Física da Radiologia-F852. Aulas Cap. 16-5.

Mário Antônio Bernal Rodríguez [1]

[1] Departamento de Física Aplicada-DFA
Universidade Estadual de Campinas-UNICAMP Local-DFA 68
email: mabernal@ifi.unicamp.br
url pessoal: www.ifi.unicamp.br\ ∼mabernal

Livro de texto fonte: J. T. Bushberg et al. The essential physics of medical imaging.

Resumo

1 Ultrassom
- Modalidade Doppler
- Controle de qualidade em ultrassom

Resumo

1 Ultrassom

Modalidade Doppler

Controle de qualidade em ultrassom

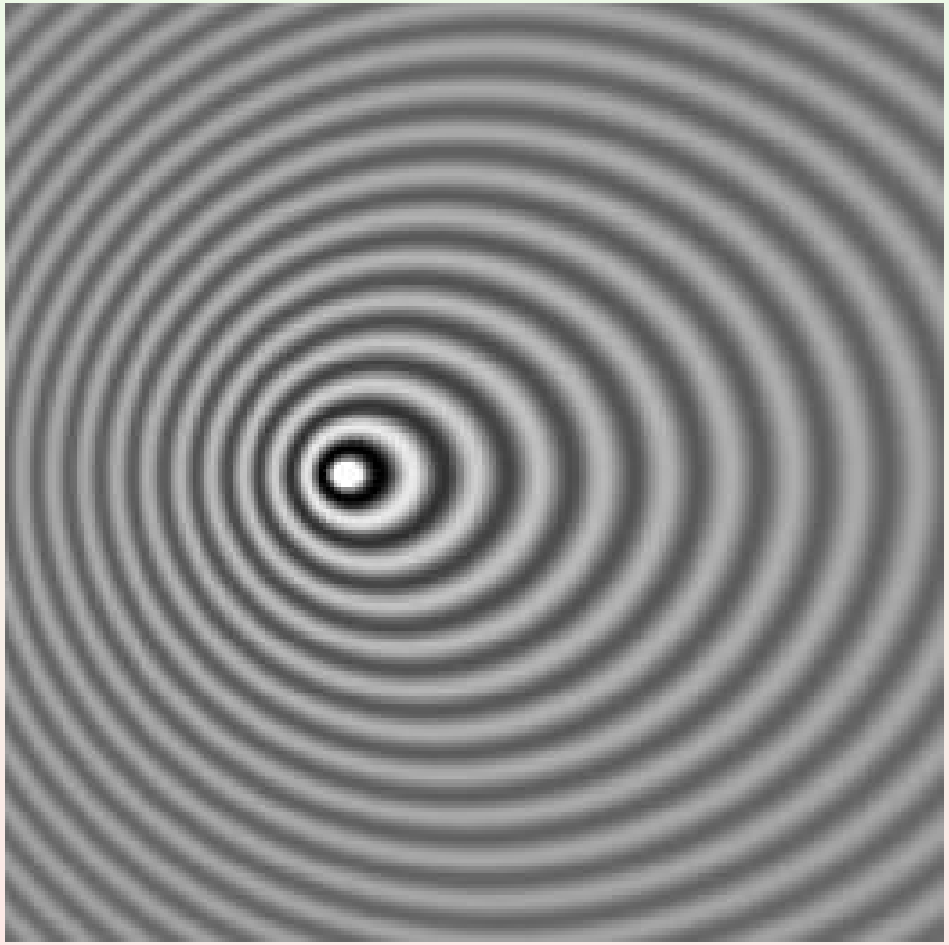
Efeito Doppler

Fundamentos

- O efeito Doppler consiste em um aumento ou diminuição da frequência emitida por um objecto reflector em movimento
- Na área do ultrassom médico, este efeito é usado para estudar o fluxo sanguíneo através das artérias e veias
- Só consideraremos emissores fixos
- Para reflector se afastando $\Delta f = f_i - f_r = \frac{v_r}{v_r + v_s} 2 f_i$

