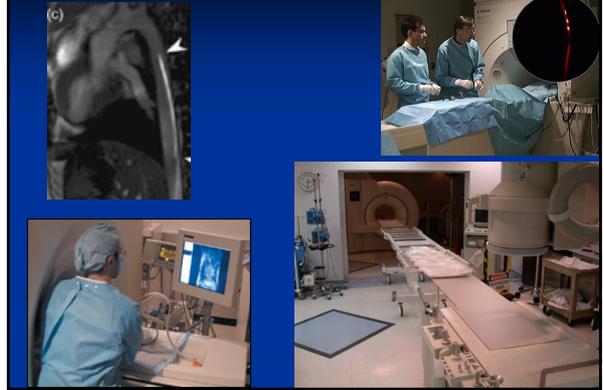
- Radiação não-ionizante
 - Campos magnéticos
 - Pulsos eletromagnéticos
- Bastante utilizada para todas as regiões do corpo
 - Excelente para tecido macio
 - Ruim para ossos
- Tem potencial para realizar todos os exames que as demais técnicas fornecem
- Bem mais caro que as demais técnicas



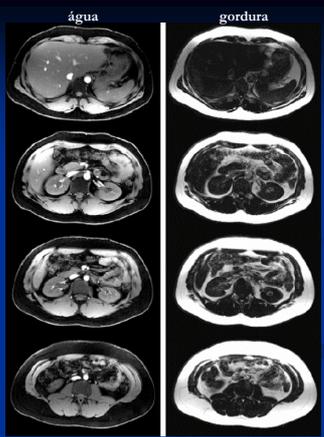
Vasculatura (Angiografia)



Intervenção guiada por RM



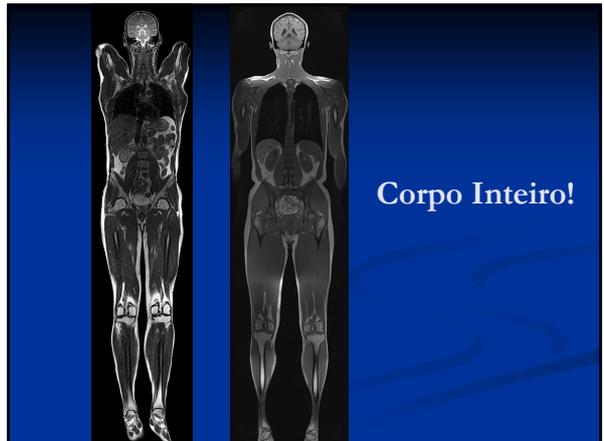
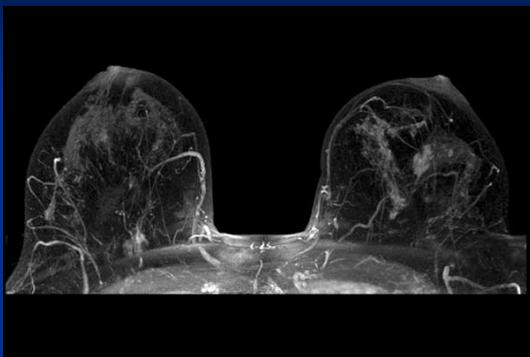
Obesidade



Fala (trato vocal)



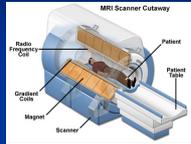
Mama



Corpo Inteiro!

RM: Riscos e Contra-indicações

- Claustrofobia
- Pulsos de RF: queimaduras
- Campo magnético variando
 - Ruído sonoro
 - Estimulação de nervos
- Agente de contraste: complicações renais



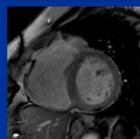
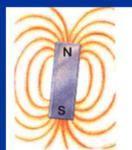
RM: Riscos e Contra-indicações

- Campo magnético fortíssimo (0.5T a 7T)
 - Campo magnético da Terra: 30 a 60 μ T
 - Atrai objetos ferromagnéticos com MUITA força
- Contra indicações:
 - Implantes metálicos, marca-passo, alguns tipos de tatuagem, etc.



