

EDITORA
UnB

# TÓPICOS EM ULTRASSONOGRAFIA À BEIRA-LEITO

## POCUS (*Point-of-Care Ultrasound*)

Neysa Aparecida Tinoco Regattieri
Sergio Ricardo Menezes Mateus
Adriana Gherardi da Ponte

SÉRIE ENSINO DE GRADUAÇÃO

**Universidade de Brasília**

**Reitora** Rozana Reigota Naves
**Vice-Reitor** Márcio Muniz de Farias

EDITORA
**UnB**

**Conselho editorial**
Germana Henriques Pereira
Ana Flávia Magalhães Pinto
Andrey Rosenthal Schlee
César Lignelli
Fernando César Lima Leite
Gabriela Neves Delgado
Guilherme Sales Soares de Azevedo Melo
Liliane de Almeida Maia
Mônica Celeida Rabelo Nogueira
Roberto Brandão Cavalcanti
Sely Maria de Souza Costa

EDITORA
UnB

# Tópicos em ultrassonografia à beira-leito

## POCUS(Point-of-Care Ultrasound)

Neysa Aparecida Tinoco Regattieri
Sergio Ricardo Menezes Mateus
Adriana Gherardi da Ponte
(Organizadores)

SÉRIE ENSINO DE GRADUAÇÃO

**Equipe do projeto de extensão – Oficina de edição de obras digitais**

**Coordenação geral** Thiago Affonso Silva de Almeida
**Consultora de produção editorial** Percio Sávio Romualdo Da Silva
**Coordenação de revisão** Talita Guimarães Sales Ribeiro
**Coordenação de design** Cláudia Barbosa Dias
**Revisão** Vanessa Correia dos Santos
**Diagramação** Beatriz Parente Barreto de Abreu
**Foto de capa** Mart Production, via Pexels.com

© 2024 Editora Universidade de Brasília

Direitos exclusivos para esta edição:
Editora Universidade de Brasília
Centro de Vivência, Bloco A - 2ª etapa, 1º andar
Campus Darcy Ribeiro, Asa Norte, Brasília/DF
CEP: 70910-900
Site: www.editora.unb.br
E-mail: contatoeditora@unb.br

Todos os direitos reservados. Nenhuma parte desta publicação poderá ser armazenada ou reproduzida por qualquer meio sem a autorização por escrito da Editora.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Biblioteca Central da Universidade de Brasília – BCE/UnB)

T674 Tópicos em ultrassonografia à beira-leito [recurso eletrônico] : POCUS (Point-of-Care Ultrasound) / Neysa Aparecida Tinoco Regattieri, Sergio Ricardo Menezes Mateus, Adriana Gherardi da Ponte (organizadores). — Brasília : Editora Universidade de Brasília, 2026.
130 p. — (Série ensino de graduação).

Inclui bibliografia.
Formato PDF.
ISBN 978-65-5846-234-7.

1. Ultrassonografia. 2. Pacientes – Cuidados. 3. Diagnóstico. I. Regattieri, Neysa Aparecida Tinoco (org.). II. Mateus, Sergio Ricardo Menezes (org.). III. Ponte, Adriana Gherardi da (org.). IV. Série.

CDU 616-073

Camila M. Mendes Barcelos – CRB 1/2193

# Sumário


## Prefácio 7

Fábio Ferreira Amorim

## Introdução 9

Neysa Aparecida Tinoco Regattieri, Sergio Ricardo Menezes Mateus e Adriana Gherardi da Ponte

Capítulo 1

## A física e o exame de ultrassonografia à beira-leito 11

Neysa Aparecida Tinoco Regattieri, Tânia Aparecida Correia Furquim e Sergio Ricardo Menezes Mateus

Capítulo 2

## O equipamento de ultrassonografia: modos e transdutores 23

Rafael Silva de Oliveira, Neysa Aparecida Tinoco Regattieri e Sergio Ricardo Menezes Mateus

Capítulo 3

## Focused cardiac ultrasound (FoCUS) 41

Giuliane da Silva Dahmer

Capítulo 4

## Ultrassonografia de tórax e protocolo BLUE (bedside lung ultrasound in emergency) 55

Raquel Aziz Batista e Marize Teixeira Vitório, Neysa Aparecida Tinoco Regattieri e Sergio Ricardo Menezes Mateus

Capítulo 5

**E-FAST (Extended Focused Assessment with Sonography for Trauma) 71**

Kathleen Dianne Gomes Cavalcante, Neysa Aparecida Tinoco Regattieri e Sergio Ricardo Menezes Mateus

Capítulo 6

**Protocolo RUSH (Rapid Ultrasound in Shock and Hypotension) 81**

Mathias Regis Modesto e Luciano Beltrão dos Reis Viana

Capítulo 7

**Ultrassonografia à beira-leito (POCUS) na parada cardiorrespiratória (PCR) 107**

Isabella Escarlate Hannes

Capítulo 8

**Avaliação do nervo óptico 119**

Fernanda Antunes Dias, Neysa Aparecida Tinoco Regattieri e Sergio Ricardo Menezes Mateus

Capítulo 9

**Acesso venoso central guiado por ultrassonografia 123**

Matheus dos Santos Meireles

# Prefácio

*Fábio Ferreira Amorim*

É com satisfação que introduzo o livro “Tópicos em Ultrassonografia à Beira-Leito – POCUS (Point-of-Care Ultrasound)”. Esta obra, fruto do empreendedorismo de seus autores, é de grande importância no campo da medicina e da saúde, pois aborda um tema que tem se tornado cada vez mais relevante e tem revolucionado a prática clínica nos últimos anos: a ultrassonografia à beira do leito.

A ultrassonografia é um método não invasivo, livre de radiação ionizante, de custo acessível e rápida execução. Desde sua introdução na prática clínica, transformou-se em uma ferramenta essencial na avaliação e no diagnóstico por imagem em diversas áreas da saúde. Nos últimos anos, o que se destaca de forma particularmente notável é a sua crescente utilização em ambientes de urgência e emergência e nas unidades de terapia intensiva, especialmente após o desenvolvimento de dispositivos que possibilitaram sua aplicação de forma prática à beira-leito.

De fato, a ultrassonografia à beira-leito é uma ferramenta indispensável para o diagnóstico, a avaliação prognóstica e a monitorização de pessoas em situação crítica de saúde, estando integrada como elemento propedêutico complementar à inspeção, palpação, percussão e ausculta. Esta abordagem aumenta a acurácia diagnóstica e otimiza a tomada de decisão em um momento crucial para o prognóstico das pessoas que estão sob os cuidados dos profissionais de saúde. Atualmente, nos ambientes de emergência e unidades de terapia intensiva, a ultrassonografia à beira-leito se tornou uma extensão valiosa do exame físico.

Com a integração de diversos capítulos abrangendo os princípios físicos fundamentais da ultrassonografia, os diferentes modos e transdutores utilizados, sua aplicabilidade em procedimentos invasivos e não invasivos e os protocolos aplicados na urgência e na medicina intensiva, como o ultrassom cardíaco focado (FoCUS), a ultrassonografia pulmonar e protocolos específicos para avaliação de trauma, choque e parada cardiorrespiratória, este livro representa uma contribuição valiosa para profissionais de saúde e estudantes em busca de uma compreensão aprofundada da ultrassonografia à beira do leito.

Parabenizo os autores por seu trabalho notável e inovador na compilação desta obra que servirá como uma fonte de inspiração e conhecimento, promovendo a excelência na prática clínica e, consequentemente, contribuindo para a melhoria da qualidade de cuidados de saúde.

# Introdução

*Neysa Aparecida Tinoco Regattieri*
*Sergio Ricardo Menezes Mateus*
*Adriana Gherardi da Ponte*

O exame de ultrassonografia é um método de avaliação e/ou diagnóstico de imagem que vários profissionais de saúde têm incorporado na sua prática clínica nos últimos anos, inclusive em ambientes de urgências e emergências, utilizado como extensão do exame físico.

Seu objetivo é o esclarecimento de questões clínicas específicas que permitam o diagnóstico e a intervenção terapêutica em curto período de tempo, a fim de prognóstico favorável do paciente.

A ultrassonografia à beira-leito, POCUS (Point-of-Care Ultrasound), é considerada como o quinto elemento propedêutico, complementando a inspeção, palpação, percussão e ausculta, pois aumenta a acurácia diagnóstica e otimiza a tomada de decisão.

Trata-se de um método não invasivo, de baixo custo e de rápida realização, que não utiliza radiação ionizante. É uma ferramenta coadjuvante no diagnóstico e na avaliação prognóstica e de monitorização utilizada na urgência, emergência e em unidades de cuidados intensivos.

As evidências de seu efeito na prática clínica e o crescente desenvolvimento de equipamentos portáteis apontam que o POCUS se tornará uma ferramenta padrão e indispensável na avaliação, na tomada de decisão e na condução de procedimentos clínicos não invasivos e invasivos.

Desta maneira, é importante a inserção do tema nos currículos dos cursos de graduação, com treinamento POCUS. O objetivo deste material é descrever e contextualizar os protocolos mais utilizados, principalmente no cenário da urgência e emergência, para apoiar o aprendizado das disciplinas dos cursos de graduação da área de saúde.

Capítulo 1

# A física e o exame de ultrassonografia à beira-leito

*Neysa Aparecida Tinoco Regattieri*
*Tânia Aparecida Correia Furquim*
*Sergio Ricardo Menezes Mateus*

## 1 Introdução

Diante do tema a ser abordado, a primeira pergunta que nos vem à cabeça é: por que preciso entender os princípios físicos que dão fundamentação à realização da ultrassonografia? A resposta é simples: para entender as limitações, vantagens e aplicações clínicas deste exame de imagem, é imprescindível a compreensão da interação da onda sonora com os tecidos corporais. Assim, faremos uma correlação entre os princípios físicos básicos da acústica e as aplicações definidas na prática médica e, para isso, precisaremos entender algumas propriedades da acústica.

Desta maneira, necessitaremos escolher o transdutor adequado e realizarmos eventuais ajustes nos parâmetros dispostos no teclado do equipamento, conforme veremos no capítulo 2. Isso permitirá a realização de um exame com qualidade técnica, possibilitando a interpretação adequada dos achados de imagem.

## 2 Princípios da acústica e exame de ultrassonografia

A acústica é um ramo da física que estuda a produção e o movimento das ondas sonoras; estas, por apresentarem natureza mecânica, precisam de um meio material para se propagarem.

O termo “ultrassom” é utilizado para designar o som acima da faixa da audição humana, que está compreendida entre 20 Hertz e 20.000 Hertz. O exame de ultrassonografia diagnóstica utiliza ondas com frequências acima de 2 MHz (dois milhões de Hertz).

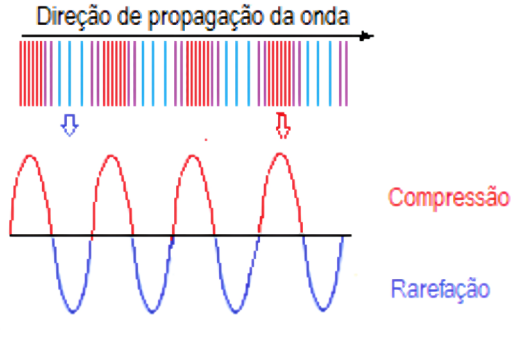
O exame de ultrassonografia é a obtenção de imagens por meio da transformação de energia elétrica em energia sonora acima do limiar da audição humana, que interage de

maneiras distintas em cada tecido humano. As informações obtidas são transformadas em diferentes tons de cinza dispostos na tela do equipamento, de acordo com a intensidade do eco que retorna ao transdutor.

## 3 Onda sonora: conceitos

A onda sonora é uma perturbação, isto é, uma vibração que gera regiões de compressão e rarefação por oscilação de moléculas (figura 1). Desta maneira, trata-se de uma forma de energia mecânica, que tem sua origem em determinada fonte vibratória (o transdutor, no caso do exame de ultrassonografia) e requer um meio físico, pois não se propaga no vácuo como as ondas eletromagnéticas (luz, raios X).

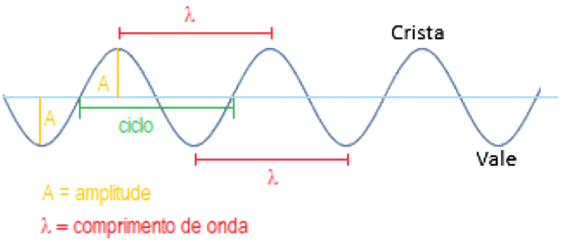
**Figura 1:** Diagrama demonstrando o conceito de compressão e rarefação da onda




O som é descrito por grandezas comuns a todas as ondas, dentre elas, amplitude, período, comprimento de onda, velocidade de propagação e frequência (figura 2).

Abaixo seguem suas definições.

**Figura 2:** Diagrama das grandezas que descrevem a onda




*Amplitude* da onda alude à energia que a onda carrega. Quanto maior a amplitude da onda, maior sua intensidade.

*Período* da onda é o tempo gasto para que a onda conclua uma oscilação completa, isto é, uma região de compressão e outra de rarefação.

*Comprimento* da onda representa a extensão de um ciclo da onda no espaço (oscilação completa). Em outras palavras, é a distância entre as cristas de duas ondas.

*Velocidade de propagação do som* corresponde à rapidez com a qual a onda sonora se propaga em um determinado meio. A variação das velocidades ocorre de acordo com a densidade do meio.

*Frequência* é o número de vezes que a onda oscila por unidade de tempo e designa a quantidade de ciclos. Um ciclo compreende uma região de compressão e outra de rarefação e é expresso em Hertz (Hz), em homenagem ao físico alemão Heinrich Rudolf Hertz (1857 – 1894). Assim, 10 Hz significam dez ciclos por segundo.

No caso do ultrassom, a faixa de frequências é acima de 20 kHz. O ultrassom médico utiliza frequências entre 2 e 22 MHz, podendo chegar até a valores maiores que esses. Fundamentados nos conceitos apresentados acima, entendemos a razão pela qual se faz a escolha dos transdutores, ou seja, o transdutor a ser escolhido dependerá da profundidade na qual a estrutura anatômica a ser avaliada estiver localizada. Ser for uma estrutura superficial, o transdutor escolhido será o de alta frequência, se for profunda, escolheremos o de baixa frequência.

Quanto maior a frequência (número de ciclos da onda por segundo), maior a amplitude da onda (mais energia, maior intensidade do feixe sonoro), porém menor poder de penetração nos tecidos, pois há perda da energia gerada. Assim, quanto maior a frequência de um transdutor, maior sua resolução espacial (discernimento entre dois pontos próximos), porém menor sua penetração, inviabilizando a avaliação de estruturas localizadas mais profundamente. O quadro 1 mostra exemplos de frequência de transdutores a serem utilizados de acordo com a profundidade das estruturas a serem avaliadas.

**Quadro 1:** Tipos de transdutores mais adequados para avaliar estruturas de acordo com a profundidade

| Altas frequências | Baixas frequências |
|---|---|
| Tireoide | Rins |
| Mama | Bexiga |
| Bolsa escrotal | Vesícula biliar |
| Vasos superficiais | Baço |
| Pleura | Fígado |
| Diafragma | Pleuropulmonar |
| | Veia cava inferior |
| | Diafragma (excursão) |
| | Coração |

Um conceito importante associado ao movimento das ondas mecânicas é *a impedância acústica***,** que é uma propriedade física dos materiais, incluindo os tecidos. Ela descreve quanta resistência um feixe de ultrassom encontra ao passar por um determinado meio. Em outras palavras, é a velocidade com a qual a onda sonora se propaga nos diferentes meios pelos

quais trafega. Essa velocidade (v em m/s) varia de acordo com a densidade (d em kg/m3) do tecido. Assim, matematicamente, podemos traduzir a impedância acústica como Z = d × v.

O quadro 2 exibe a velocidade típica do som em meios de interesse aos procedimentos com ultrassom.

**Quadro 2:** Velocidade do som em alguns meios

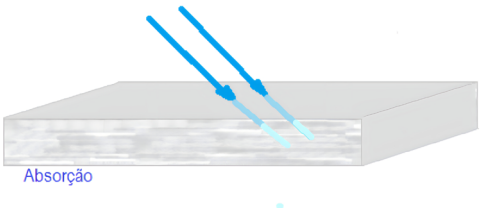
| Meio (d ≥ kg/m3) | Velocidade (m/s) |
|---|---|
| Ar | 344 |
| Pulmões | 300 – 1.000 |
| Gordura | 1.400 |
| Tecido mole | 1.540 |
| Osso | 2.000 – 4.000 |
| Vácuo | 0 |

A interação da onda sonora com o meio é regida pela lei de Snell-Descartes e ocorre quando o som se propaga por meios ou tecidos com diferentes características.

E o que nos diz essa lei? Que, ao encontrar obstáculos e meios com diferentes características, a onda sonora pode apresentar fenômenos ondulatórios tais como:

*Absorção:* caracterizado pela diminuição da amplitude e frequência da onda sonora ao atravessar um meio. Parte de sua energia fica depositada neste meio e o restante desta energia pode ser transmitida, refletida ou refratada (figura 3).

**Figura 3:** Diagrama ilustrando o fenômeno da absorção da onda sonora

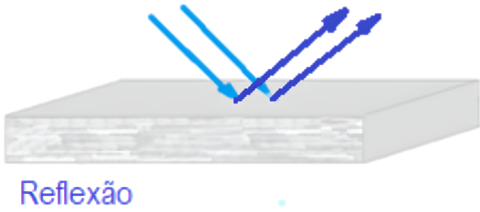



*Reflexão:* conceito importante para que possamos entender a formação da imagem no exame de ultrassonografia. A reflexão acontece quando o feixe sonoro atravessa dois meios com velocidades distintas e uma parte retorna à fonte (transdutor). As ondas sonoras que retornam, denominadas *ecos*, são os principais fatores para a formação da imagem (figura 4). Como a reflexão da onda é proporcional à diferença de impedância acústica entre os meios, um meio com densidade aumentada terá uma maior proporção de som refletido e, consequentemente, a quantidade de ondas transmitidas será menor. A razão pela qual utilizamos o gel transdutor é para diminuirmos a reflexão entre ar e pele.