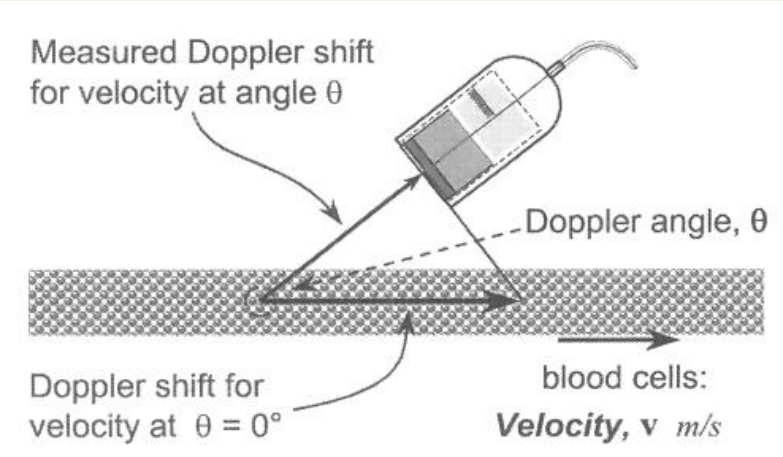
Efeito Doppler

Fonte em movimento



Efeito Doppler

Diagrama



Fundamentos

- No Doppler diagnóstico, a onda normalmente não se propaga na direcção do fluxo sanguíneo
- Nestas condições:
  $\Delta f = \frac{2 f_i \ v \ cos(\theta)}{v_s}$
- Para $\theta < 20$ graus, a reflexão total interna e a refracção podem causar artefatos
- O Δf fica na parte audível do espectro, pode ser convertida em sinal audível

Efeito Doppler

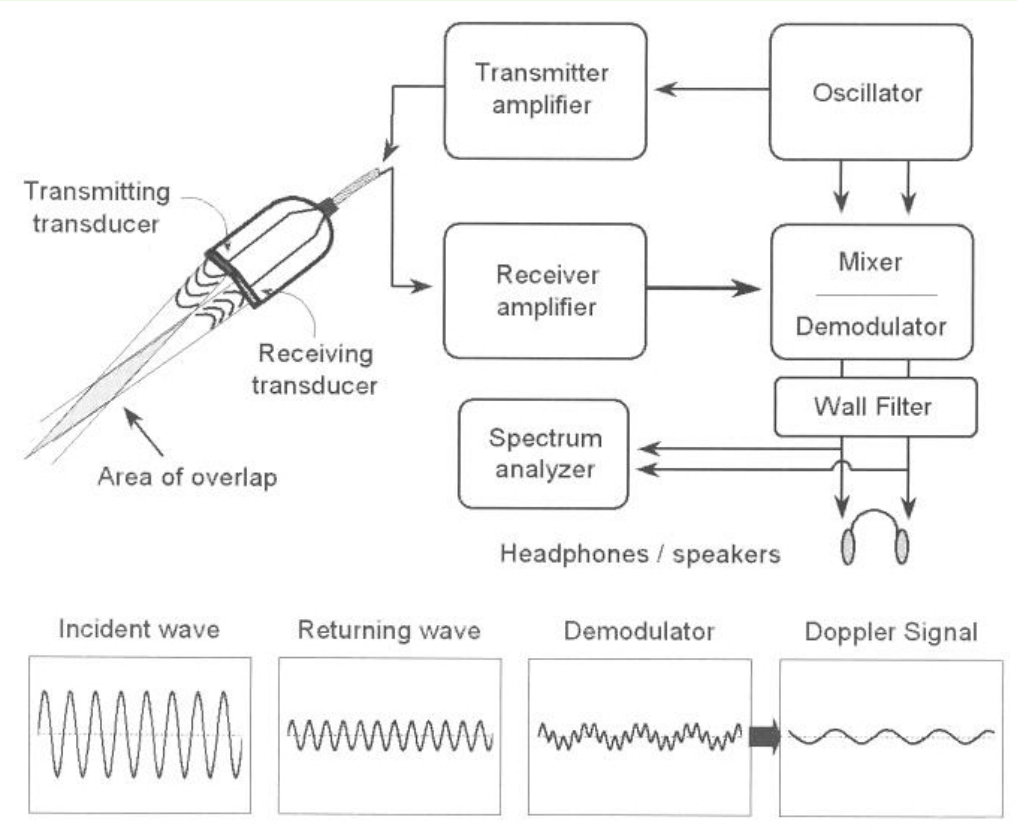
Erros na velocidades do fluído

TABLE 16-7. DOPPLER ANGLE AND ERROR ESTIMATES OF BLOOD VELOCITY FOR A +3-DEGREE ANGLE ACCURACY ERROR

Angle (degrees)	Set Angle (degree)	Actual Velocity (cm/sec)	Estimated Velocity (cm/sec)	Error (%)
0	3°	100	100.1	0.14
25	28°	100	102.6	2.65
45	48°	100	105.7	5.68
60	63°	100	110.1	10.1
80	83°	100	142.5	42.5

Modo Doppler contínuo

Diagrama



- No Doppler contínuo requer-se de um transdutor para emissão e um outro recepção
- Um filtro passa-baixo extrai o deslocamento de frequência Doppler