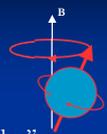
Mecanismo de contraste

- Quase sempre se mede a distribuição espacial dos núcleos de hidrogênio (^1H)



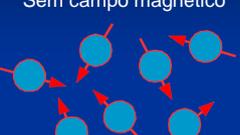
Aquisição de imagens de RM

- Polarização:
 - Gera uma magnetização não nula
- Excitação e seleção de corte:
 - Núcleos ^1H no "corte" desejado são "excitados"
- Codificação espacial e leitura de dados:
 - Núcleos excitados precessam \rightarrow sinal mensurável
 - Gradientes são usados para codificar a posição espacial na frequência de precessão dos núcleos
- Reconstrução:
 - O sinal é processado de modo a obter uma imagem



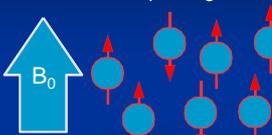
Polarização

Sem campo magnético



A magnetização total é nula!

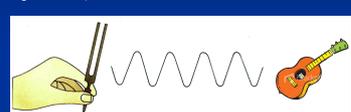
Com campo magnético



Um pouco mais da metade dos spins (7 : 1.000.000 @ 3T) aponta no sentido do campo.

O princípio da ressonância

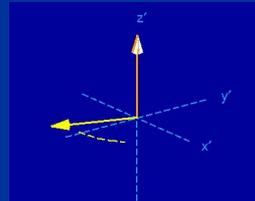
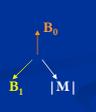
- Para maximizar a transferência de energia, esta deve ser aplicada na mesma frequência em que o objeto oscila



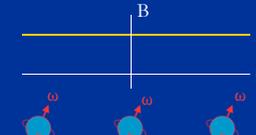
Excitação

- Campo B_1 : sinal de RF que excita os núcleos
 - Bobinas de transmissão e recepção

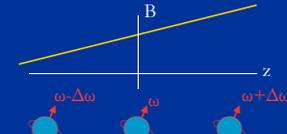
Seleção de Corte

- Frequência de precessão: $\omega = \gamma B$



Seleção de Corte

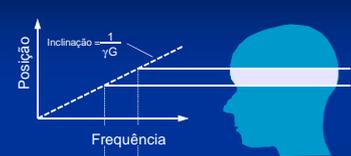
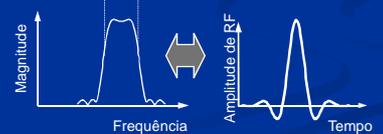
- Frequência de precessão: $\omega = \gamma B$
- Ligando gradiente G_z
 - B varia com posição espacial: $B(z) = B_0 + G_z z$
 - ω varia com posição espacial: $\omega(z) = \gamma B(z)$



- Sinal de RF: $\omega_{RF} = \omega(z_0)$
- Somente os spins em $z = z_0$ entrarão em ressonância!

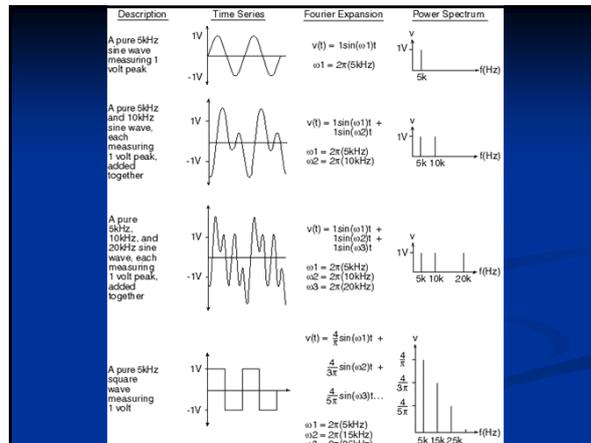
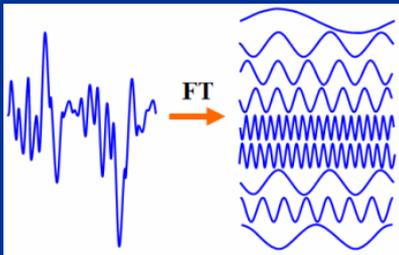