Resumidamente podemos tecer os seguintes comentários sobre a reflexão de uma onda sonora:

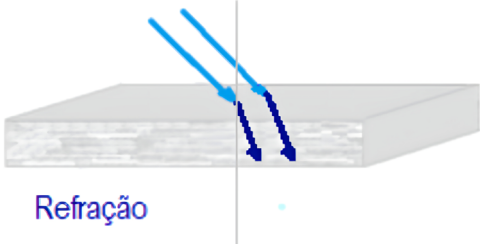
1. reflexão é o retorno do feixe sonoro emitido dependendo do ângulo de incidência;
2. quanto maior a impedância acústica entre dois meios, maior a reflexão das ondas sonoras;
3. quanto mais perpendicular for o ângulo de incidência do feixe, maior a reflexão.

**Figura 4:** Diagrama ilustrando o fenômeno da reflexão



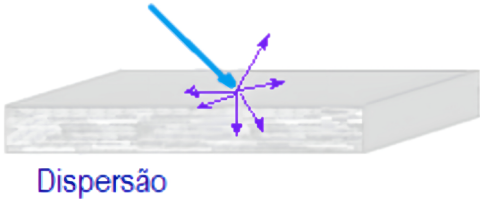

*Refração:* ocorre quando a onda sonora é desviada ao atravessar um meio com diferentes características daquele no qual iniciou sua trajetória, ocorrendo mudança em sua velocidade e direção (figura 5).

**Figura 5:** Representação esquemática da interação do som na interface gordura-músculo



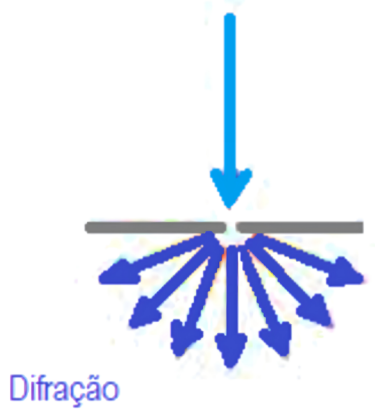

*Dispersão:* Esse fenômeno é caracterizado pela redistribuição da energia da onda sonora no meio pela qual ela trafega após ser atenuada (figura 6).

**Figura 6:** Diagrama ilustrando o fenômeno da dispersão




*Difração:* Esse fenômeno acontece quando a onda, ao encontrar um obstáculo, consegue ultrapassá-lo. No entanto, durante esse processo, há perda de energia (figura 7).

**Figura 7:** Diagrama ilustrando o fenômeno da difração




Quando os fenômenos de refração e difração ocorrem, promovendo distorção na imagem e na localização das estruturas, podemos tentar corrigi-las por meio de movimentos com o transdutor (deslizamento, angulação, etc.).

*Atenuação:* diz respeito à perda de energia da onda sonora à medida que atravessa meios com diferentes impedâncias acústicas. Ela dependerá de vários fatores (coeficiente de atenuação do tecido, frequência da onda, temperatura, etc.). Uma aplicação prática desse conceito é a formação da *sombra acústica posterior* (figura 8), que pode ocorrer quando o feixe sonoro encontra uma estrutura com alto coeficiente de atenuação (ossos, cálculos, placas ateromatosas calcificadas) ou de reflexão (ar). É reconhecido como uma faixa escura posterior, semelhante a uma sombra.

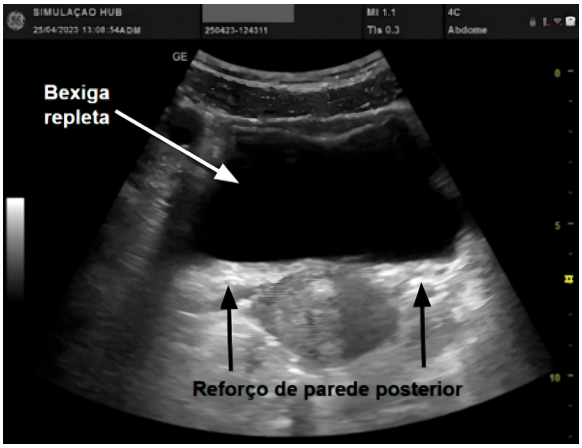
**Figura 8:** Cálculo em vesícula biliar gerando sombra acústica posterior




Caso a atenuação ou a reflexão provocadas pelo meio sejam baixas, podemos observar outro fenômeno chamado *reforço acústico posterior* (figura 9). Este ocorre quando a onda sonora se propaga por uma região homogênea de baixa atenuação, como meios líquidos,

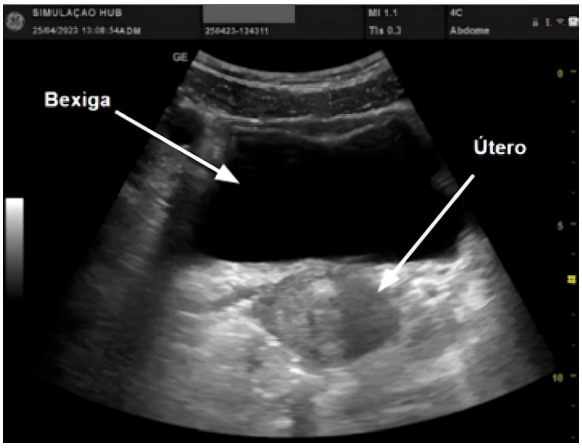
por exemplo. Os ecos gerados possuem maior energia e, por isso, são reconhecidos como uma faixa branca posterior à estrutura que atravessaram.

**Figura 9:** Reforço de parede posterior acarretado pela bexiga repleta de urina




Outra aplicação prática do fenômeno de baixa atenuação é a utilização de um meio como a bexiga cheia de urina como recurso para a avaliação de estruturas tais como o útero, os ovários, a próstata e as vesículas seminais, que ficam ocultadas por meios muito reflexivos, como o gás no interior dos intestinos. Solicitamos aos pacientes que encham a bexiga para utilizá-la como uma "janela acústica", isto é, um meio que permite a passagem das ondas sonoras sem que estas sejam quase que totalmente refletidas (figura 10).

**Figura 10:** Bexiga repleta de urina utilizada como "janela acústica" para avaliação do útero

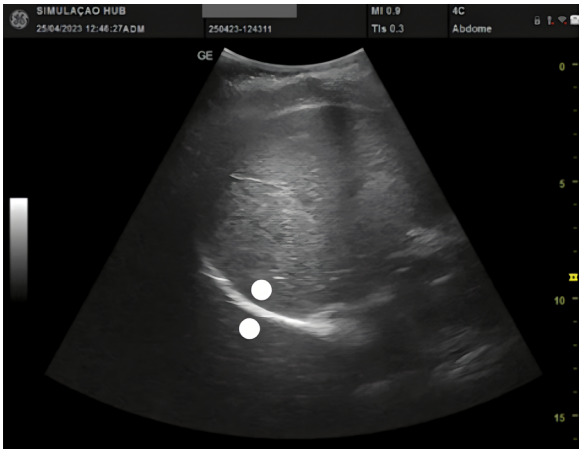



## 4 Léxico utilizado nos exames de ultrassonografia

*Artefato* é um termo utilizado nas diversas modalidades de exames que compõem a radiologia e diagnóstico por imagem. Essa palavra traduz a geração de informações que

podem gerar falsas interpretações. Um exemplo é a *reflexão especular* (figura 11). Ela pode ocorrer quando os feixes de ultrassom encontram estruturas muito reflexivas e, ao regressarem ao transdutor, são novamente refletidos, que, por sua vez, retornarão em tempo maior que os primeiros, formando uma imagem posterior à imagem real. Isso acontece porque o sistema de reconstrução de imagem do equipamento interpreta a demora do retorno do segundo feixe de ecos como uma figura de localização mais profunda.

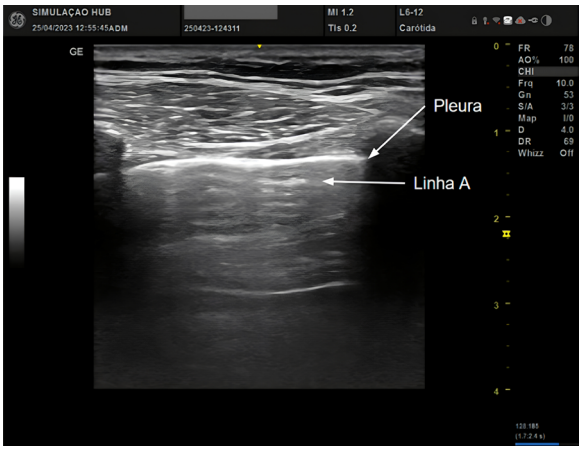
**Figura 11:** Imagem demonstrando reflexão especular no pulmão gerado pela reflexão do feixe sonoro de um "nódulo" localizado no fígado




Outra manifestação bastante conhecida é o *artefato de reverberação* (figura 12). Ele resulta das várias reflexões de onda sonora entre duas interfaces muito refletoras. Esse falso eco é representado como um conjunto de linhas ecogênicas na tela, perpendiculares ao feixe de ultrassom e equidistantes deste.

Uma aplicação prática no reconhecimento desses artefatos é sua interpretação como linhas A no protocolo BLUE, inferindo que há presença de ar naquela cavidade. O protocolo BLUE tem como objetivo identificar a etiologia da dispneia e será abordado em outro capítulo.

**Figura 12:** Imagem demonstrando artefatos de reverberação (linhas A)




Saber que existem artefatos de imagem e reconhecê-los permite interpretações adequadas na obtenção de informações que nos ajudem na caracterização dos achados de imagem e, consequentemente, nas nossas hipóteses diagnósticas.

No léxico empregado para a descrição de achados nos exames de ultrassom, utilizamos termos como *ecogenicidade* e *ecotextura*, que traduzem interações das ondas sonoras com o parênquima das estruturas. O conhecimento de seus significados é fundamental para a comunicação e a compreensão do exame realizado.

## 5 Ecogenicidade

O termo ecogenicidade diz respeito à intensidade dos ecos da estrutura avaliada que será decodificada por meio de algoritmos matemáticos. Há comparação com estruturas ao redor ou com padrões pré-estabelecidos em uma escala de tons de cinza, que servem para caracterizar a *ecogenicidade* dos tecidos.

Assim, temos os seguintes termos:

*Anecoico:* estrutura que reflete poucos ecos. A energia do feixe sonoro refletido é baixa e por isso é representada na cor preta.

*Hipoecoico (hipoecogênico):* reflete parcialmente os ecos. A energia da onda sonora refletida é parcial e interpretada em tons de cinza que representam a baixa intensidade de ecos.

*Hiperecoico (hiperecogênico):* estrutura que reflete a maior parte dos ecos. O feixe sonoro que retorna ao transdutor possui alta intensidade de energia sendo interpretada como cor branca ou cinza claro.

## 6 Ecotextura

Esse termo define a qualidade do meio pelo qual a onda sonora trafega, podendo ser homogênea ou heterogênea. Dessa forma, qualifica a composição da estrutura estudada. Podemos citar, como exemplo, o fígado. Sua *ecotextura* usual é homogênea, todavia, quando observamos a heterogeneidade de seu parênquima, ela nos alerta para um comprometimento desse órgão.

## 7 Efeito Doppler

O efeito Doppler foi descrito em 1842 pelo austríaco Christian Andreas Doppler. É causado por uma fonte sonora em movimento em relação a um observador.

Sua aplicação na imagenologia é feita por meio dos equipamentos de ultrassonografia, que utilizam esse efeito para determinar a direção e mensurar a velocidade das hemácias no interior do vaso sanguíneo. Quando elas se deslocam em direção ao transdutor, a onda refletida terá maior frequência. Caso se movam em direção oposta, sua frequência será menor. Essas alterações na frequência são denominadas desvio Doppler. Com isso, podemos avaliar as alterações acarretadas pelas doenças vasculares.

O desvio Doppler depende dos seguintes parâmetros:

1. frequência do som emitido pelo transdutor;
2. velocidade das hemácias no interior do vaso;
3. direção do fluxo;
4. ângulo formado entre a direção da onda sonora e a direção do fluxo sanguíneo (ângulo de insonação).

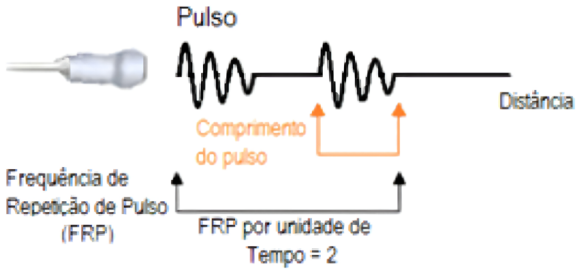
São utilizados três tipos de modo Doppler no exame de ultrassom: o pulsado espectral, o colorido e o de potência.

### *7.1 Doppler pulsado espectral (PW)*

Esse modo mede a velocidade (centímetro) ao longo do tempo (segundo), sendo registrado por meio de um gráfico espectral. Há emissão de uma sequência de ondas que são refletidas pelas hemácias em movimento. Esses ecos são interpretados pelo equipamento e, somente após essa leitura, uma nova sequência de ondas será emitida. Essas emissões de ondas sequenciais são denominadas FRP (Frequência de Repetição de Pulsos – figura 13).

Durante a realização de um exame é necessário ajustar a FRP de modo que a frequência máxima da onda estudada esteja incluída. Caso contrário, ocorrerá um fenômeno denominado *aliasing*, que traduz ambiguidades na caracterização do espectro da onda. Para sua correção, basta aumentarmos a FRP. Dessa maneira, vasos com maior velocidade de fluxo precisam ser examinados com uma FRP maior e vasos com menor velocidade, com FRP menor.

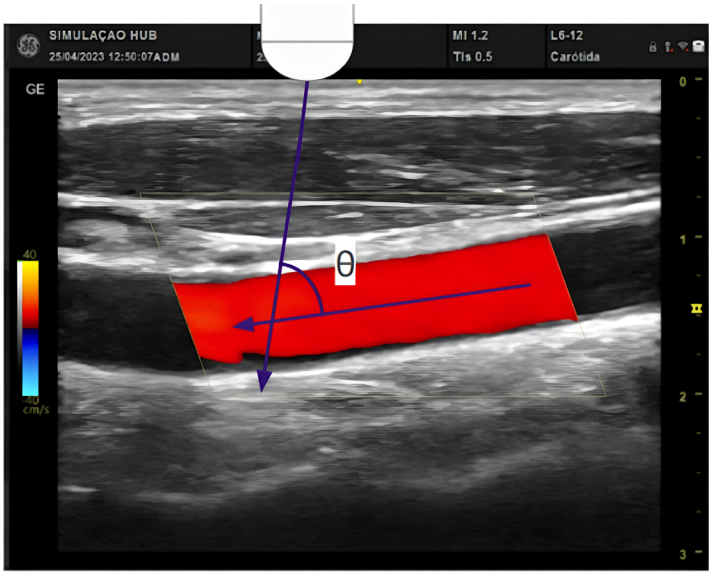
**Figura 13:** Diagrama da Frequência de Repetição de Pulso (FRP)




Devemos lembrar que, quanto maior a distância entre o transdutor e o vaso estudado, maior o tempo de retorno dos ecos refletidos. Nesse caso, a FRP deve ser a mais baixa possível para que um tempo suficiente decorra até todos os ecos retornarem ao transdutor antes de os pulsos subsequentes serem emitidos.

Para análise da morfologia da curva de fluxo, devemos colocar a caixa de amostra em uma profundidade específica, corrigindo seu volume e ângulo de insonação (θ) – (figura 14). Consequentemente, poderemos caracterizar o vaso de interesse com base na morfologia do traçado da onda.

**Figura 14:** Diagrama demonstrando o ângulo de insonação




## *7.2 Doppler com fluxo a cores*

A cor é uma função do movimento das hemácias em relação ao transdutor. Elas são atribuídas por convenção. Vermelho para o fluxo sanguíneo que se move em direção ao transdutor e azul para aquele que se move em direção oposta.

O grau de saturação da cor demonstra a velocidade relativa das hemácias, desde que o ângulo de insonação seja respeitado.

### *7.3 Doppler de potência*

É baseado na amplitude (intensidade) do sinal Doppler. Detecta fluxos mais lentos e de vasos com lúmen pequeno, assim como perfusão tecidual. Possui alta sensibilidade ao movimento, porém não fornece informações sobre a velocidade ou a direção do fluxo. Nele, só é utilizada a cor laranja e não é especificada a direção do fluxo. É menos dependente do ângulo de insonação do que o Doppler espectral.

É utilizado quando o examinador está interessado em saber se há presença ou não de fluxo no local. Como exemplo, podemos citar a detecção de sinais de baixo fluxo em processos inflamatórios na pele ou no leito ungueal. Nesses casos, a velocidade e a direção do fluxo não são o objeto de interesse.

## 8 Referências

ALCARÁS, José R. Espalhamento de ondas acústicas e análise de campos internos de materiais viscoelásticos. 2018. 43 f. Dissertação (Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Física Aplicada à Medicina e Biologia) – Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2018.

BOOTE, Evan J. Doppler US Techniques: Concepts of Blood Flow Detection and Flow Dynamics. *RadioGraphics*, v. 23, p.1.315-1.327, 2003. Disponível em: https://doi.org/10.1148/rg.235035080. Acesso em: 20 mar. 2023.

LIMA, Joice L. S.; ANDRÉ, Alexandra; SANTOS, António C. Reprodução e estudo de artefatos no ultrassom. *Rev Bras Fis Med*., v. 7, n. 3, p. 205-208, 2013. Disponível em: https://www.rbfm.org.br/rbfm/article/view/274. Acesso em: 7 jun. 2024.