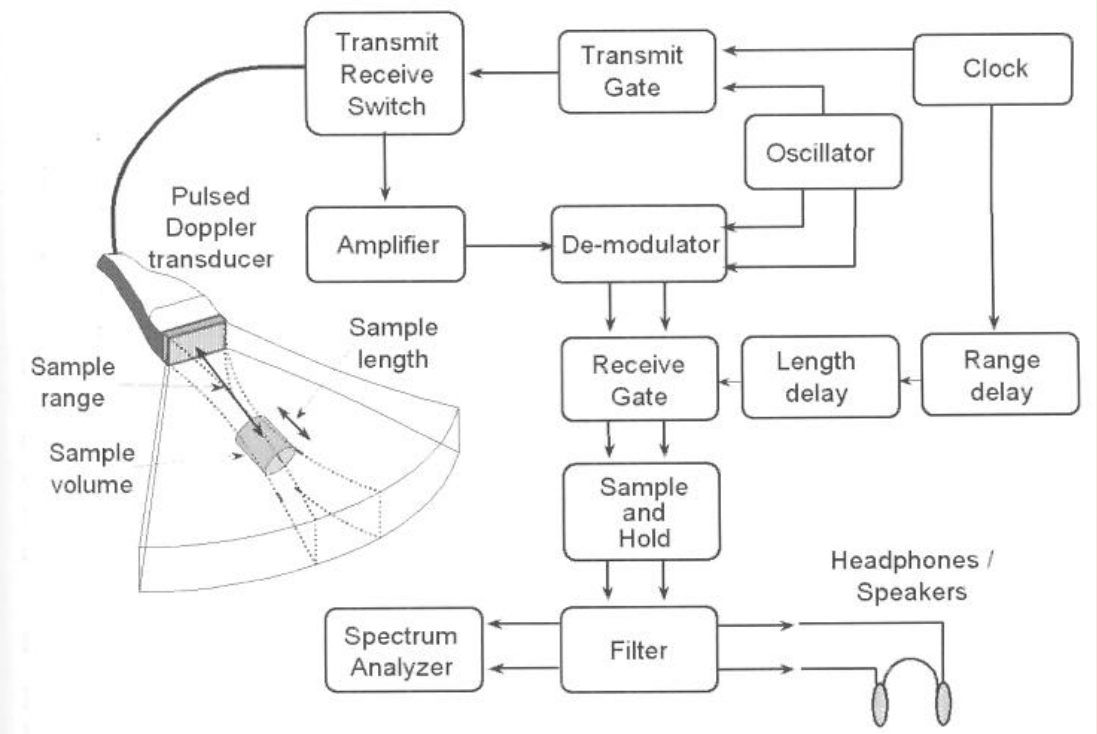
Modo Doppler contínuo

Características

- Tem alta dependência com a profundidade e o movimento das estruturas em estudo afetam a sua exatidão
- A superposição de várias estruturas impedem distinguir o sinal Doppler.
- O espectro Doppler é alargado quando a secção transversal do vaso é grande (devido ao perfil de velocidades).
- Vantagem: grande exatidão devido à estreita largura de banda usada.

Modo Doppler pulsado

Diagrama



- Combina o uso de onda contínua para determinar a velocidade do fluxo com a resolução espacial de um pulso