Seleção de Corte

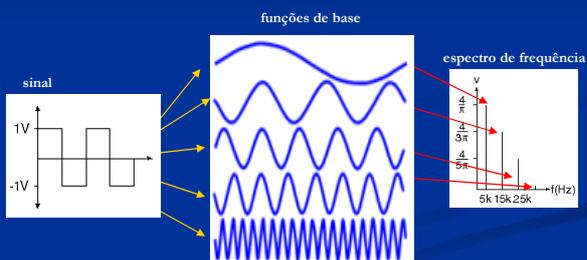



Revisão: Transformada de Fourier

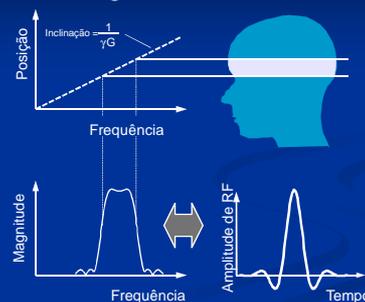
- Operação matemática que representa um sinal por uma soma de ondas senoidais (senos e cossenos)



Cálculo da transformada de Fourier: produto interno entre o sinal e cada função de base



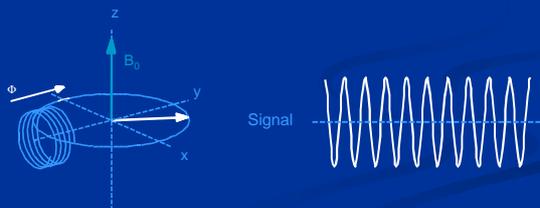
Transformada de Fourier na seleção de corte



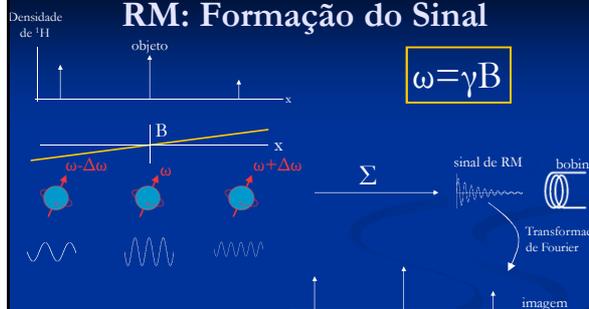
O perfil de corte é a transf. de Fourier do pulso de RF!