Capítulo 2

# O equipamento de ultrassonografia: modos e transdutores

*Rafael Silva de Oliveira*
*Neysa Aparecida Tinoco Regattieri*
*Sergio Ricardo Menezes Mateus*

## 1 Tipos de equipamentos utilizados no exame de ultrassonografia realizado à beira leito (POCUS)

**Figura 1** Sistemas Handheld/Pocket (Ultrassom de Bolso)



**Figura 2** Sitemas Tablet/Laptop Portáteis



### *1.1 Sistemas Handheld/Pocket (Ultrassom de Bolso) Figura 1*

*Características:*

São dispositivos compactos que cabem no bolso e conectam-se a smartphones ou tablets via aplicativos

Aplicações típicas:

- Avaliação cardíaca básica (função ventricular, derrame pericárdico)
- FAST (Focused Assessment with Sonography in Trauma)
- Avaliação pulmonar (pneumotórax, derrame pleural)

- Acesso vascular guiado
- Espessura e excursão diafragmática

### *1.2 Sistemas Tablet/Laptop Portáteis Figura 2*

Características:

Possuem formato semelhante a tablets ou laptops, com tela integrada de 10-15 polegadas e múltiplas conexões para transdutores

Aplicações:

- Exames mais detalhados à beira do leito
- Procedimentos guiados por ultrassom
- Avaliação abdominal completa
- Estudos vasculares
- Estudo diafragmático

### *1.3 Sistemas Carrinho Portátil Compacto Figura 3*

Características:

Sistema semelhante a um laptop para aplicações de alto desempenho em exames gerais, por exemplo: abdominal, ginecológico, obstétrico, vascular, musculoesquelético. Possui rodas para facilitar o transporte e tela de 12 a 17 polegadas, com vários transdutores acoplados simultaneamente.

Funcionalidades avançadas:

Modos disponíveis: bidimensional, Modo M, Doppler pulsado/contínuo/tecidual, color Doppler, imagem harmônica tecidual, zoom em tempo real, cineloop

## 2 Escolhendo o transdutor de ulrassom adequado com base em sua aplicação

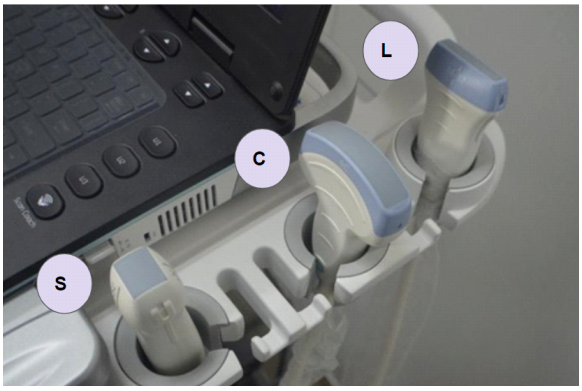
Um fator determinante para a realização do exame de ultrassonografia é a escolha adequada do transdutor. O transdutor é um dispositivo que transforma um tipo de energia em outro. No exame de ultrassonografia, há conversão de energia elétrica em mecânica e vice-versa, devido à propriedade piezoelétrica dos cristais que o compõem. Ela permite que cristais, quando submetidos a um tipo de perturbação, se contraiam e se dilatem, transformando um tipo de energia em outro. A escolha do transdutor é baseada na localização da estrutura de interesse (capítulo 1).

No quadro 1, são caracterizados os três transdutores usualmente utilizados nos exames de ultrassonografia à beira-leito (POCUS) e suas aplicações.

**Quadro 1:** Transdutores de ultrassonografia: frequência e aplicações usuais

| Transdutores | Frequência | Aplicações |
|---|---|---|
| Linear | 6 a 12 MHz | Musculoesquelético e espessura diafragmática, globo ocular, traqueia, tireoide, parede anterior do tórax, mama, bolsa escrotal, vasos superficiais |
| Convexo | 2 a 5 MHz | Cavidades abdominal e torácica e excursão diafragmática |
| Setorial | 2 a 4 MHz | Coração |

**Figura 4:** Transdutores de ultrassonografia: linear (L), convexo (C) e setorial (S)




## *2.1 Transdutor de ultrassom linear*

O transdutor de ultrassom linear é de alta frequência (6 a 12 MHz). Ele é utilizado para a avaliação de estruturas superficiais, isto é, aquelas localizadas até 8 cm de profundidade. Além disso, fornece um campo de visão retangular que corresponde à sua área linear (figura 5).

**Figura 5:** Transdutor linear

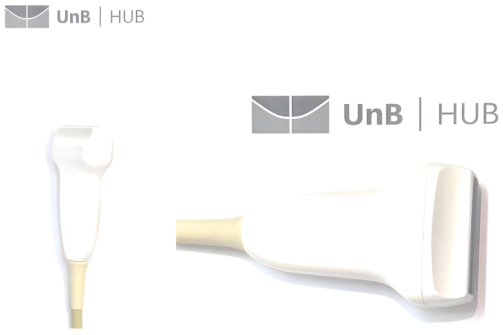
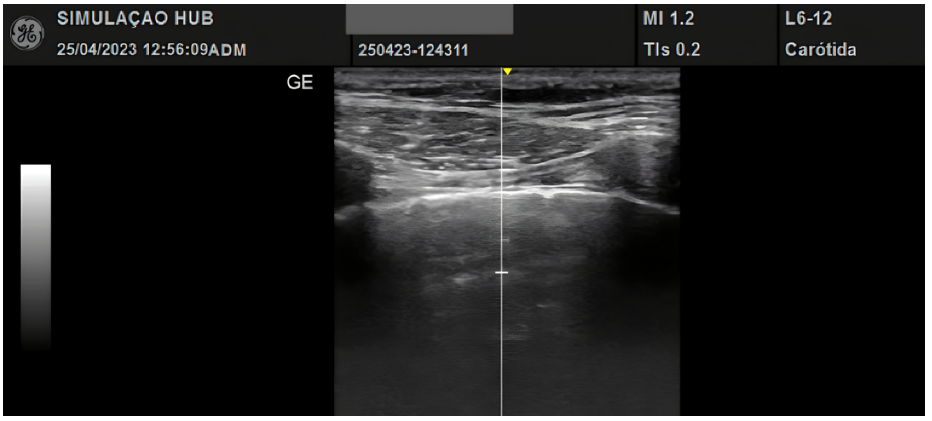


**Figura 6:** Campo de visão de um transdutor linear



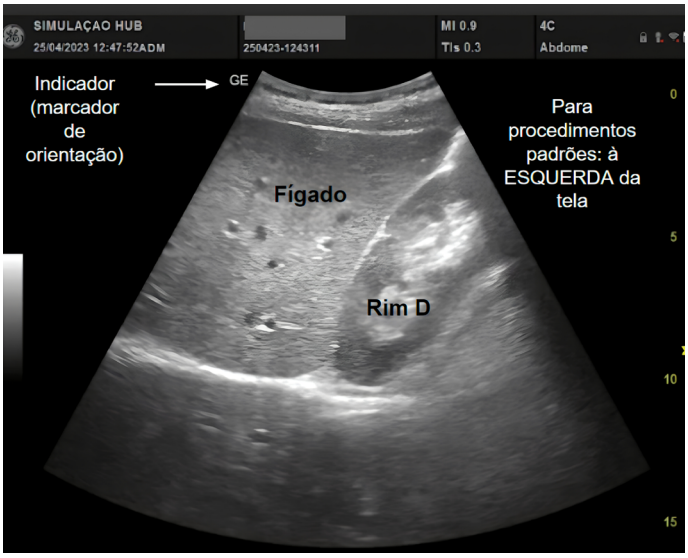

## *2.2 Transdutor de ultrassom convexo*

O transdutor convexo é um dispositivo de baixa frequência (2 a 5 MHz) e possui uma área de cobertura ampla. É utilizado para a realização de exames de ultrassonografia abdominal e pélvica. Também pode ser aplicado em exames cardíacos (pesquisa de derrame pericárdico) e torácicos (pesquisa de derrame pleural), mas é limitado pela dificuldade de varredura entre os espaços intercostais. A seguir, apresentamos um transdutor convexo (figura 4) e o aspecto da imagem ultrassonográfica que aparece no monitor do equipamento. Observe o aspecto curvo da imagem (figura 7).

**Figura 7:** Transdutor convexo



**Figura 8:** Campo de visão de um transdutor convexo




## *2.3 Transdutor setorial*

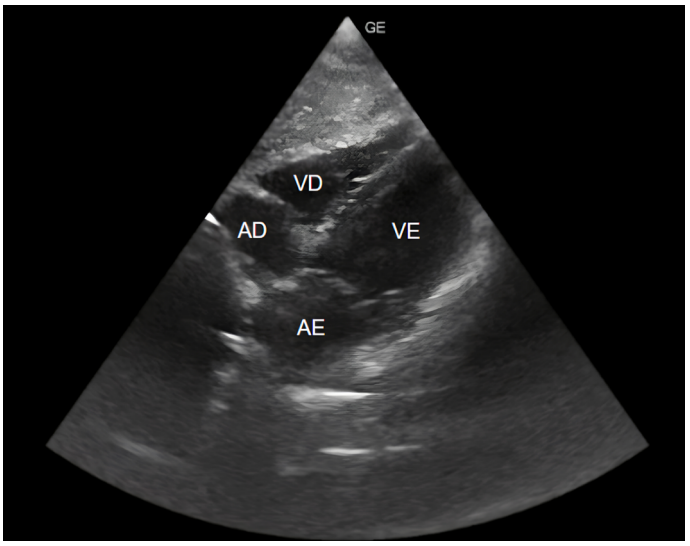
É conhecido como “transdutor cardíaco” (figura 9). Trata-se de um transdutor de baixa frequência (2 a 4 MHz). Sua vantagem consiste em que os cristais piezoelétricos em camadas, dispostos no centro do transdutor, facilitando a passagem entre pequenos espaços, como os intercostais.

**Figura 6:** Transdutor setorial





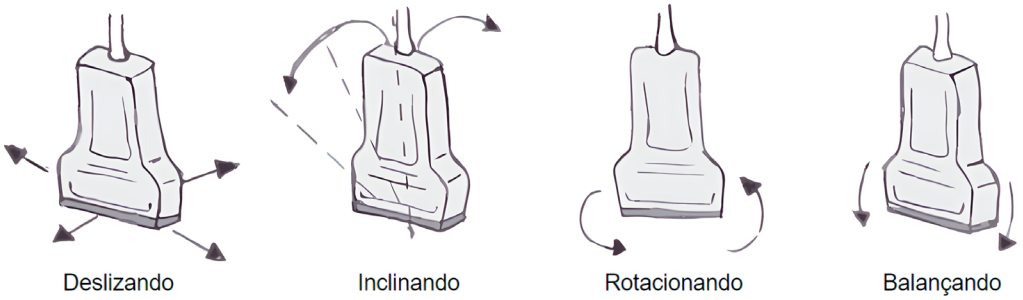

**Figura 7:** Campo de visão de um transdutor setorial




## 3 Manuseio do transdutor de ultrassom

O manuseio adequado do transdutor é fundamental para a obtenção das imagens. Os movimentos (figura 8) realizados durante um exame de ultrassonografia são: deslizar, inclinar, girar, balançar e comprimir.

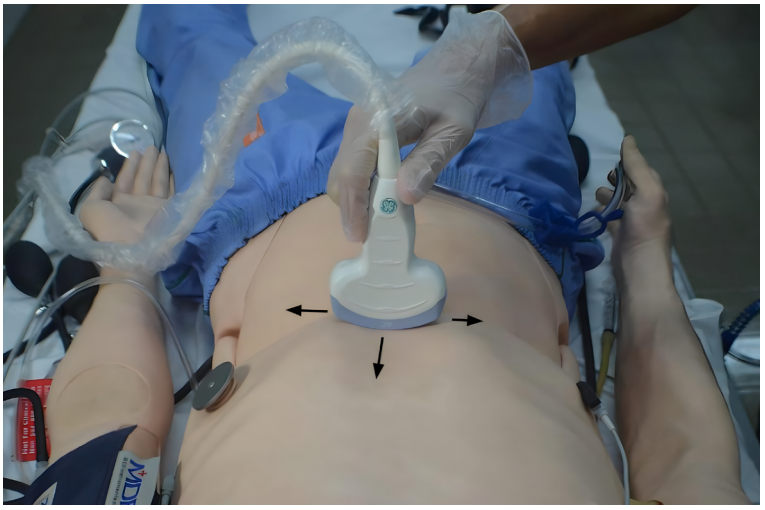
**Figura 8:** Movimentos do transdutor durante a realização de um exame de ultrassonografia




**Deslizar o transdutor**

Deslizar (figura 9) consiste em mover o transdutor em uma direção específica para encontrar ou melhorar o campo de visão da estrutura de interesse.

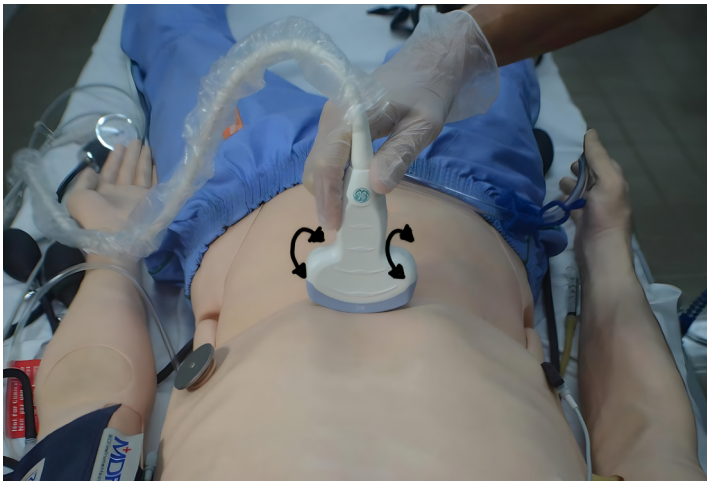
**Figura 9:** Deslizando o transdutor



**Inclinar o transdutor**

Inclinar o transdutor de ultrassom e movê-lo de um lado para o outro em relação ao seu eixo curto (figura 10). A inclinação permitirá o estudo da estrutura de interesse em um plano transversal.

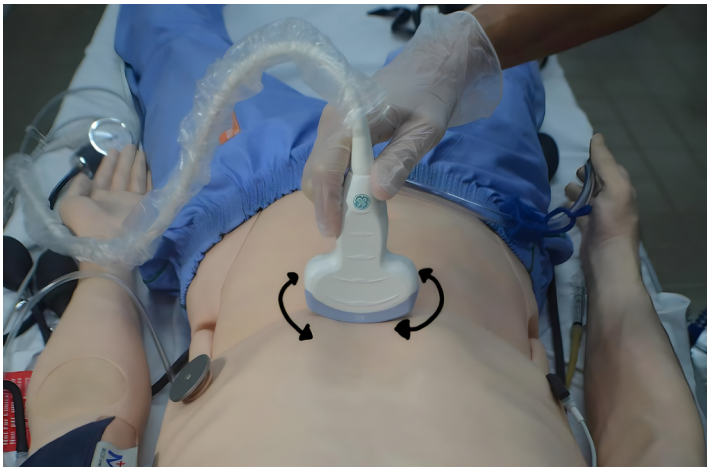
**Figura 10:** Inclinando o transdutor



**Girar o transdutor**

Nesta manobra, o transdutor (figura 11) é rotacionado no sentido horário ou anti-horário ao longo de seu eixo central. A rotação é utilizada para avaliação da estrutura anatômica em seus planos longitudinal e transversal.

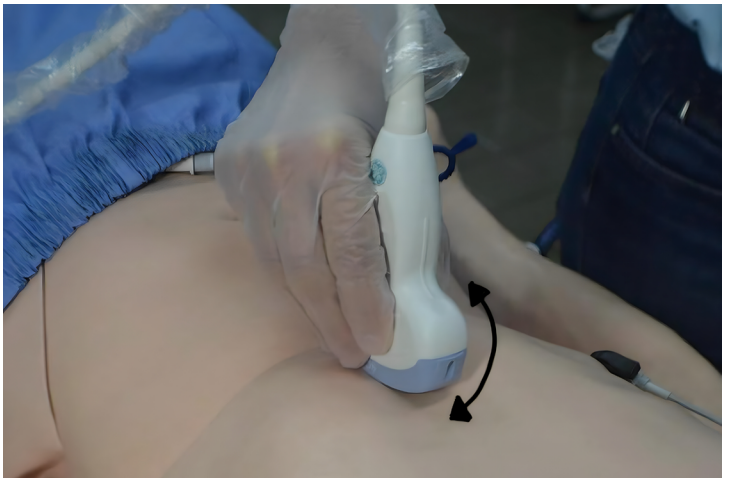
**Figura 11:** Girando o transdutor



**Balançar o transdutor**

Balançar (figura 12) o transdutor de ultrassom corresponde a movimentar o transdutor em direção ao seu indicador ou para longe de seu indicador ao longo do plano longitudinal, permitindo centralizar a área de interesse. Isso também é chamado de movimento “no plano”, porque a imagem é mantida no plano durante toda a manobra.

**Figura 12:** Balançando o transdutor



**Realizar a compressão com o transdutor**

A compressão (figura 13) com o transdutor significa pressioná-lo para baixo. O objetivo é avaliar a compressibilidade de uma estrutura ou um órgão de interesse, e seu uso mais comum é a avaliação da perviedade vascular.

**Figura 13:** Comprimindo a estrutura de interesse com o transdutor



# 4 Posição do indicador (marcador de orientação)

## *4.1 Posição do indicador do transdutor de ultrassonografia (marcador de orientação)*

O "indicador" do transdutor (figura 14) é um marcador de orientação. Pode ser uma reentrância, ranhura, saliência ou marcador luminoso. Esta orientação permite a identificação do posicionamento das estruturas no monitor do equipamento em relação ao plano corporal do paciente.