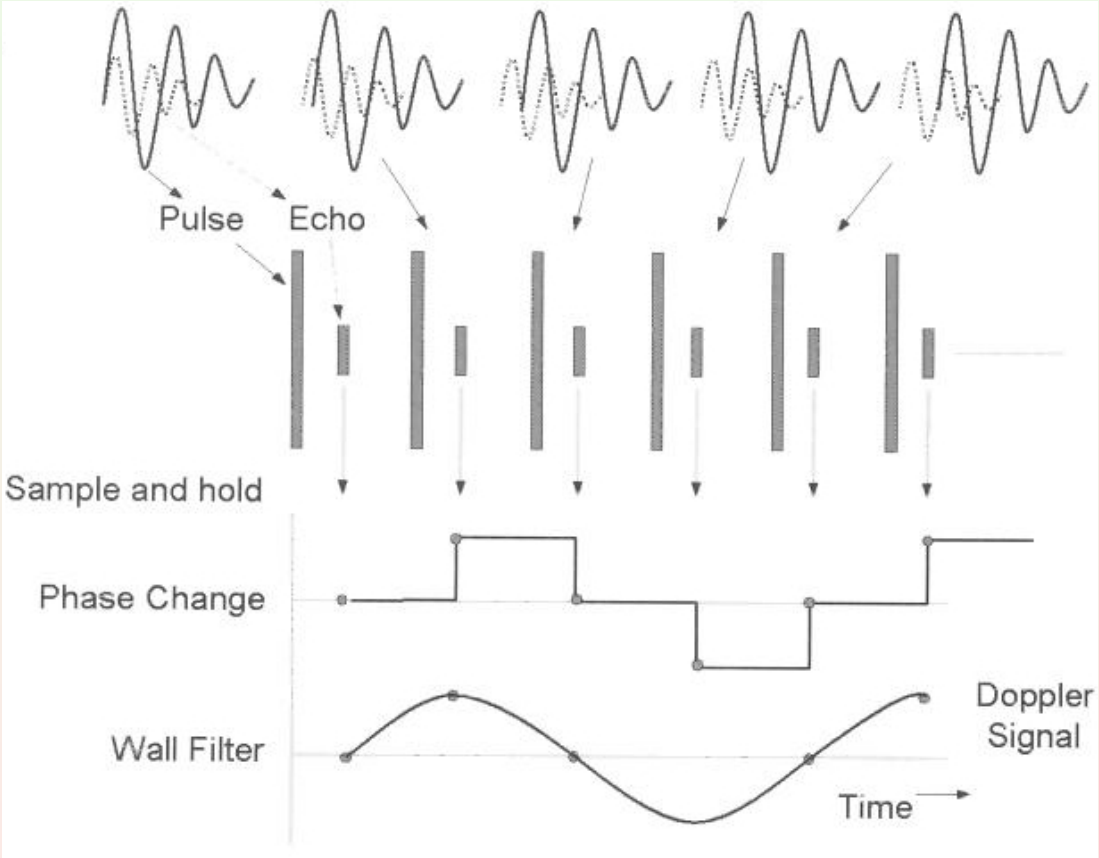
Modo Doppler pulsado

Características

- Usa pulsos de 5-25 ciclos (em imagem usam-se 3) para melhorar a determinação do deslocamento de frequência a costa de perder resolução espacial
- A profundidade de estudo é escolhida mediante discriminação temporal dos ecos
- A PRF tem que ser duas vezes maior do que a frequência do deslocamento Doppler