Recepção de sinal

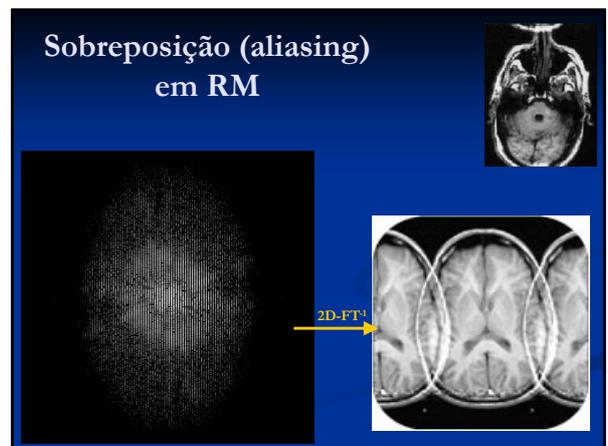
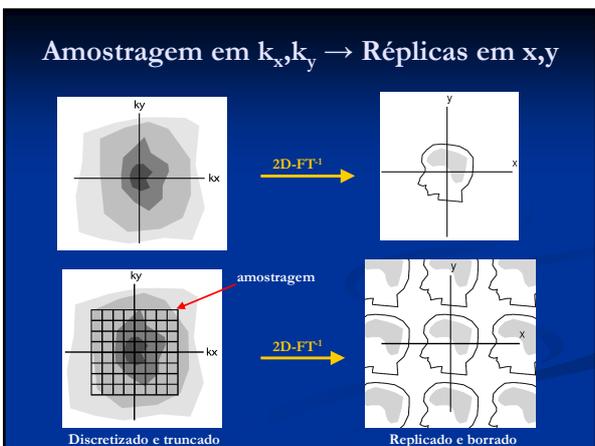
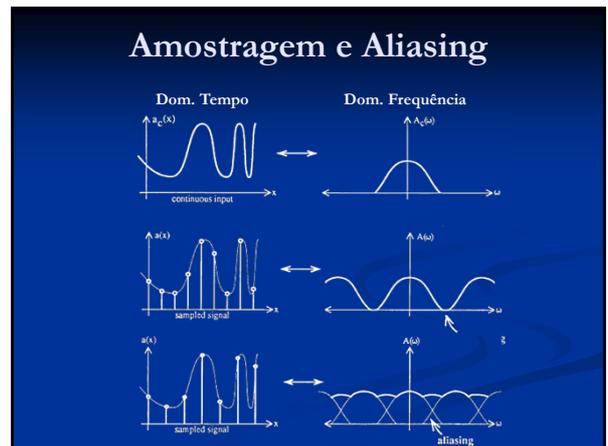
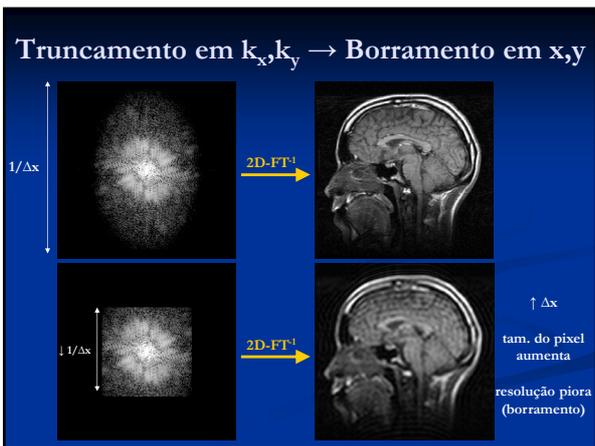
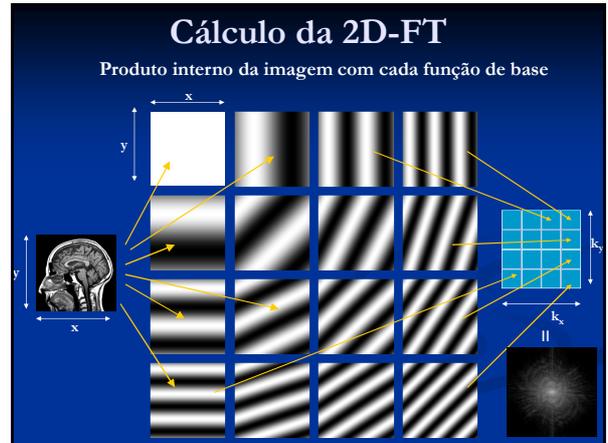
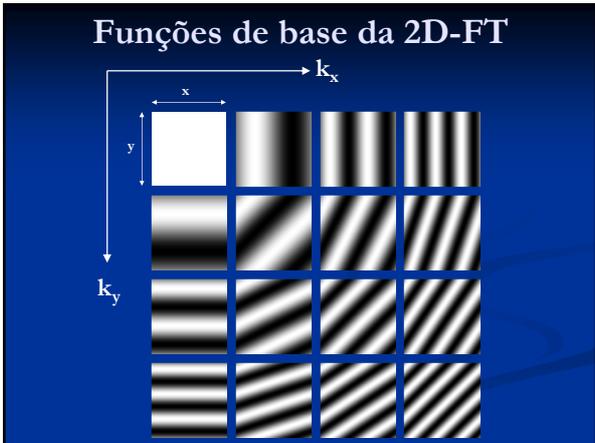
- O campo eletromagnético gerado pela precessão dos núcleos excitados é detectado por uma bobina