**Figura 14:** Marcador de orientação do transdutor



### *4.2 Posição do indicador de imagem no monitor do equipamento*

A posição do marcador de orientação estará representada no lado esquerdo da tela (figura 15A) em todos os modos, com exceção do cardíaco. Neste, o marcador de orientação será visto no lado direito da tela (figura 15B).

**Figura 15A:** Marcador no lado ESQUERDO do monitor

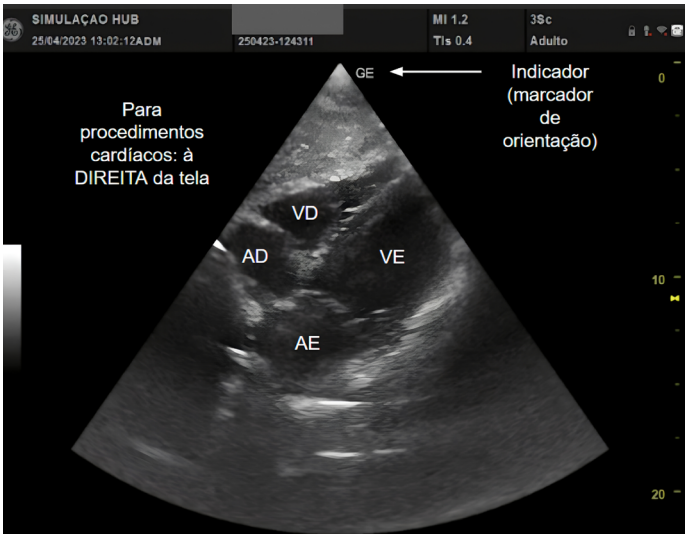
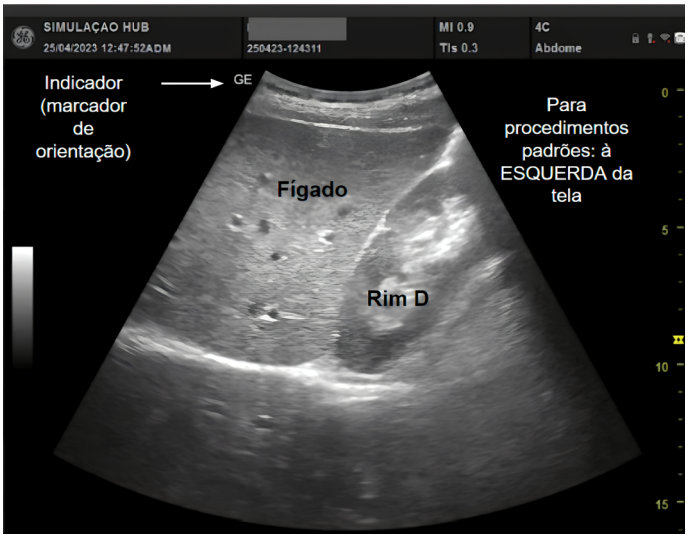


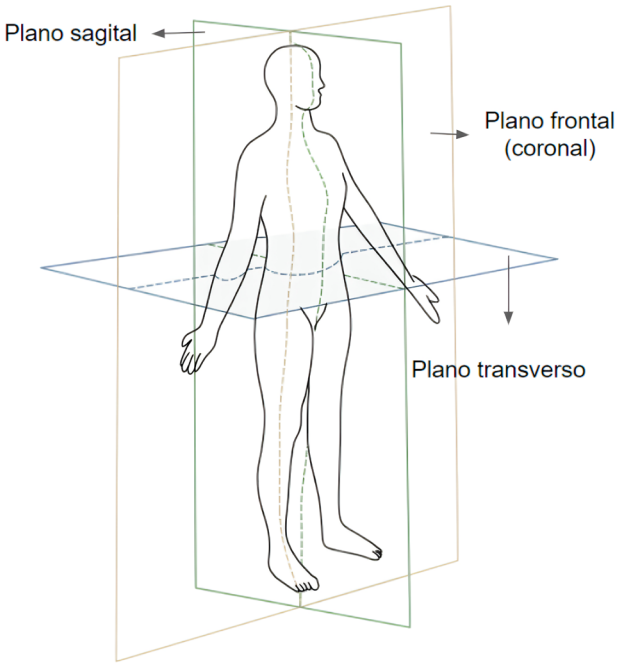

**Figura 15B:** Marcador no lado DIREITO do monitor




## 5 Planos corporais e a orientação da imagem no exame de ultrassonografia

Anatomicamente o corpo é dividido em três planos distintos: sagital, coronal e transversal ou axial (figura 16). Qualquer plano além desses é considerado oblíquo.

**Figura 16:** Planos corporais




## 5.1 Plano sagital

Paralelo ao eixo longo do corpo, separando-o em esquerda e direita.

## 5.2 Plano transversal

Perpendicular ao eixo longo do corpo, dividindo em superior (cefálica) e inferior (caudal).

## 5.3 Plano coronal

Paralelo à sutura coronal. Distingue o corpo em regiões anterior e posterior.

## 5.4 Plano Oblíquo

Planos de imagem oblíquos referem-se a quaisquer planos que determinem uma angulação em relação aos demais planos acima descritos.

## 5.5 Orientação dos planos longitudinal e transversal

Estruturas cilíndricas e não circulares podem ser descritas utilizando-se os termos “eixo transversal” e “eixo longitudinal”.

*Plano longitudinal*: paralelo ao comprimento máximo de uma estrutura.

*Plano transversal*: perpendicular ao eixo longo de uma estrutura.

Importante lembrar que as imagens obtidas durante o exame ultrassonográfico são denominadas cortes e estão embasadas nos planos corporais. Assim, um corte longitudinal é uma imagem obtida paralelamente ao plano corporal sagital. Um corte transversal, por sua vez, consiste em uma imagem obtida paralelamente ao plano corporal transversal (axial). Já um corte coronal é definido pela imagem obtida paralelamente ao plano corporal coronal.

## 6 Instruções e configurações do equipamento de ultrassom: abordagem passo a passo

Todos os equipamentos de ultrassonografia possuem configurações básicas. A seguinte abordagem é sugerida para o início de sua utilização.

**Etapa 1: botão liga/desliga**

Para ligar e desligar o equipamento, aperta-se o símbolo universal (figura 17). É interessante saber que os botões "liga" e "desliga" foram derivados de um sistema de numeração binário onde "0" era para *OFF* e "1" para *ON*. Dessa maneira, foi criado o símbolo universal.

**Figura 17:** Botão universal liga/desliga



**Etapa 2: seleção do transdutor de ultrassom adequado**

Clicar no botão *probe* e selecionar o transdutor adequado ao exame (figura 18). Cada equipamento possui um modo diferente de seleção.

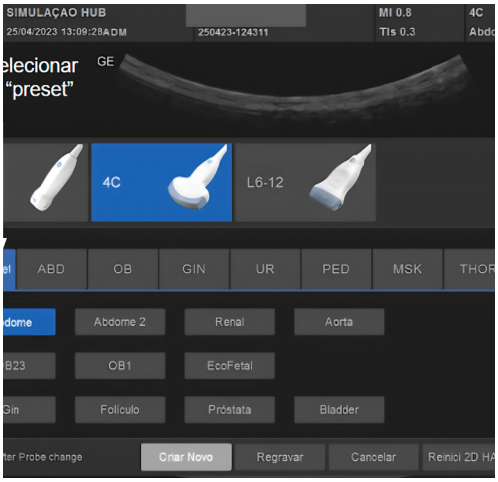
**Figura 18:** Modo para seleção do transdutor adequado




**Etapa 3: predefinição do aplicativo**

A próxima etapa é selecionar o *preset* (protocolo de estudo) indicado para cada transdutor, o qual terá uma lista diferente de protocolos com base em sua frequência e área de cobertura.

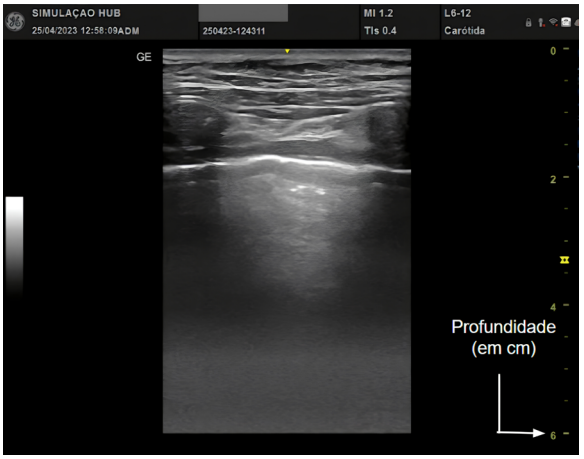
**Figura 19:** Modo para seleção do protocolo de estudo desejado (*preset*)




**Etapa 4: profundidade**

O ajuste do parâmetro “profundidade” se refere à localização da estrutura anatômica que o feixe precisa atingir. À medida que sua configuração aumenta, os números se tornarão maiores em um dos lados da tela (figura 20).

**Figura 20:** Seleção da profundidade




**Etapa 5: ganho (geral) versus brilho**

Ajustar o ganho do exame significa o quão claro ou escuro a imagem aparecerá no monitor. Isso acontece devido a uma maior ou menor intensidade dos sinais de retorno do eco.

**Etapa 6: compensação do tempo de ganho (Time Gain Compensation – TGC)**

A maioria dos equipamentos de ultrassonografia permite que você ajuste o ganho em áreas específicas da tela – "Compensação de tempo de ganho" ou TGC (figura 21).

As linhas superiores da compensação de tempo de ganho controlam o ganho de campo próximo à superfície do monitor e as inferiores controlam o ganho de campo mais distante a ela.

**Figura 21:** Ajuste do tempo de ganho (*TGC*)



**Etapa 7: foco**

Quando o foco é ajustado, o feixe sonoro é direcionado a uma profundidade específica e melhora a resolução da imagem nessa profundidade (figura 22).

**Figura 22:** Ajuste do foco




**Etapa 8: congelar, medir, realizar a captura de imagem/vídeo**

a) Congelar (no equipamento Freeze)

Congela a imagem da tela. Geralmente são armazenados os últimos 10 a 30 segundos das imagens obtidas. Essa função permite percorrer os dados obtidos, rolando o cursor para frente e para trás (figura 23).

**Figura 23:** Congelar a imagem *(Freeze)*




b) Medir

A utilização deste recurso permite fazer as medições necessárias no exame.

c) Realizar a captura de imagem/vídeo

Há equipamentos de ultrassonografia que permitem salvar uma imagem e/ou videoclipe do exame realizado.

# 7 Modos básicos de ultrassom (modo B e modo M)

**Figura 24:** Modo B e modo M




## *7.1 Modo B (modo de brilho) ou modo 2D*

O Modo B (modo de brilho) é uma configuração que cria uma imagem em escala de tons de cinza bidimensional (2D) no monitor do equipamento. Permite a identificação das estruturas anatômicas.

## *7.2 Modo M (modo de movimento)*

O modo M é uma exibição de movimento em relação ao tempo. O movimento é representado pelo eixo Y e o tempo é representado pelo eixo X. Dentre as aplicações comuns para o modo M, estão o cálculo da frequência cardíaca fetal e a avaliação do deslizamento pulmonar.

# 8 Modos Doppler

**Figura 25:** Modo Doppler



## 8.1 Modo Doppler colorido

Este modo permite a identificação em cores do movimento do sangue nas artérias e veias, cujas cores padrões são o vermelho e o azul.

A cor vermelha significa que o sentido do fluxo tem orientação em direção ao transdutor e a cor azul, em direção oposta ao transdutor.

Nem sempre a cor vermelha indica que o vaso é arterial e a cor azul, que o vaso é venoso. Um exemplo é o sangue na veia porta, que é vermelho ao Doppler colorido pois sua orientação, em um paciente hígido, é hepatopetal (em direção ao transdutor).

Etapas do Doppler colorido:

**Etapa 1:** ativar o Doppler colorido;
**Etapa 2:** ajustar a área do Doppler colorido e a angulação da caixa da amostra de acordo com o ângulo de insonação (figura 25);
**Etapa 3:** ajustar a escala do Doppler colorido (figura 26);
**Etapa 4:** ajustar o ganho do Doppler colorido.

**Figura 26:** Ajuste do ângulo de insonação

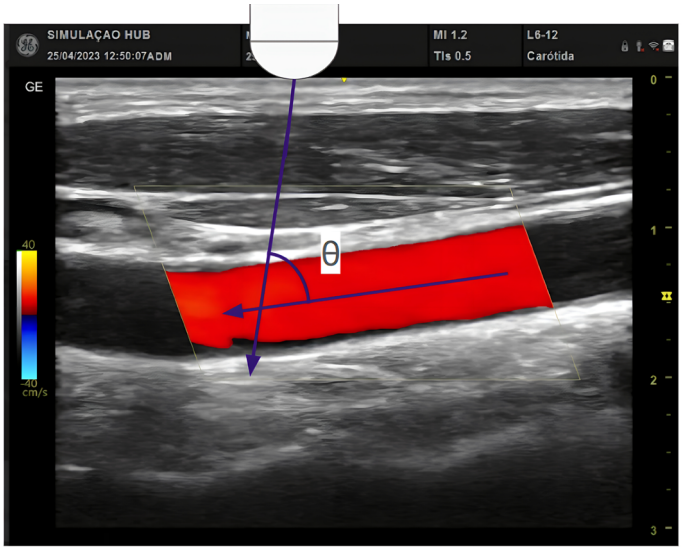
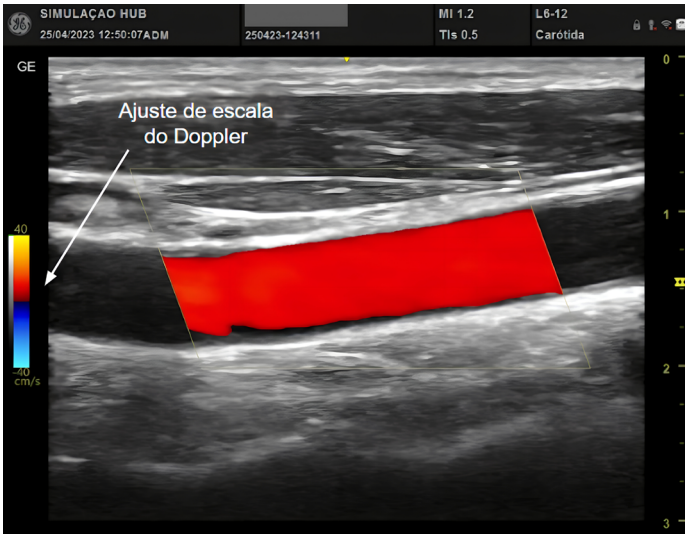


**Figura 27:** Ajuste da escala de ganho do modo Doppler colorido




## *8.2 Modo Power Doppler*

Existe um modo semelhante ao Doppler colorido chamado Power Doppler. Esse modo não aparece como vermelho ou azul na tela. É identificado em tons de amarelo e laranja e determina a amplitude do fluxo local, e não seu sentido. É mais sensível que o Doppler colorido e é utilizado para detectar sinais de baixo fluxo.

Capítulo 3

# Focused Cardiac Ultrasound (FoCUS)

*Giuliane da Silva Dahmer*

## 1 Introdução

O POCUS cardíaco ou Focused Cardiac Ultrasound (FoCUS) é um exame simplificado, utilizado na investigação diagnóstica de forma sequencial e rápida. As perguntas que devem ser respondidas pelo FoCUS são:

- derrame pericárdico: presente ou ausente;
- Veia Cava Inferior (VCI): variabilidade do diâmetro;
- Ventrículo Direito (VD): tamanho em relação ao ventrículo esquerdo;
- Ventrículo Esquerdo (VE): contratilidade.

Na prática, a variação do diâmetro da VCI auxilia na estimativa volêmica. O aumento do VD em relação ao VE pode sugerir hipertensão pulmonar e/ou tromboembolismo pulmonar (TEP). Um VE que apresenta hipocontratilidade pode aventar falência de bomba cardíaca, enquanto um VE hiperdinâmico, que acarreta o contato das paredes durante a sístole *(“kissing walls”)*, pode sugerir hipovolemia.

## 2 Equipamento necessário

O transdutor utilizado é o de baixa frequência (setorial).

**Figura 1:** Transdutor setorial

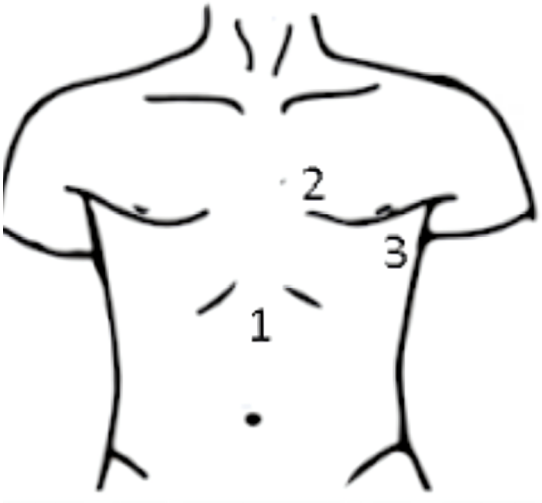
UnB | HUB



No FoCUS, há quatro janelas acústicas:

- paraesternal esquerda: eixo longo (entre o segundo e o quarto espaço intercostal esquerdo com a orientação do transdutor para o ombro direito);
- paraesternal esquerda: eixo curto (entre o segundo e o quarto espaço intercostal esquerdo com a orientação do transdutor para o ombro esquerdo);
- apical: quatro câmaras, cinco câmaras, duas câmaras e três câmaras (transdutor posicionado no ictus cardíaco, com a orientação do transdutor voltada para a esquerda do paciente);
- subcostal ou subxifoide: transdutor posicionado na região subxifoide, com a orientação do transdutor para a esquerda do paciente.

**Figura 2:** 1 – Janela subcostal ou subxifoide;
2 – Paraesternal eixo longo/eixo curto; 3 – Apical




## 3 Janela subcostal ou subxifoide

Inicia-se pela janela subcostal para identificação de derrame pericárdico. O transdutor setorial é posicionado na região subxifoide (com o índice para a esquerda do paciente) apontando para o ombro esquerdo do paciente. Observa-se, então, uma imagem seccional do coração demonstrando as quatro câmaras cardíacas.