Modo Doppler pulsado

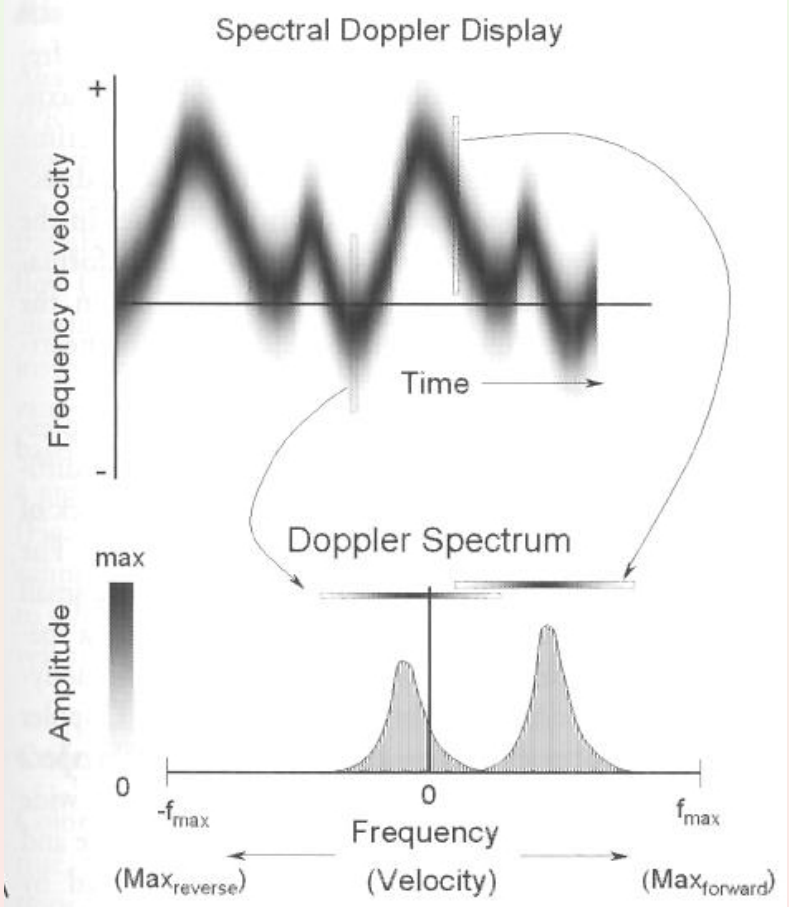
Diagrama



- O deslocamento em frequência é determinado para vários pulsos

Modo Doppler pulsado

Espectro Doppler

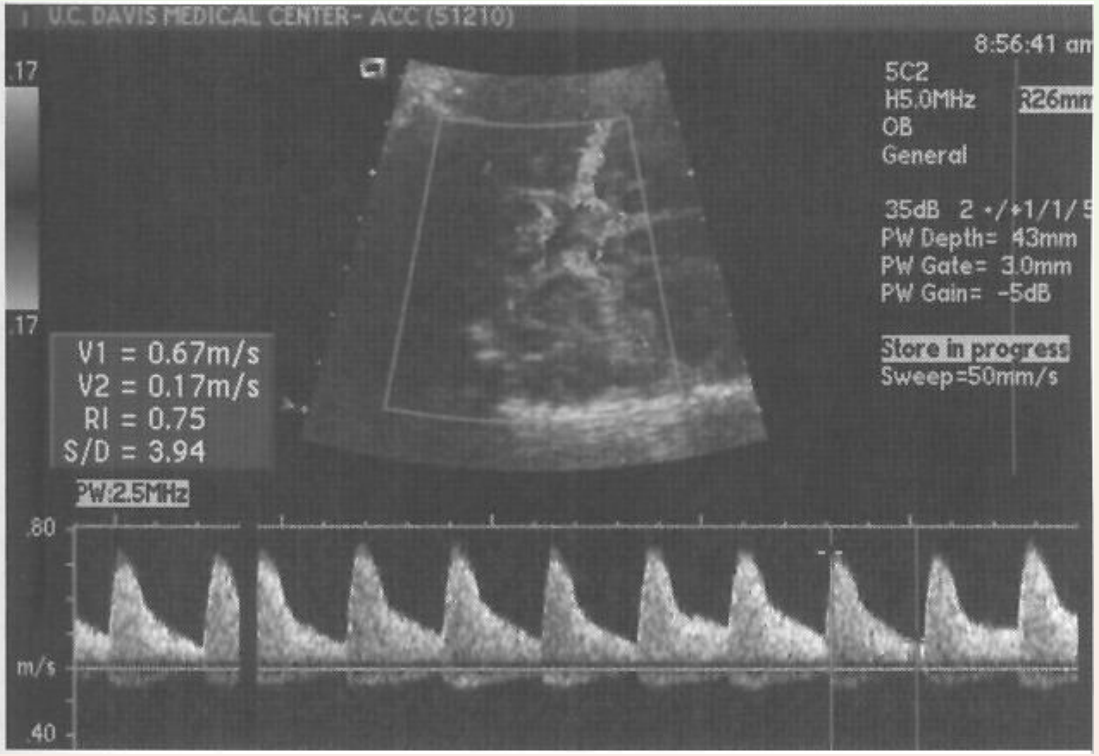


Descripção

- Como o sangue tem um perfil de velocidade variável, o deslocamento em frequência (ou em velocidade) flutua
- O espectro de amplitude do deslocamento pode dizer se a fluxo é laminar (estreito) ou turbulento (largo)

Modo Doppler pulsado

Diagrama



- Imagem Doppler com o correspondente espectro em deslocamento de frequência

Resumo

1 Ultrassom

Modalidade Doppler

Controle de qualidade em ultrassom

Controle de qualidade

Fundamentos

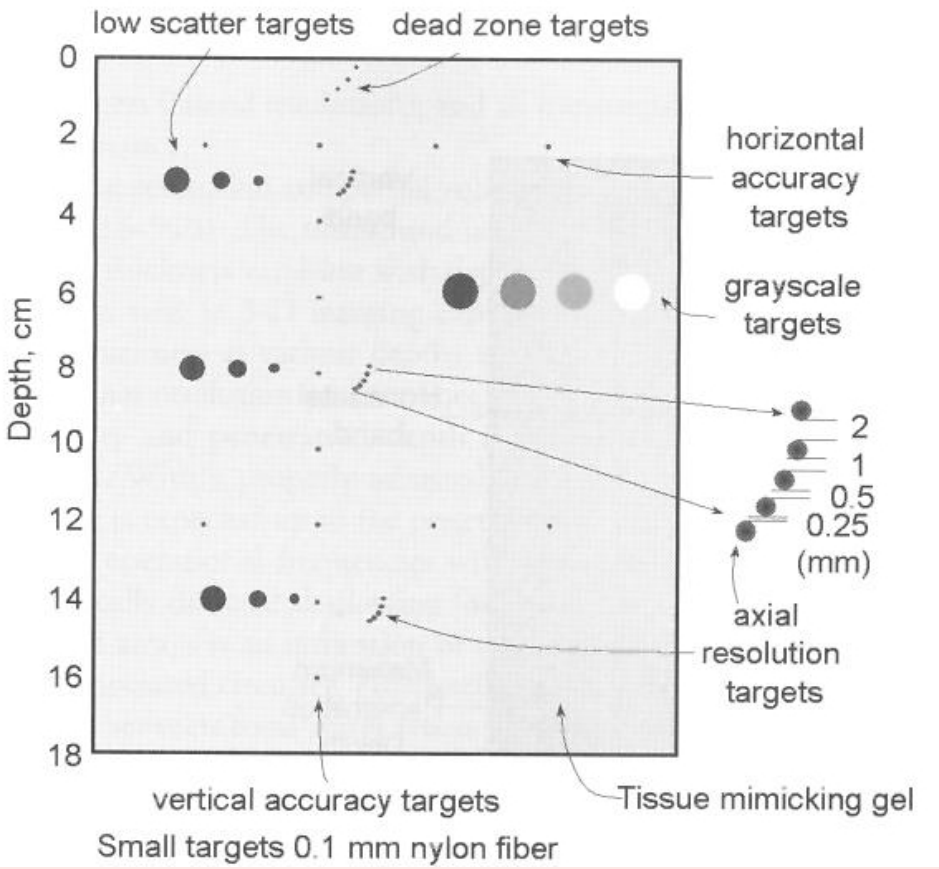
- Principais parâmetros a controlar: sensibilidade, intervalo dinâmico, resolução espacial e de contraste, exatidão em medidas de distância, profundidade máxima de estudo, etc.
- Um programa de QA periódico é recomendado