RM: Formação do Sinal

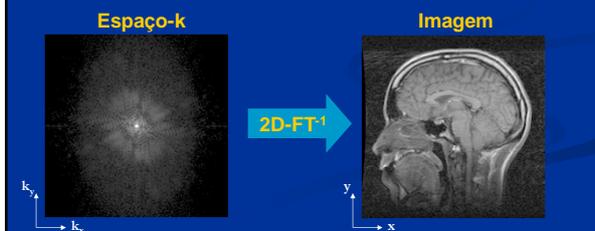


Existe uma relação de Fourier entre o sinal de RM e o objeto

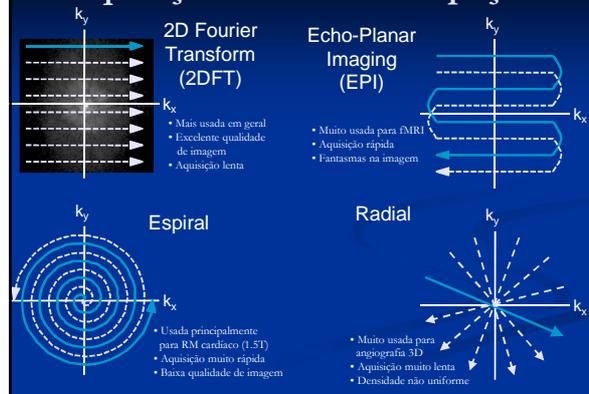


Reconstrução de imagens de RM

- Dados adquiridos: $M(k_x, k_y)$
- Dados desejados: $m(x, y)$
- Solução: transformada de Fourier inversa

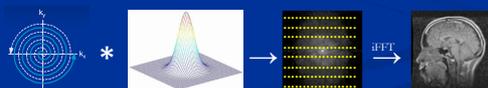


Aquisição: cobrindo o espaço-k



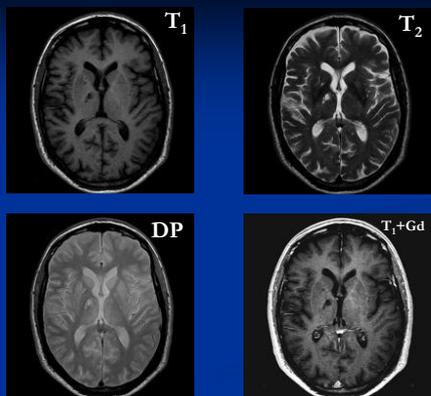
Reconstrução não-Cartesiana

- Solução analítica: lenta
- Gridding: algoritmo rápido
 - 1) Interpolar as amostras em uma grade uniforme
 - 2) Usar a FFT para calcular a transformada inversa



Contraste da imagem

- Após a excitação dos núcleos: retorno ao equilíbrio
 - Constantes de tempo de relaxamento: T_1 e T_2
- Parâmetros de temporização da aquisição:
 - TE: intervalo entre excitação e aquisição dos dados
 - TR: intervalo entre duas excitações
- Diferentes contrastes entre tipos de tecidos
 - Contraste por densidade de núcleos
 - Contraste T_1
 - Contraste T_2



Onde trabalhar com imagens médicas?

- Hospitais (engenharia clínica)
- Empresas
 - Desenvolvimento
 - Pouco no Brasil
 - Alguns centros de P&D
 - Instalação e manutenção
 - Serviços
 - Ex: sistemas de acesso e diagnóstico remotos
 - Vendas
- Treinamento
- Pesquisa

Não cobrimos

- Relação sinal-ruído
- Artefatos de imagem e off-resonance
- Medição de fluxo sanguíneo, função cerebral, vídeos, 3D...
- Amostragem abaixo da taxa de Nyquist
 - Redundâncias, informações a priori
 - Compressed sensing

Quer saber mais?

- Disciplina:
 - Graduação: Top Esp Eng Biomédica
 - Pós: Imagens Médicas
- Minicurso
 - Semana de Eng. Elétrica, Eng. Mecatrônica (?), etc.
- Disciplinas de base:
 - Princípios de Comunicação
 - Sinais e Sistemas Discretos no Tempo (PDS)
 - Processamento de Imagens

Fim

- Obrigado pela atenção!
- Comentários, perguntas, etc.:
 - joaoluiz@pgea.unb.br
- O material (em cores) estará disponível em:
 - <http://www.ene.unb.br/joaoluiz/>

João Luiz Azevedo de Carvalho, Ph.D.
Departamento de Engenharia Elétrica
Universidade de Brasília
6 de junho de 2014