Nesta janela, identificam-se o Átrio Direito (AD) e Ventrículo Direito (VD) anteriormente e as câmaras esquerdas posteriormente, investigando-se derrame pericárdico, tamponamento cardíaco, tamanho das cavidades ventriculares e a função cardíaca.

**Figura 3:** Janela subxifoide ou subcostal



**Figura 4:** Representação da imagem cardíaca na janela subxifoide

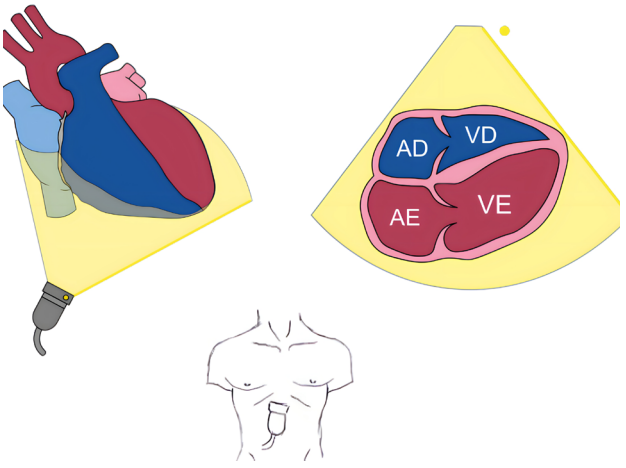
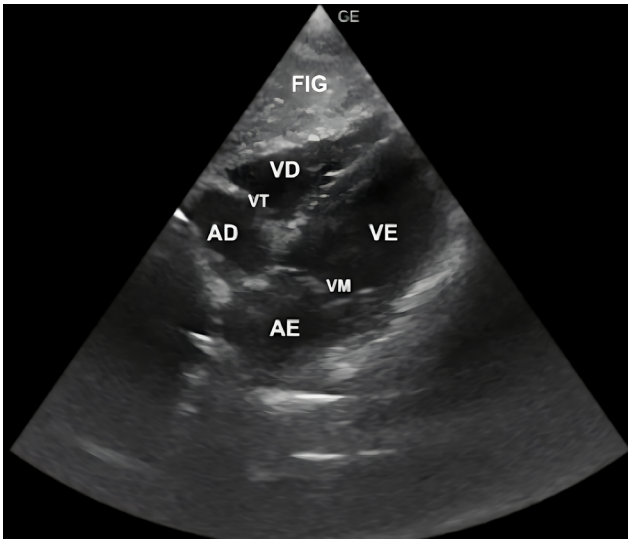
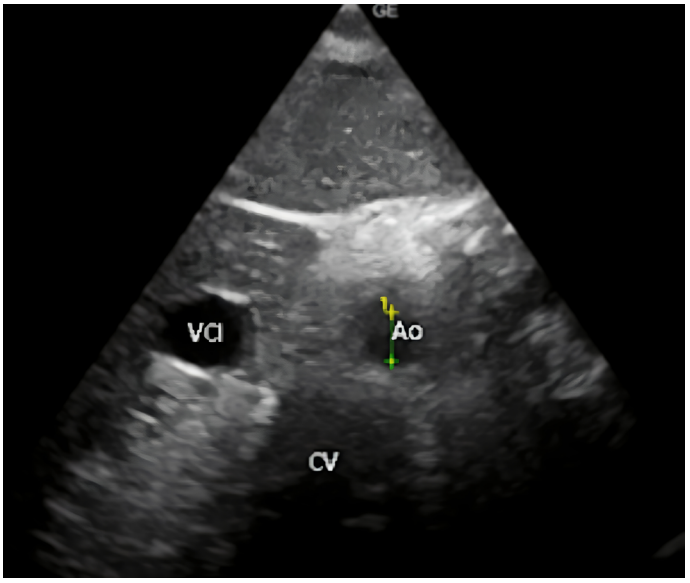



**Figura 5:** AE – Átrio Esquerdo; AD – Átrio Direito; FIG – Fígado; VD – Ventrículo Direito; VE – Ventrículo Esquerdo; VM – Valva Mitral; VT – Valva Tricúspide



Para se identificar a VCI, o transdutor deve ser posicionado no corte transversal, imediatamente abaixo do apêndice xifoide, buscando-se visualizar o corpo vertebral (ao centro da tela) com duas estruturas nas laterais, sendo a aorta abdominal à direita e a VCI à esquerda (figura 6). Após a identificação dessa imagem, o transdutor é girado a 90º com o marcador orientado cranialmente (figura 7).

**Figura 6:** Janela subcostal ou subxifoide com transdutor na posição transversal




VCI – Veia Cava Inferior; Ao – Aorta Abdominal; CV – Corpo Vertebral

**Figura 7:** Janela subxifoide ou subcostal, em corte longitudinal, para avaliação da Veia Cava Inferior (VCI)



**Figura 8:** Representação da imagem na janela subxifoide para avaliação da VCI

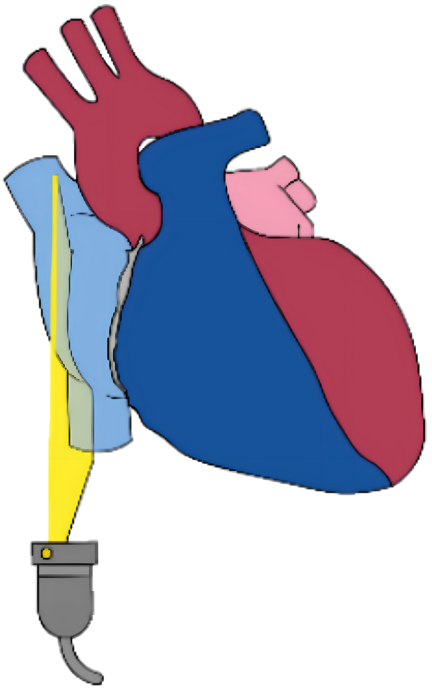
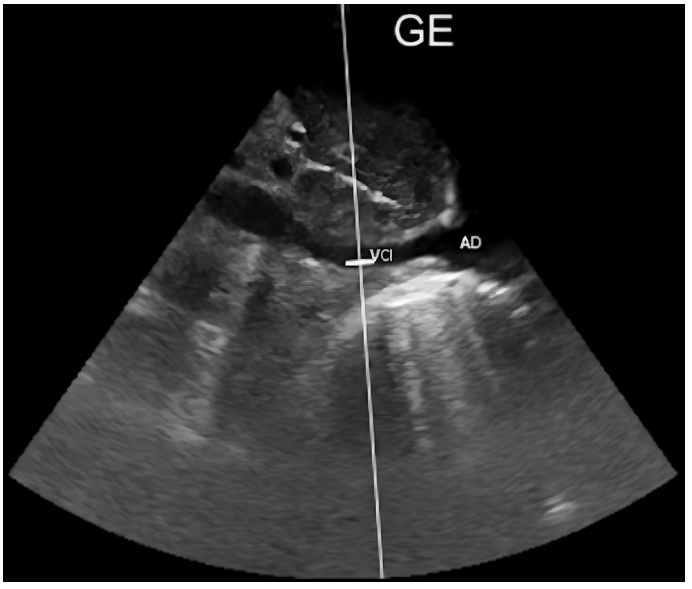


**Figura 9:** Imagem longitudinal para avaliação da veia cava inferior




AD – Átrio Direito; VCI – Veia Cava Inferior

## 4 Janela paraesternal esquerda – eixo longo

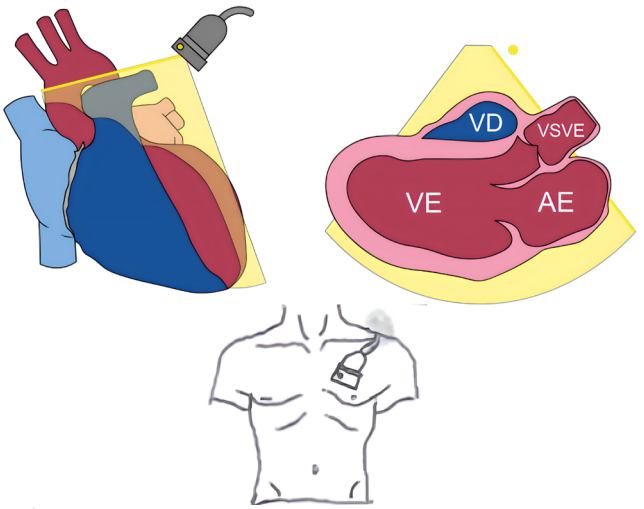
O transdutor é posicionado entre o segundo e o quarto espaço intercostal, com o marcador orientado para o ombro direito do paciente.

O coração é visto em um corte longitudinal, onde observam-se o ventrículo direito (VD), o septo interventricular, a raiz da aorta, a parede posterior do ventrículo esquerdo (VE), o átrio esquerdo (AE) e as valvas mitral e aórtica.

**Figura 10:** Janela paraesternal eixo longo

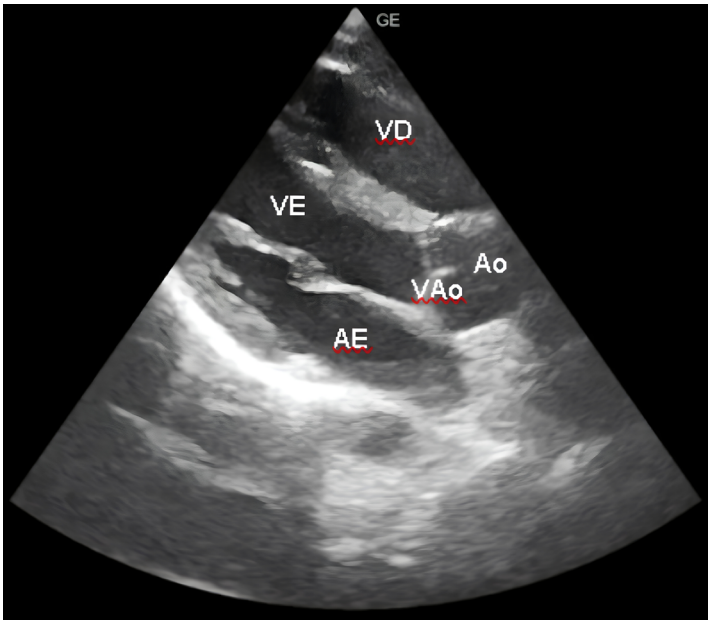


**Figura 11:** Representação da janela paraesternal eixo longo



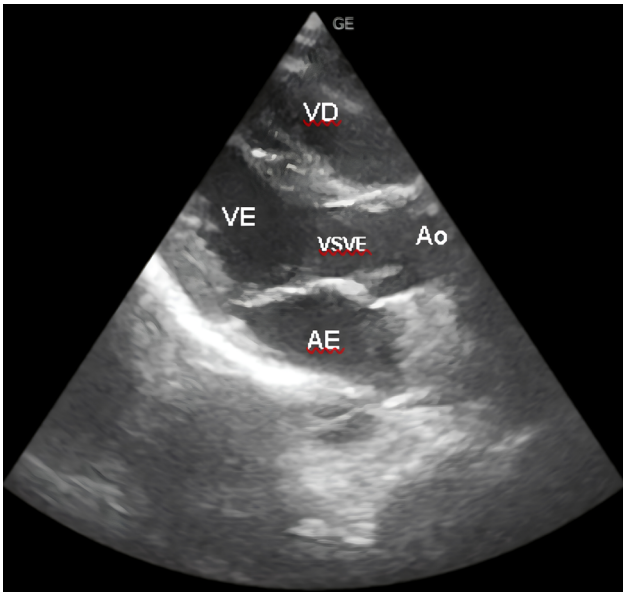

AE – Átrio Esquerdo; VD – Ventrículo Direito; VE – Ventrículo Esquerdo;
VSVE – Via de Saída do Ventrículo Esquerdo

**Figura 12:** Janela paraesternal eixo longo




AE – Átrio Esquerdo; Ao – Aorta; VD – Ventrículo Direito; VE – Ventrículo Esquerdo; VAo – Valva Aórtica

**Figura 13:** Janela paraesternal eixo longo




AE – Átrio Esquerdo; Ao – Aorta; VD – Ventrículo Direito; VE – Ventrículo Esquerdo; VSVE – Via de Saída do Ventrículo Esquerdo

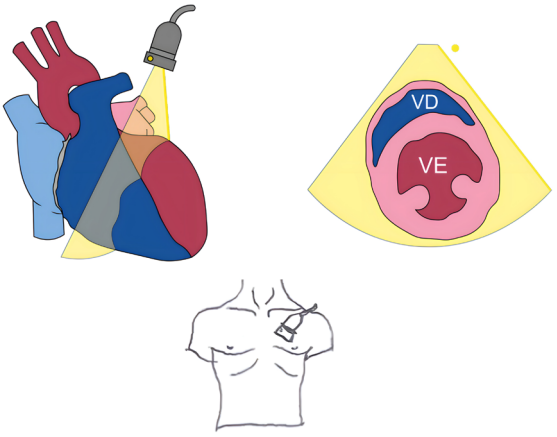
## 5 Janela Paraesternal Eixo Curto

Com o transdutor localizado para obtenção do eixo longo, realiza-se a rotação de 90º em sentido horário (marcador orientado para o ombro esquerdo), obtendo-se o eixo curto (figura 15). Inclinando-se o transdutor no sentido craniocaudal são obtidas imagens do anel mitral, dos músculos papilares e do ápice do ventrículo esquerdo (VE).

**Figura 14:** Janela paraesternal eixo curto



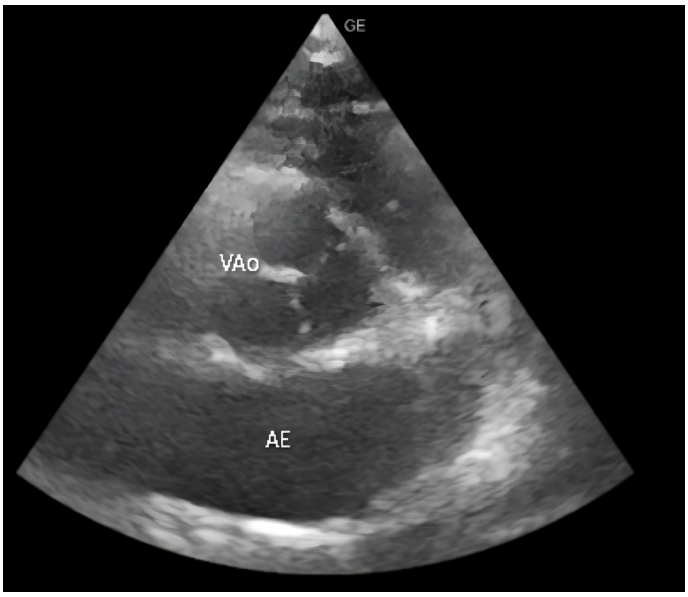
**Figura 15:** Representação da janela paraesternal eixo curto




No plano de corte axial da base cardíaca, é observado o anel valvar aórtico, formando uma imagem em “Y” ou “sinal da Mercedes Benz” (figura 17). Ao deslizar o transdutor no

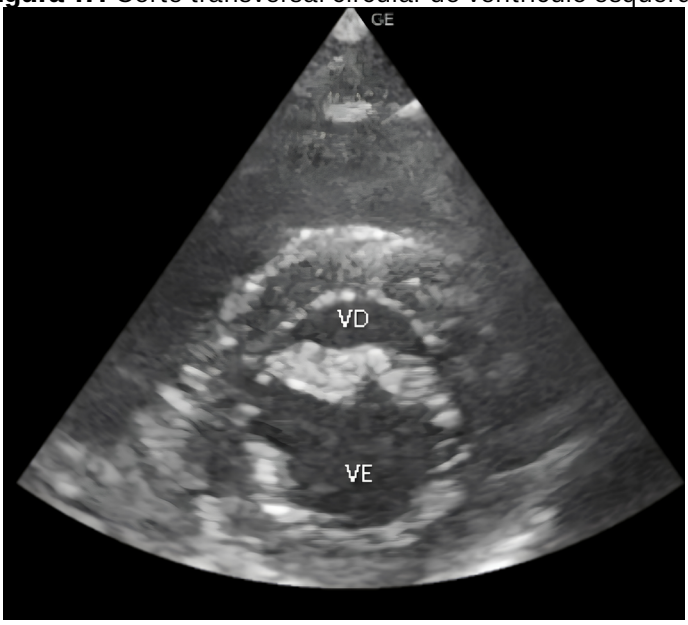
sentido caudal, encontra-se um corte transversal circular do VE, onde é identificada a valva mitral (VM), que assume o formato de “boca de peixe” (figura 18), e os músculos papilares.

**Figura 16:** Anel valvar aórtico formando o sinal da “Mercedes Benz”




AE – Átrio Esquerdo; VAo – Valva Aórtica

**Figura 17:** Corte transversal circular do ventrículo esquerdo




VD – Ventrículo Direito; VE – ventrículo Esquerdo

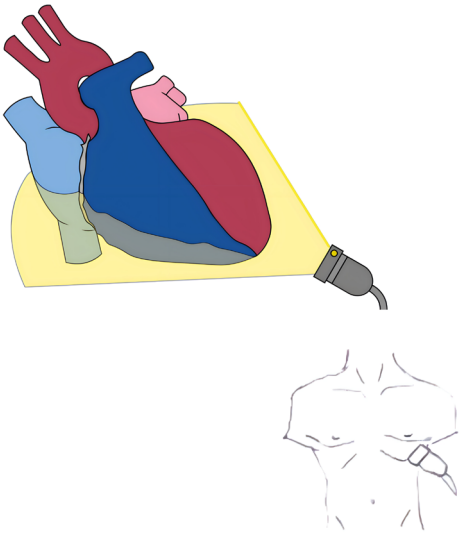
## 6 Janela Apical

O transdutor é posicionado no *ictus* do paciente, com o marcador orientado para a esquerda. Nesta janela, realizam-se os cortes apicais de quatro e cinco câmaras. Ao identificar as quatro câmaras cardíacas, angula-se o transdutor cranialmente e encontra-se a quinta câmara, isto é, a raiz aórtica.