TABLE 16-8. RECOMMENDED QC TESTS FOR AMERICAN COLLEGE OF RADIOLOGY (ACR) ACCREDITATION PROGRAM

Test (Gray Scale Imaging Mode) for Each scanner	Minimum Frequency
System sensitivity and/or penetration capability	Semiannually
Image uniformity	Semiannually
Photography and other hard copy	Semiannually
Low-contrast detectability (optional)	Semiannually
Assurance of electrical and mechanical safety	Semiannually
Horizontal and vertical distance accuracy	At acceptance
Transducers (of different scan format)	Ongoing basis

Controle de qualidade

Fantoma

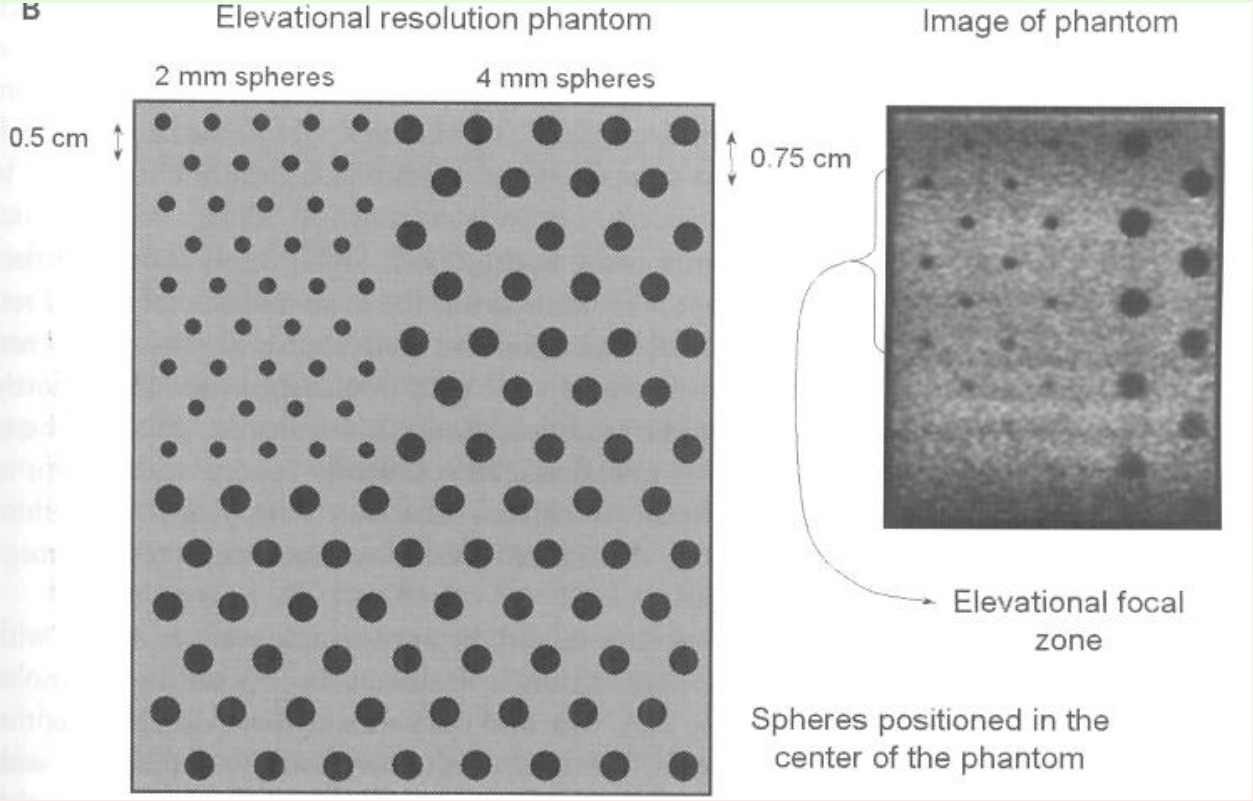


Descripção

- Fantoma para avaliar resolução espacial e de contraste, exatidão de medidas de distâncias, entre outros parâmetros