**Figura 18:** Janela apical



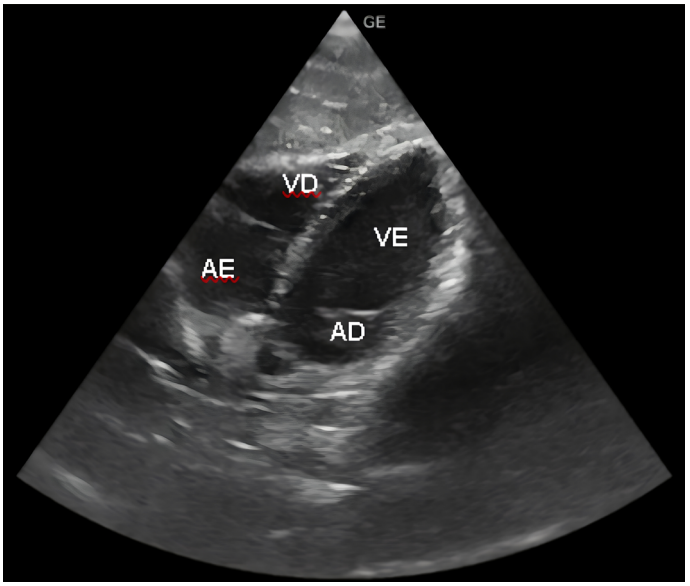
**Figura 19:** Representação da janela apical de quatro câmaras



As câmaras ventriculares estão localizadas na parte superior do monitor, enquanto as câmaras atriais aparecem na parte inferior. As dimensões do VD devem ser avaliadas no corte de quatro câmaras, no final da diástole. A relação dos diâmetros de VD/VE é considerada alterada acima de 0,6.

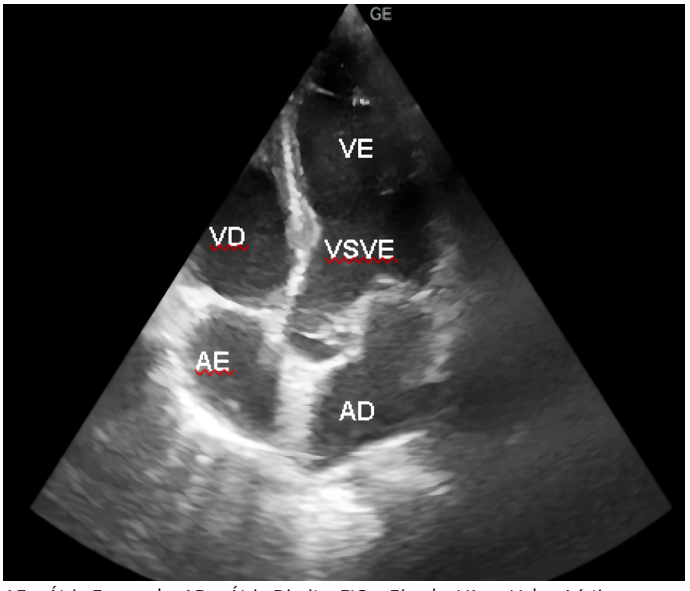
Na janela apical de cinco câmaras, o transdutor é deslocado cranialmente para aquisição da imagem da raiz da aorta.

**Figura 20:** Janela apical de quatro câmaras




AE – Átrio Esquerdo; AD – Átrio Direito; FIG – Fígado; VD – Ventrículo Direito;
VE – Ventrículo Esquerdo

**Figura 21:** Janela apical de cinco câmaras




AE – Átrio Esquerdo; AD – Átrio Direito; FIG – Fígado; VAo – Valva Aórtica;
VD – Ventrículo Direito; VE – Ventrículo Esquerdo;
VSVE – Via de Saída do Ventrículo Esquerdo

## 7 Caso Clínico

L.P.S, sexo masculino, 19 anos, natural de Barreiras-BA, sem comorbidades prévias. Há cerca de seis meses, iniciou quadro de fadiga associada a poliartralgia e edema articular, perda de peso, úlceras orais e linfonodomegalia em região cervical anterior e axilar. Há quatro meses, iniciou quadro de dor torácica em pontada, principalmente no hemitórax esquerdo, de moderada intensidade, sem irradiação, que melhorava com a flexão ventral do tronco. Na última semana, devido à piora da dor torácica e ao aparecimento de dispnéia, foi internado.

Na admissão, apresentava dor torácica (Escala Visual Analógica – EVA 8/10), ventilatório-dependente, hipotensão e taquicardia. No exame físico, apresentava crepitações em bases pulmonares, bilateralmente, e bulhas cardíacas abafadas, além de edema em membros inferiores (+/4+) e discreta turgência jugular (+/4+). Foi realizado um eletrocardiograma (ECG) que demonstrou complexo QRS com baixa amplitude.

Executou-se uma investigação com os protocolos BLUE e FoCUS. No protocolo BLUE, foram evidenciadas linhas B em ambos os hemitóraces (figura 20). No FoCUS, a janela subxifoide apresentava imagem anecoica circundando o coração, compatível com derrame pericárdico (figura 21). Além disso, é possível observar a VCI ingurgitada (figura 22).

O quadro clínico com hipotensão refratária, turgência de jugular, bulhas hipofonéticas e baixa voltagem do QRS caracterizam o choque cardiogênico. A causa foi identificada por meio do FoCUS e a conduta, guiada pelo exame.

**Figura 22:** Imagem obtida pelo protocolo BLUE – predomínio de padrão B em hemitóraces

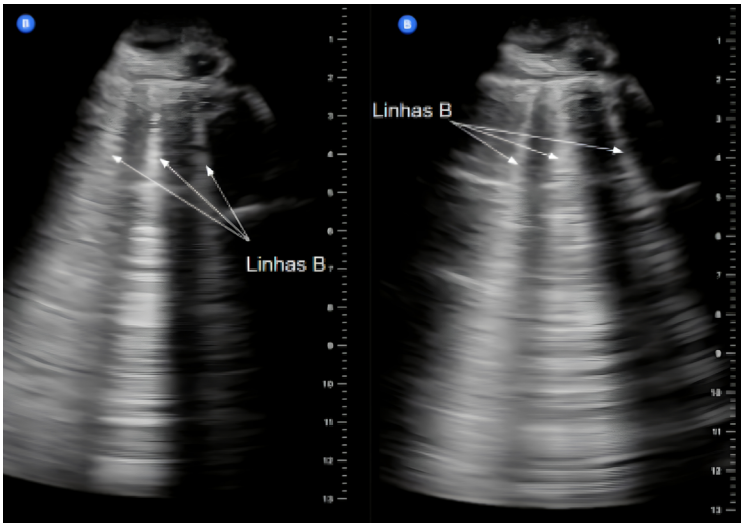
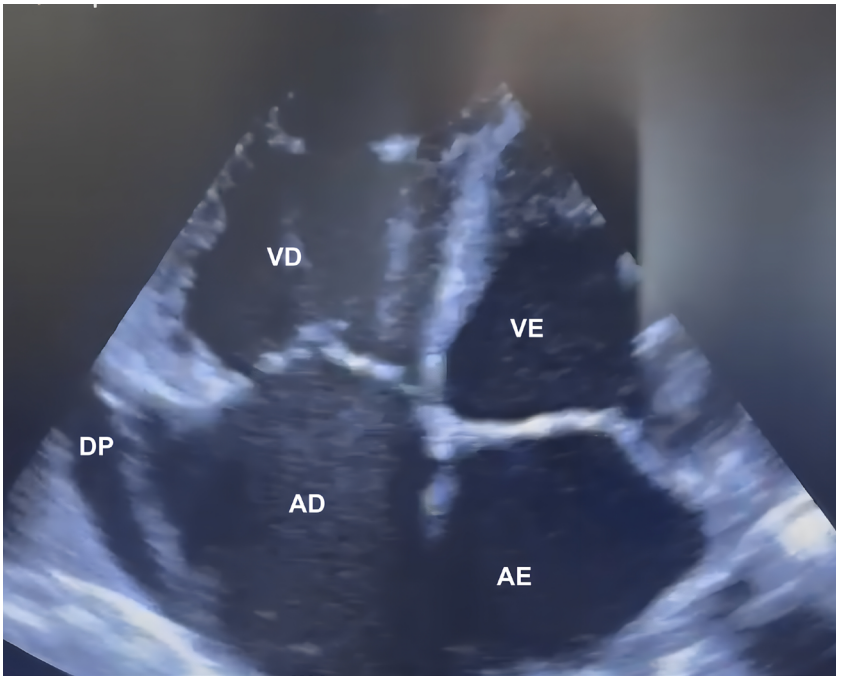
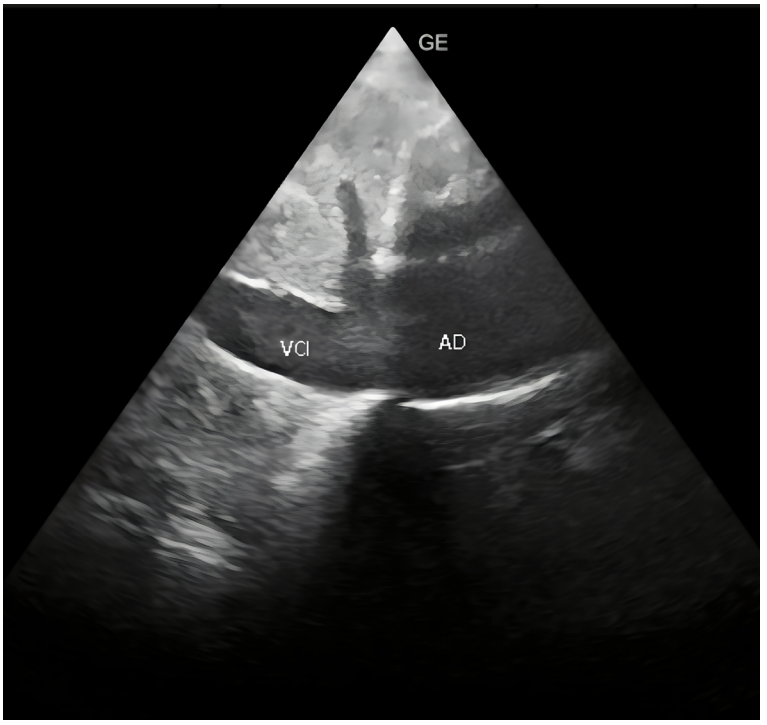


**Figura 23:** Janela subxifoide




AE – Átrio Esquerdo; AD – Átrio Direito; DP – Derrame Pleural; VD – Ventrículo Direito; VE – Ventrículo Esquerdo

**Figura 24:** Janela subxifoide, corte longitudinal




AD – Átrio Direito; VCI – Veia Cava Inferior

## 8 Referências

APPLETON, Christopher; GILLAM, Linda; KOULOGIANNIS, Konstantinos. Cardiac Tamponade. Cardiology Clinics, Elsevier BV, [s. l.], v. 35, n. 4, p. 525-537, nov. 2017.

LABOVITZ, Arthur J.; NOBLE, Vicki E.; BIERIG, Michelle; GOLDSTEIN, Steven A.; JONES, Robert; KORT, Smadar; PORTER, Thomas R.; SPENCER, Kirk T.; TAYAL, Vivek S.; WEI, Kevin. Focused Cardiac Ultrasound in the Emergent Setting: a consensus statement of the american society of echocardiography and american college of emergency physicians. Journal of the American Society of Echocardiography, [s. l.], v. 23, n. 12, p. 1225-1230, dez. 2010. Elsevier BV.

MELLO, Claudia F.; MASSAI, Irineu; ADACHI, Caroline T.; IANONI, Clarissa P.; MENDES, Monah F.; SCARTEZZINI, Naira A.; GORZONI, Milton L. Apresentação rara de lúpus eritematoso sistêmico: tamponamento cardíaco. Arq Med Hosp Fac Cienc Med Santa Casa São Paulo, São Paulo, v. 52, n. 3, p. 114-6, 2007.

MITCHELL, Carol; RAHKO, Peter S.; BLAUWET, Lori A.; CANADAY, Barry; FINSTUEN, Joshua A.; FOSTER, Michael C.; HORTON, Kenneth; OGUNYANKIN, Kofo O.; PALMA, Richard A.; VELAZQUEZ, Eric J. Guidelines for Performing a Comprehensive Transthoracic Echocardiographic Examination in Adults: recommendations from the american society of echocardiography. Journal of the American Society of Echocardiography, Elsevier BV, [s. l.], v. 32, n. 1, p. 1-64, jan. 2019.

SAITO, Yuji; DONOHUE, Amanda; ATTAI, Sherwin; VAHDAT, Arash; BRAR, Ramandeep; HANDAPANGODA, Iroshan; CHANDRARATNA, P. Anthony. The Syndrome of Cardiac Tamponade with “Small” Pericardial Effusion. Echocardiography: A Journal of Multimodality Cardiovascular Imaging, Wiley, [s. l.], v. 25, n. 3, p. 321-327, out. 2007.

SPENCER, Kirk T.; FLACHSKAMPF, Frank A. Focused Cardiac Ultrasonography. Jacc: Cardiovascular Imaging, Elsevier BV, [s. l.], v. 12, n. 7, p. 1243-1253, jul. 2019.

VELASCO, Irineu T.; ALENCAR, Júlio C.G.; PETRINI, Carla A. Procedimentos com ultrassom no pronto-socorro. 1. ed. Barueri: Manole, 2021.

Capítulo 4

# Ultrassonografia de tórax e protocolo BLUE (Bedside Lung Ultrasound in Emergency)

*Raquel Aziz Batista*
*Marize Teixeira Vitório*
*Sergio Ricardo Menezes Mateus*
*Neysa Aparecida Tinoco Regattieri*

## 1 Introdução

A dispneia e a insuficiência respiratória aguda compõem grandes síndromes clínicas presentes no Departamento de Emergência (DE) e nas Unidades de Terapia Intensiva (UTI). Frequentemente, realizar seus diagnósticos é um exercício complexo na prática clínica, e a ultrassonografia de tórax surge como um importante auxílio para a tomada de decisão clínica em situações de dúvidas após o exame físico[1].

Nesse contexto, o procedimento ganhou espaço na investigação etiológica do desconforto respiratório, fazendo parte de um dos principais protocolos sistematizados para essa finalidade: o protocolo BLUE (bedside lung ultrasound in emergency).

O protocolo BLUE possui uma acurácia de 90,5% para auxiliar no diagnóstico da insuficiência respiratória aguda e o tempo de execução do exame é de aproximadamente três minutos[2].

Ele foi desenvolvido diante de um estudo de 330 pacientes consecutivos com insuficiência respiratória aguda, admitidos em UTI, apresentando sensibilidade e especificidade em torno de 94 a 100% para diagnóstico das principais etiologias associadas, tais como derrame pleural, pneumotórax e pneumonias (imagem de consolidação pulmonar associada a quadro clínico compatível).[2]

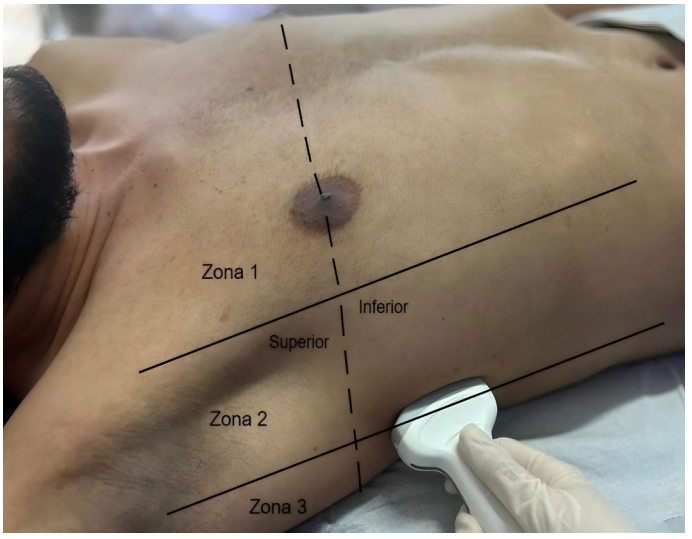
# 2 Técnica do exame e equipamento necessário – transdutor

Tanto o transdutor de alta frequência (linear) quanto o de baixa frequência (convexo) podem ser utilizados na ultrassonografia do tórax. O linear oferece maior definição de estruturas mais superficiais, sendo a melhor opção para avaliar alterações na parede torácica e na pleura. O transdutor convexo avalia estruturas mais profundas, como os recessos costofrênicos e o parênquima pulmonar.

## *2.1 Anatomia do tórax*

O hemitórax pode ser dividido em seis grandes zonas de avaliação ultrassonográfica, que é realizada por meio das linhas axilar anterior, axilar posterior e intermamilar, como visto na figura 1.

**Figura 1:** Divisão do hemitórax

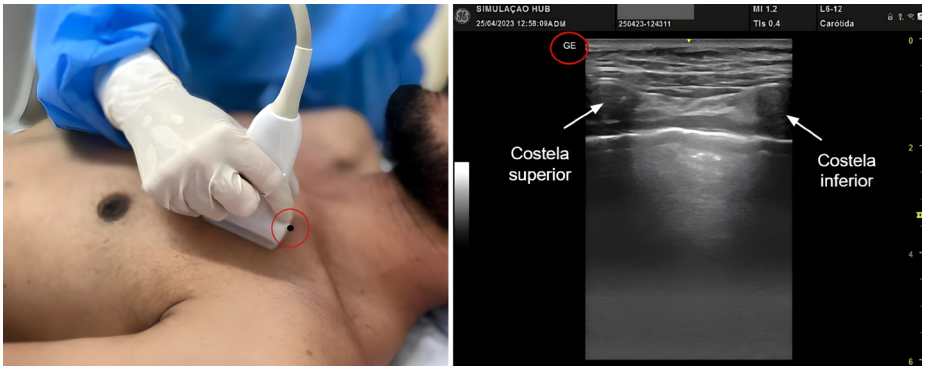



No protocolo BLUE, seis áreas no tórax são avaliadas, descritas posteriormente (figura 8).[3]

## *2.2 Posição do transdutor*

Para que se obtenha uma imagem longitudinal do paciente, preconiza-se que o marcador do transdutor esteja orientado na direção craniocaudal, paralela ao plano médio sagital4. Ou seja, veremos a imagem cranial à esquerda e a imagem caudal à direita do monitor, como ilustrado na figura 2.

**Figura 2:** Orientação do transdutor no exame

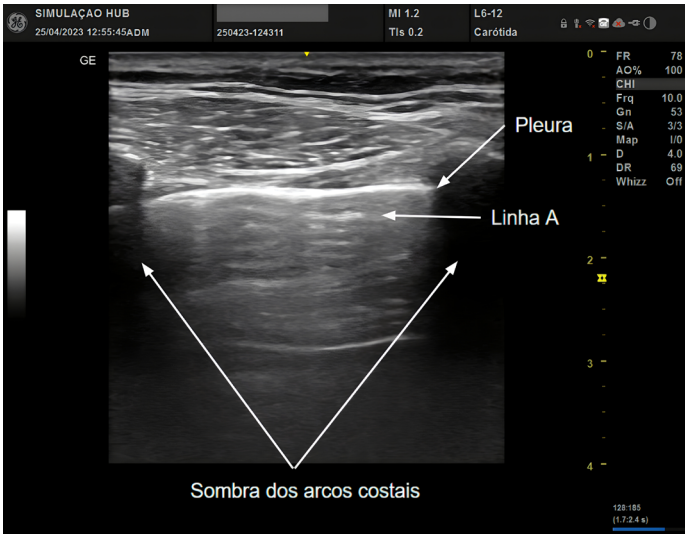



## 3 Achados normais de imagem

Após selecionada a área do tórax a ser avaliada, o transdutor é posicionado longitudinalmente, com a marcação na direção cranial4. Inicialmente, procura-se a linha pleural, reproduzida por uma linha hiperecogênica com reverberação posterior. As pleuras visceral e parietal deslizam entre si durante o movimento respiratório formando uma imagem dinâmica conhecida como deslizamento pleural (*lung sliding*). Abaixo das pleuras, o ar presente no pulmão interage com a imagem pleural formada e produz artefatos de reverberação, denominadas linhas A (figura 3), paralelas à pleura, hiperecogênicas e equidistantes entre si, demonstrando a presença de ar naquele local. O deslizamento pleural associado às linhas A é um achado normal e sua ausência sugere alterações na anatomia e/ou na função pulmonar.

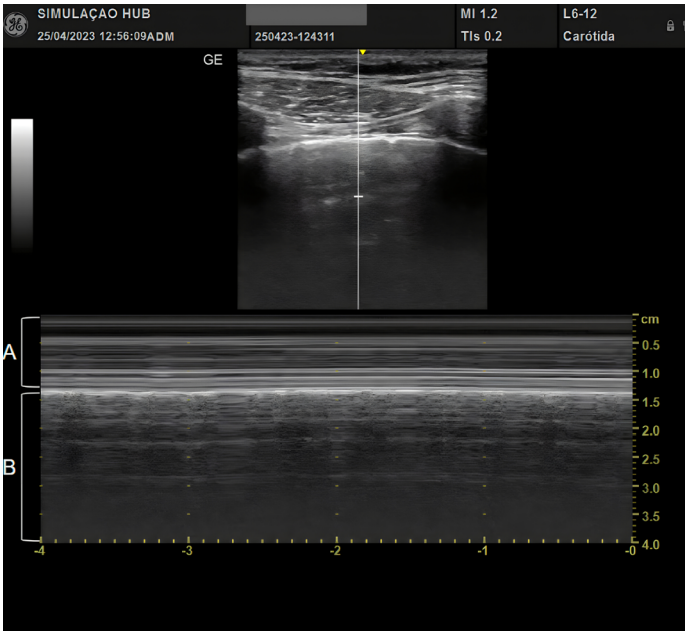
Nessa mesma posição são detectadas duas costelas e o espaço intercostal, onde a pleura é identificada (figura 3).

**Figura 3:** Pleura e linhas A



Ao selecionar o modo M (motion) no equipamento para avaliação dinâmica da movimentação pleuropulmonar, a imagem normal é denominada “sinal da praia” (figura 4). Na figura 4, veem-se duas regiões diferentes separadas por uma linha hiperecogênica (pleura): a região A corresponde a imagem da parede torácica que, pela ausência de movimentos, aparece como linhas horizontais fixas no modo M (“horizonte/ondas do mar”). A região B corresponde à reverberação da pleura que, por ter movimentação (deslizamento), aparece como um granulado (“areia da praia”).

**Figura 4:** Sinal da praia



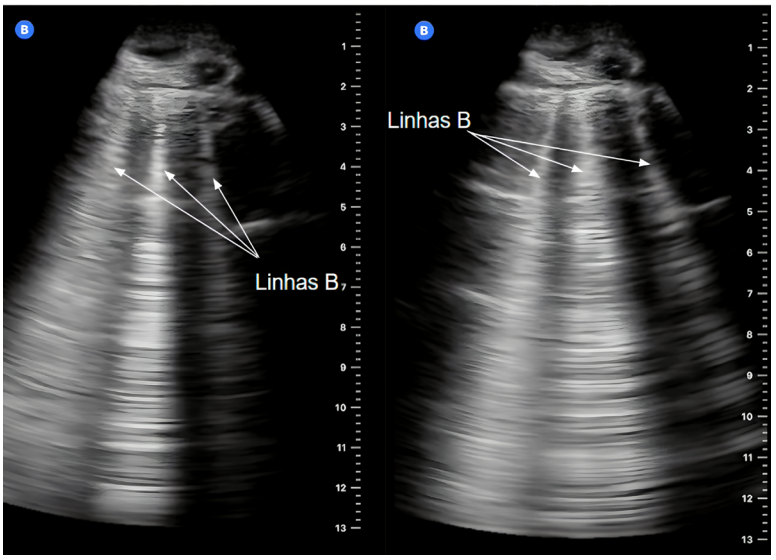

# 4 Síndromes clínicas e achados anormais

## *4.1 Síndrome intersticial*

As ondas sonoras se propagam no interstício formando os artefatos denominados linhas B, que representam o processo instersticial2,3. Eles são vistos como feixes hiperecogênicos a partir do eco pleural, no sentido anteroposterior da imagem, e que obrigatoriamente apagam as linhas A, como visto na figura 5. A existência de duas linhas B por espaço intercostal é considerada um achado normal. Quando há mais de duas linhas B por espaço intercostal, inferem-se alterações intersticiais[2].

É importante observar o padrão das linhas B, dado que pode sugerir várias hipóteses diagnósticas, dentre elas, o edema pulmonar.

**Figura 5:** Linhas B




### *4.1.1. Consolidação*

A consolidação por pneumonia, no exame de ultrassonografia, é identificada como imagem hipoecogênica (representando o parênquima pulmonar comprometido) com áreas hiperecogênicas de permeio (broncograma aéreo).

### *4.1.2. Atelectasia*

Atelectasia é o colapso pulmonar com perda da aeração. A imagem ultrassonográfica da atelectasia é semelhante à consolidação. A diferença entre as duas é a presença do broncograma aéreo dinâmico, visto na consolidação. Na atelectasia, podemos observar broncograma aéreo, porém estático. A atelectasia secundária a derrame pleural, a depender de seu volume, pode formar uma imagem triangular (segmento pulmonar "boiando") denominada *jellyfish* (sinal da água viva), como visto na figura 7.

## *4.2 Pneumotórax*

Pneumotórax é a presença de ar no espaço pleural. A imagem ultrassonográfica característica é composta pelos seguintes achados:

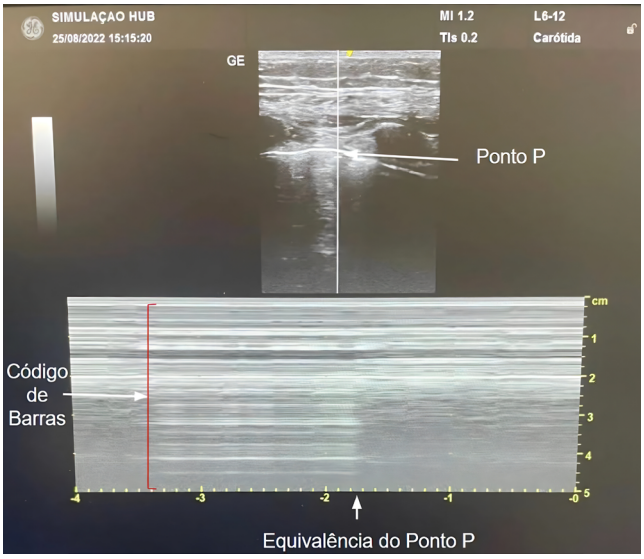
- ausência de deslizamento pleural;
- presença de linhas A;
- presença do ponto pulmonar (ponto P).

Com o transdutor (linear ou convexo), é realizada a varredura dos espaços intercostais (EIC), na região anterior do tórax. O primeiro passo é a avaliação do deslizamento pleural (*lung sliding*) e identificação das linhas A. Frente à ausência de deslizamento pleural e à presença

de linhas A, procura-se o ponto pulmonar (ponto P). O ponto pulmonar é a localização entre o deslizamento pleural e a sua ausência. Nele, observamos o exato local onde o deslizamento pleural desaparece. Se o ponto P estiver presente, confirma-se a existência de pneumotórax.

O ponto P, no modo M (*movimento*), é o local do encontro entre as linhas horizontais paralelas, denominadas "sinal da estratosfera" ou do "código de barra", com o "sinal da praia" (figura 6).

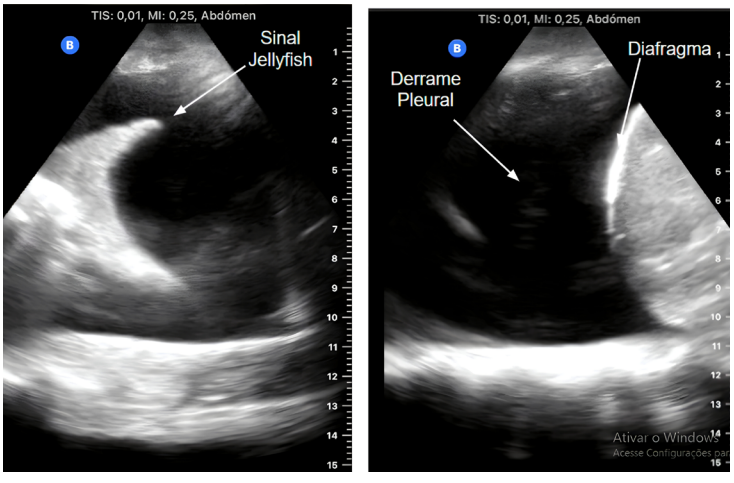
**Figura 6:** Ponto P




## 4.3 Derrame pleural

O exame de ultrassonografia no derrame pleural tem como objetivos o diagnóstico e a intervenção. A imagem formada pelo derrame pleural é, geralmente, anecoica (figura 7), a depender de seu conteúdo.

**Figura 7:** Derrame pleural e sinal *jellyfish*



## 5 O protocolo BLUE

O protocolo BLUE foi estudado e validado como ferramenta complementar no diagnóstico sindrômico da insuficiência respiratória aguda. Foram estabelecidos seis pontos de avaliação no tórax (três em cada hemitórax), como representado na figura 8, além da avaliação ultrassonográfica venosa dos membros inferiores, à procura de sinais de trombose venosa profunda (TVP), como visualizado na figura 9.[3]

Para localização dos pontos de investigação, as mãos são posicionadas espalmadas sobre o hemitórax do paciente, com o quinto dedo da mão esquerda logo abaixo da clavícula, a mão direita justaposta e o seu primeiro dedo sobreposto à mão esquerda, conforme demonstrado na figura 8A. O ponto denominado PLAPS significa "síndrome pleural e/ou alveolar posterolateral" (*posterolateral alveolar and/or pleural syndrome*) e localiza-se no dorso do paciente, na intersecção de uma linha horizontal imaginária que cruza o ponto inferior do hemitórax com a linha axilar posterior, como visto na figura 8B.

Inicia-se a avaliação pelos pontos na região anterior do tórax, finalizando no PLAPS. A avaliação do protocolo segue o fluxograma (figura 10), conforme os perfis:

- Perfil A: presença de linhas A com deslizamento pleural
- Perfil A': presença de linhas A sem deslizamento pleural
- Perfil B: presença de linhas B com deslizamento pleural
- Perfil B': presença de linhas B sem deslizamento pleural
- Perfil AB: presença de linhas A e linhas B com ou sem deslizamento pleural
- Perfil C: presença de consolidação com ou sem deslizamento pleural

**Figura 8:** Pontos de avaliação do tórax

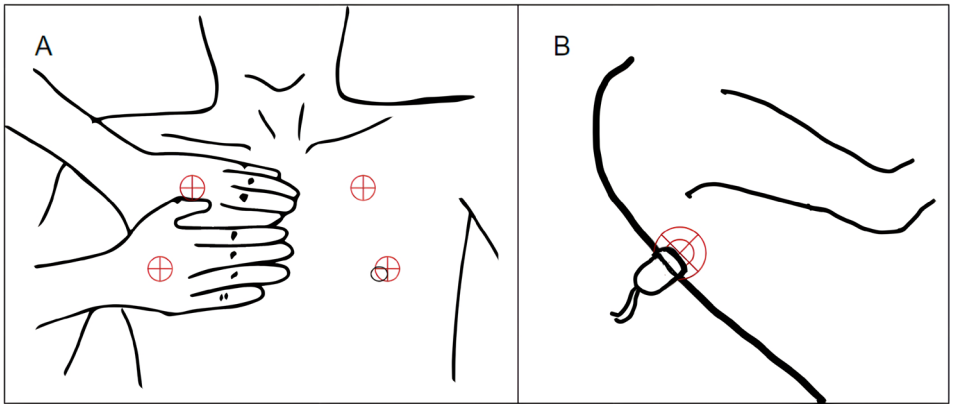


**Figura 9:** Pontos de avaliação das veias femoral e poplítea

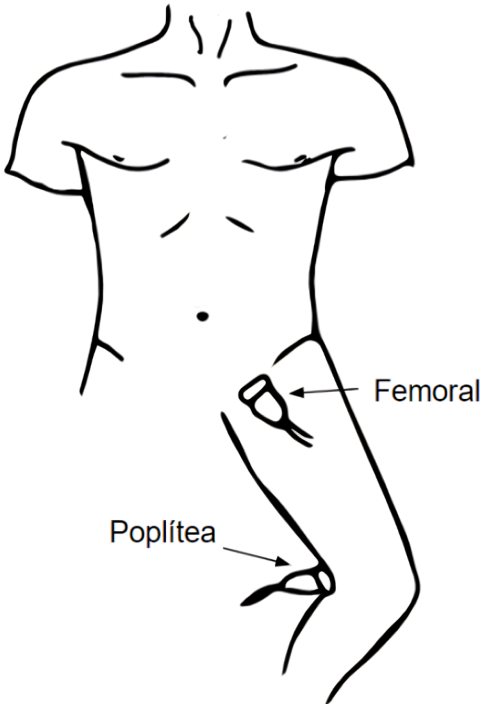
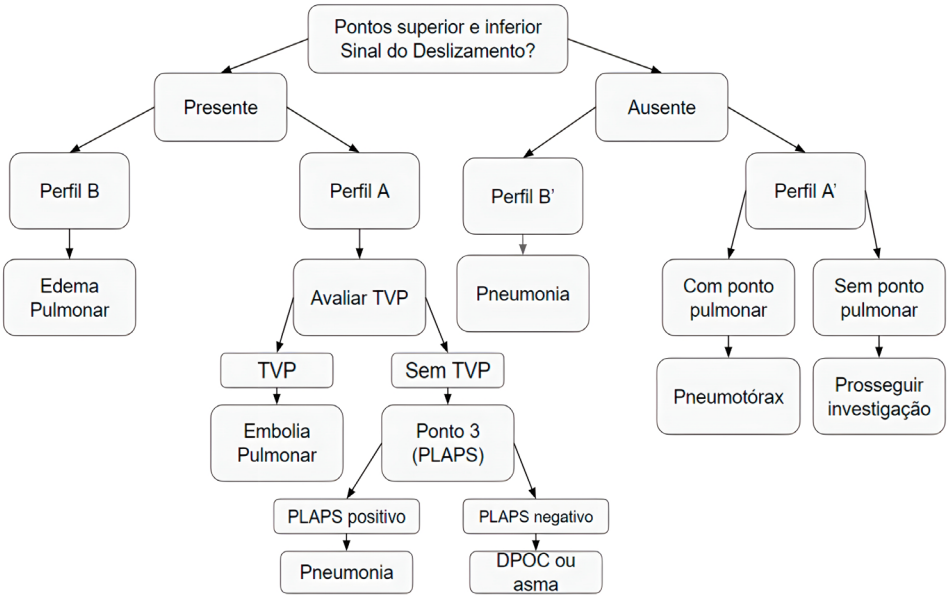
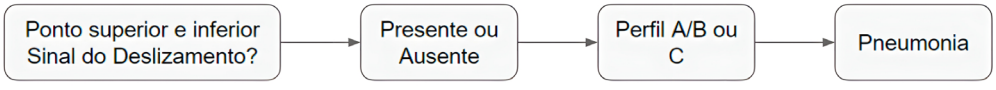



**Figura 10:** Fluxograma – protocolo BLUE



## 6 Ultrassonografia Torácica no Diagnóstico da Síndrome do Desconforto Respiratório Agudo (SDRA)

A ultrassonografia torácica passou a integrar os critérios diagnósticos da síndrome do desconforto respiratório agudo como método válido para detectar perda bilateral de aeração pulmonar não atribuível a derrames pleurais, atelectasias ou lesões focais. Este foi um avanço relevante na abordagem diagnóstica, principalmente quando a tomografia computadorizada ou a radiografia convencional não estão prontamente disponíveis.