Controle de qualidade

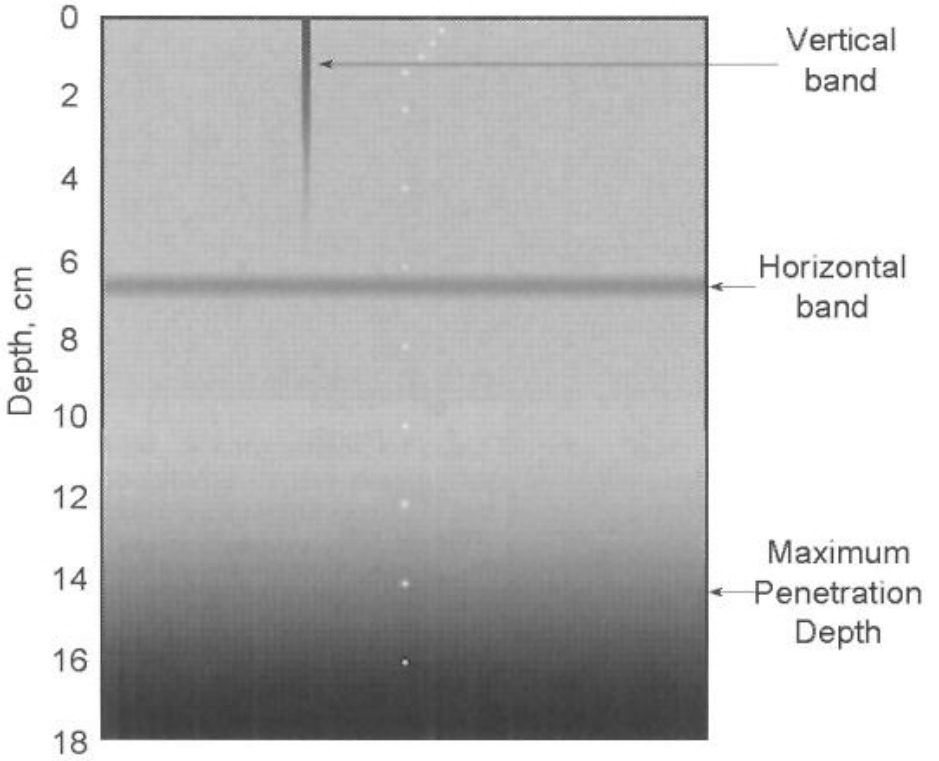
Fantoma



- Fantoma para avaliar resolução espacial elevacional. Na figura da esquerda pode-se apreciar o efeito de volume parcial com a profundidade.

Controle de qualidade

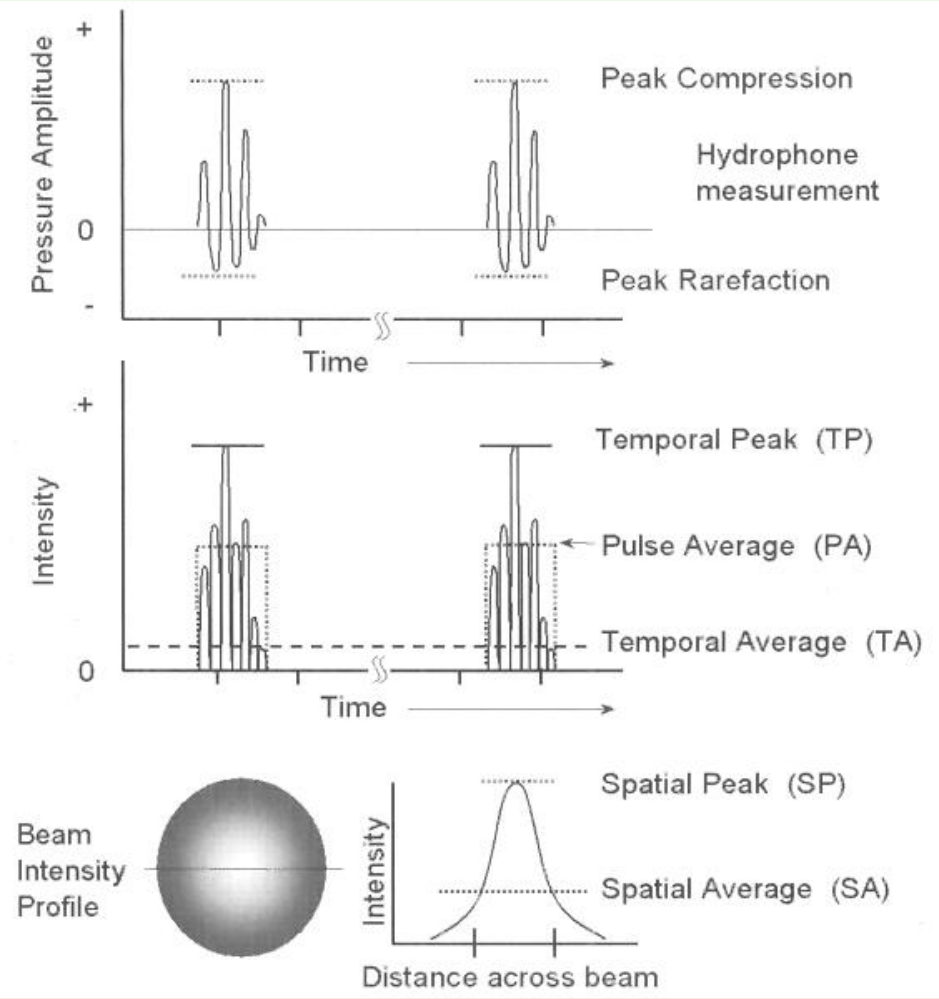
Fantoma



- Simulação de transdutor com problemas: barras vertical é horizontal. A profundidade máxima de resposta uniforme pode ser determinada ($\sim 12cm$)

Controle de qualidade

Potencia de ultrassom



- Com ajuda de um hidrofone, pode se determinar a potência dos pulso de ultrassom
- O ultrassom pode esquentar o tecido e produzir efeitos biológicos indesejáveis

Controle de qualidade

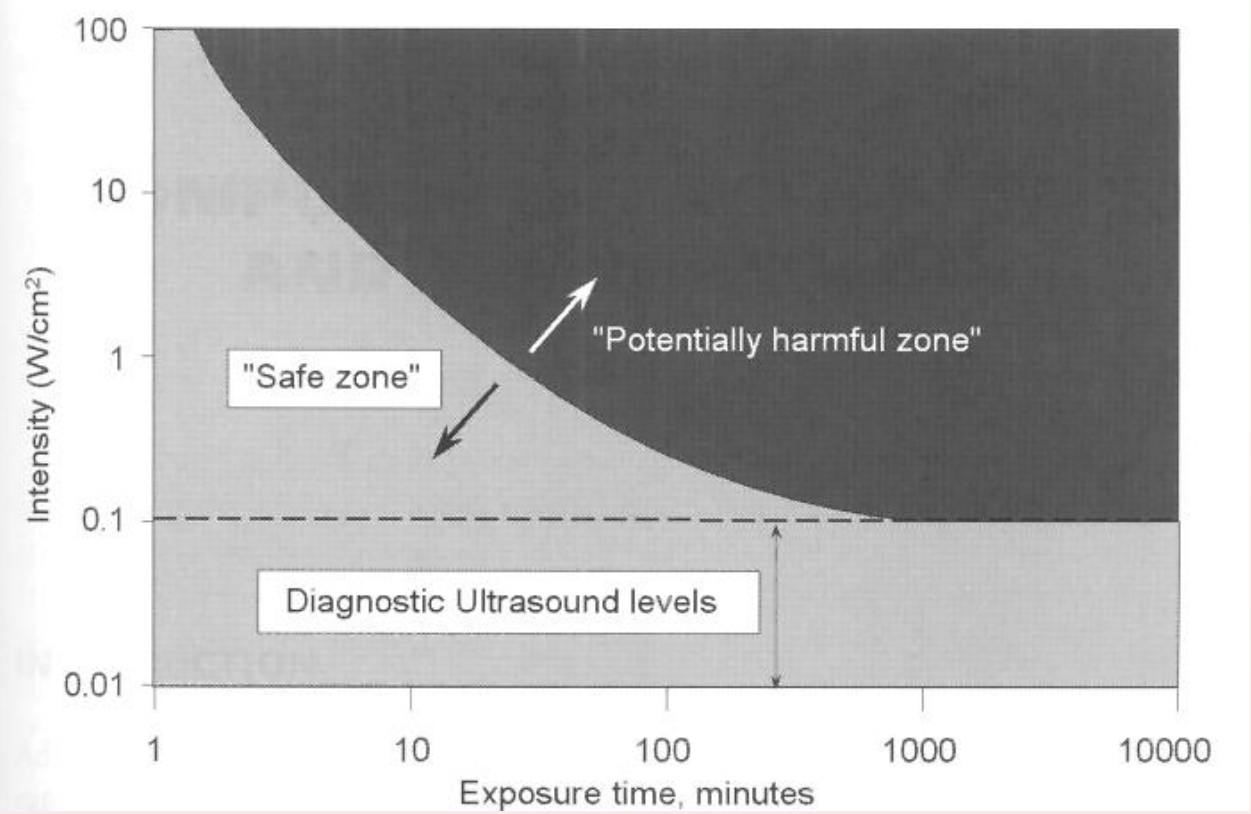
Potências típicas segundo o estudo

TABLE 16-9. TYPICAL INTENSITY MEASURES FOR ULTRASOUND DATA COLLECTION MODES

Mode	Pressure Amplitude (MPa)	I_{SPTA} (mW/cm^2)	I_{SPPA} (W/cm^2)	Power (mW)
B-scan	1.68	19	174	18
M-mode	1.68	73	174	4
Pulsed doppler	2.48	1,140	288	31
Color flow	2.59	234	325	81

Efeitos biológicos

Curva limite



A quantidade de energia entregue ao paciente deve ser limitada. Para $I < 0.1\,W/cm^2$, não precisa-se limitar o tempo do estudo.