No entanto, esta modalidade diagnóstica requer, profissionais capacitados para reconhecer adequadamente os padrões ultrassonográficos característicos da SDRA. A técnica oferece vantagens práticas consideráveis, incluindo a possibilidade de avaliação à beira do leito, ausência de radiação ionizante e maior agilidade no processo diagnóstico. Estas características tornam o método especialmente útil em unidades de terapia intensiva e serviços de emergência, onde a rapidez diagnóstica pode influenciar diretamente o prognóstico dos pacientes. A mudança nos critérios reflete uma abordagem mais pragmática e acessível para o diagnóstico precoce da SDRA, potencializando intervenções terapêuticas necessárias.

Na prática clínica, os achados ultrassonográficos típicos na SDRA incluem:

1. Linhas B confluentes: Indicativas de síndrome intersticial
2. Consolidações subpleurais: Áreas de hepatização pulmonar
3. Perda de deslizamento pleural: Em áreas consolidadas
4. Padrão "white lung": Perda completa da aeração

## 7 Diafragma
## Ultrassonografia do músculo diafragma

O músculo diafragma é o principal músculo ventilatório, suprido pelo nervo frênico e posicionado entre as cavidades torácica e abdominal. Apresenta o formato em cúpula, contendo o tendão central e a porção muscular periférica. Mecanicamente, a função diafragmática se divide em duas porções crural e costal. A composição de suas fibras musculares, no adulto, é de três tipos. A maior contribuição são as do tipo I, caracterizadas por fibras de contração lenta cuja resistência à fadiga é alta. As demais são do tipo IIA, de resistência intermediária à fadiga e do tipo IIB de baixa resistência à fadiga.

A avaliação da função diafragmática, pelo exame de ultrassonografia, possui aplicações para o diagnóstico funcional e a tomada de decisão terapêutica. Como exemplos clínicos podemos citar: paralisia diafragmática, disfunção diafragmática por doenças neuromusculares, disfunção diafragmática devido a fraqueza adquirida na UTI, síndrome pós terapia intensiva, desmame da ventilação mecânica, assincronia na ventilação mecânica.

O exame de ultrassonografia diafragmática permite a avaliação da excursão, da espessura e da fração de espessamento diafragmática.

## *Técnica de exame e insonação:*

São utilizados os transdutores de baixa frequência (convexo), para a avaliação da excursão diafragmática e o de alta frequência (linear) para a mensuração da espessura e da fração de espessamento do diafragma.

A janela de insonação para obtenção das imagens diafragmáticas são duas, a saber:

1. Uma situada na região subcostal no qual o transdutor é posicionado no plano corporal transversal/axial, com a marcação voltada para o lado direito do paciente), para obtenção da excursão diafragmática
2. E outra sobre a zona de aposição (ZA), região localizada sobre a linha axilar anterior, na altura do oitavo espaço intercostal onde o transdutor é posicionado longitudinalmente com a marcação em direção cranial, para obtenção da espessura e da fração de espessamento diafragmático.

Na janela da ZA, o diafragma (estrutura hipoecóica) encontra-se delimitado por duas membranas externas hiperecoicas, a pleura acima e o peritônio inferiormente, figura x.

Durante a contração diafragmática, nos indivíduos saudáveis, com o transdutor posicionado na janela subcostal observa-se o diafragma deslocando-se craniocaudalmente. Na janela da ZA visibiliza-se o encurtamento e espessamento do músculo, realizado com o transdutor linear, figura 11.

**Figura 11** espessura diafragmática

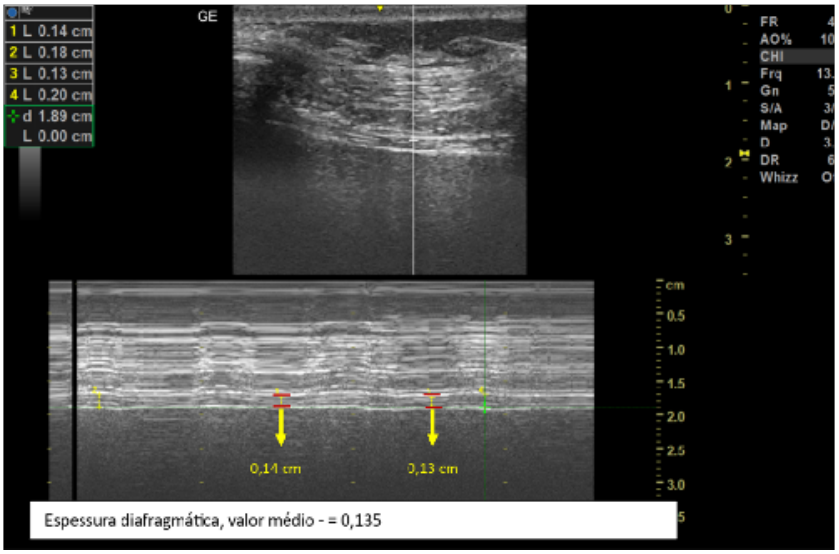
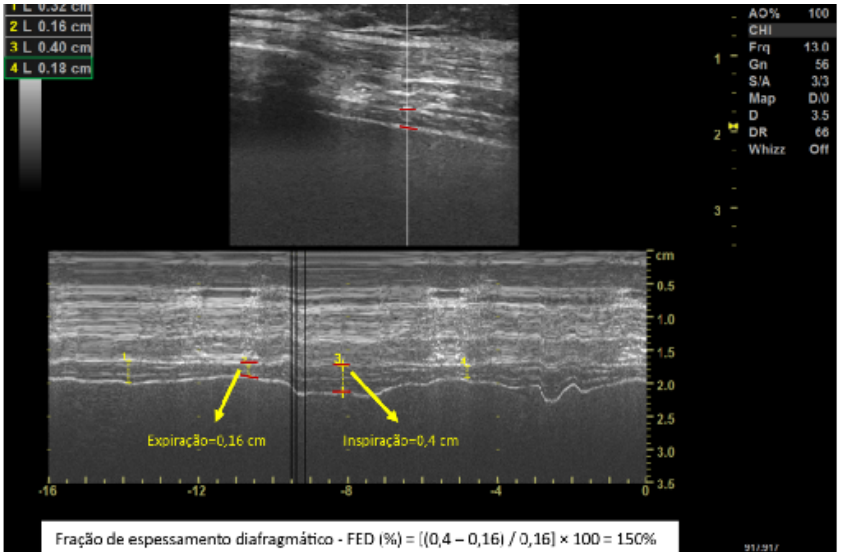


**Figura 12** fração de espessamento diafragmático



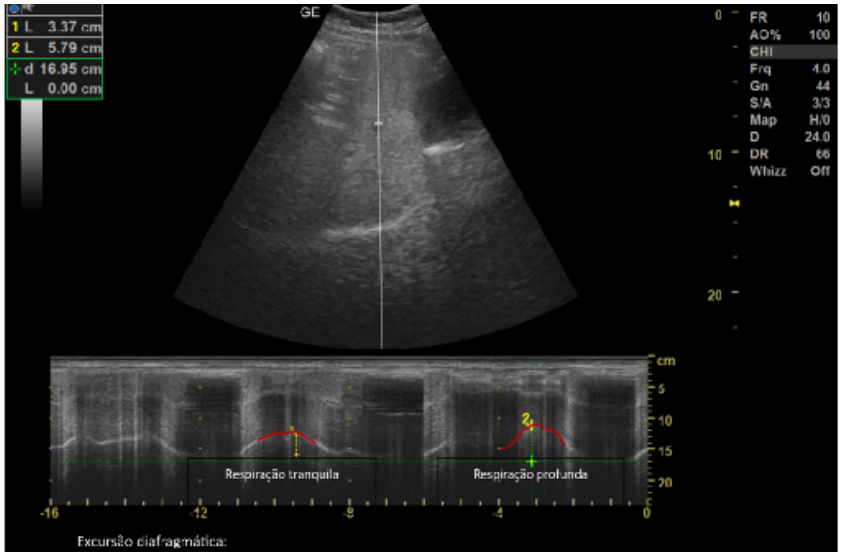

## *Mobilidade diafragmática*

Tradicionalmente a visibilização dos hemidiafragmas é realizada pela via subcostal anterior, quando não for possível acessa-lo por essa janela, pode-se utilizar via subcostal posterior ou subxifoide.

Para avaliação da mobilidade diafragmática a mensuração é realizada em três momentos:

1. respiração tranquila, ou seja, volume corrente,
2. respiração máxima ou profunda e
3. durante o fungar (sniffing).

**Figura 13** excursão diafragmática



**Quadro 01:** parâmetros de normalidade das medidas ultrassonográficas do diafragma de acordo com o sexo

| Parâmetro | Homem (LIN) | Mulher (LIN) |
|---|---|---|
| Espessura | 1,9 cm (1,3 cm) | 1,8 cm (1,1 cm) |
| Espessura no final da inspiração | 2,8 cm (1,7 cm) | 2,5 cm (1,3 cm) |
| Fração de espessamento | > 30% | > 30% |
| Excursão | | |
| Volume corrente | 1,8 cm (1,1 cm) | 1,5 cm (1,0 cm) |
| Profunda | 7,9 cm (4,7 cm) | 4,8 cm (3,6 cm) |
| Fungar (sniff) | 3,1 cm (1,8 cm) | 2,6 cm (1,8 cm) |

LIN -Limite inferior da normalidade
Fração de espessamento diafragmático - FED (%) = [(Espessura no final da inspiração - Espessura no final da expiração) / Espessura no final da expiração] × 100.

**Quadro 02:** critérios de disfunção diafragmática

| Parâmetro | Disfunção diafragmática |
|---|---|
| Excursão Diafragmática (ED) | < 1,0 cm |
| Espessura do Diafragma (Tdi-exp) | < 0,08 cm |
| Fração de Espessamento (FE) | < 20% |

## 8 Inteligência Artificial (IA) no POCUS pulmonar

Como descrito anteriormente, o pneumotórax é uma das causas de dispneia.

Geralmente o diagnóstico baseia-se em tomografia computadorizada e radiografia do tórax. Embora a tomografia seja considerada padrão-ouro, apresenta limitações como custo elevado, exposição à radiação ionizante e impossibilidade de uso contínuo à beira do leito. A radiografia torácica, possui baixa acurácia diagnóstica e não oferece resultados em tempo real, restringindo sua aplicabilidade clínica.

A ultrassonografia pulmonar à beira do leito surge como alternativa promissora fornecendo informações diagnósticas valiosas para os intensivistas.

Os avanços em inteligência artificial revolucionaram a aplicação da ultrassonografia diagnóstica. No campo da ultrassonografia pulmonar, relatam-se desenvolvimentos significativos no reconhecimento automático de linhas B para diagnóstico de edema pulmonar e detecção da ausência de deslizamento pulmonar por meio de deep learning

O algoritmo processa sequências de quadros quantificando a espessura da linha pleural na região de interesse para cada sequência de quadros, repetindo o processo com intervalos fixos ao longo do vídeo. Todos os dados são agregados algoritmicamente para determinar a presença ou ausência de pneumotórax.

## 9 Caso clínico

T.P.T., 20 anos, solteiro, natural e procedente de aldeia em Xingu-MT, agricultor, religião animismo, admitido em sala vermelha com histórico de febre e dor torácica ventilatório-dependente há sete dias. No exame físico, vigil, consciente e orientado, Pressão Arterial (PA) 110x70 mmHg, Frequência Cardíaca (FC) 120 bpm, Frequência Respiratória (FR) 37 irpm, com esforço respiratório, tiragem de fúrcula esternal e temperatura axilar de 39 ºC. Saturação periférica de O2 (SpO2) de 88% em ar ambiente. À ausculta pulmonar, murmúrio vesicular abolido nos dois terços inferiores do hemitórax esquerdo e diminuído em todo hemitórax direito. À percussão, foi identificado som submaciço em ambas as bases.

*Qual* é *o diagnóstico sindrômico?* Insuficiência Respiratória Aguda (IRA)

*Qual o diagnóstico clínico? Raciocínio clínico baseado no protocolo BLUE*

A anamnese e os achados do exame físico levantam as seguintes hipótese diagnósticas: pneumotórax; derrame pleural; atelectasia e pneumonia. A utilização do protocolo BLUE permite a identificação da causa da IRA.

1. Procura-se o sinal do deslizamento pleural: presente em todos os pontos, excluindo pneumotórax.
2. Determina-se o perfil do paciente: ausência de linhas B (região anterior do tórax) + perfil C com derrame pleural (PLAPS) leva às hipóteses diagnósticas de pneumonia ou atelectasia.
3. Optou-se por avaliar o ponto PLAPS, antes da avaliação de TVP, dada a suspeita inicial de síndrome pleuropulmonar. Foi detectado derrame pleural volumoso, com o sinal de *jellyfish* (figura 11), identificando-se atelectasia compressiva secundária a derrame pleural.

**Figura 11:** Derrame pleural com sinal de *jellyfish*

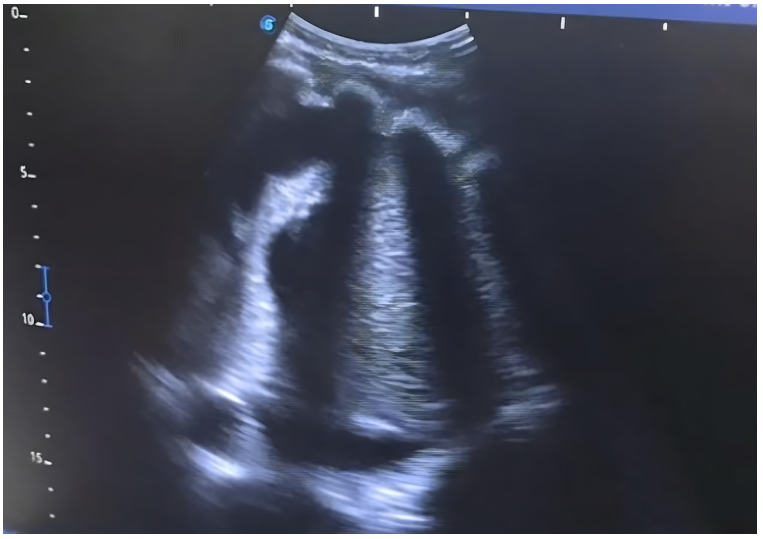
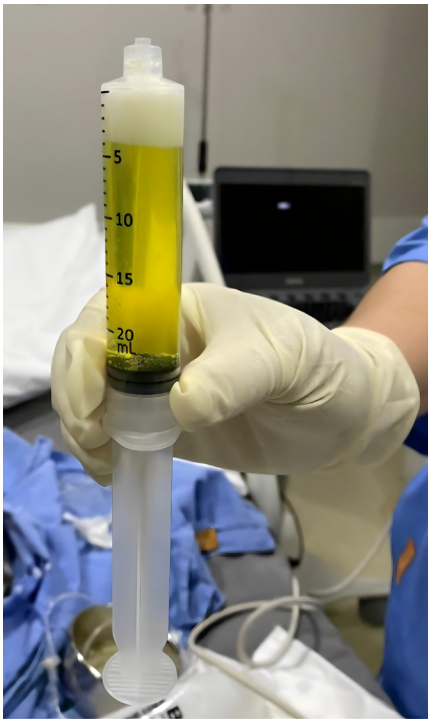



**Figura 12:** Líquido pleural




Decidida toracocentese diagnóstica e de alívio, com saída de 550 ml de líquido pleural de coloração amarelo citrino (figura 12). Após o procedimento, houve melhora do quadro clínico evitando intubação orotraqueal e assistência ventilatória mecânica.

A análise do líquido pleural demonstrou 85 células com predomínio linfomonocitário, relação proteínas do líquido/sérica maior que 0,5, relação enzima desidrogenase láctica

(DHL) do líquido/sérico maior que 0,6, com DHL do líquido sendo menor do que dois terços (2/3) do sérico.

Pelos critérios de Light, o derrame pleural foi considerado exsudativo, sendo tratado com antibioticoterapia de amplo espectro, considerando a possibilidade de uma pneumonia grave.

Posteriormente, a cultura do líquido pleural e o GeneXpert do escarro foram negativos. A febre persistiu, apesar da terapêutica instituída. Investigaram-se outras causas de derrame pleural não infeccioso. Foi realizado o diagnóstico de lúpus eritematoso sistêmico, com anti-DNA positivo. Iniciou-se o tratamento farmacológico com pulsoterapia, obtendo boa resposta clínica. O paciente recebeu alta da UTI e foi encaminhado para acompanhamento ambulatorial.

## 10 Referências

ASMARA, Oke D.; PITOYO, Ceva W.; WULANI, Valy; HARIMURTI, Kuntjoro; ARAMINTA, Abrianty P. Accuracy of Bedside Lung Ultrasound in Emergency (BLUE) Protocol to Diagnose the Cause of Acute Respiratory Distress Syndrome (ARDS): A Meta-Analysis. *Acta Med Indones*, [*s. l.*], v. 54, n. 2, p. 266-282, abr. 2022.

HOOPER, Clare; LEE, Y. C.; MASKELL, Nick. BTS Pleural Guideline Group. Investigation of a unilateral pleural effusion in adults: British Thoracic Society Pleural Disease Guideline 2010. *Thorax*, [*s. l.*], v. 65, supl. 2, p. 4-17, ago. 2010.

LAURSEN, Christian B.; RAHMAN, Najib M.; VOLPICELLI, Giovanni. Introduction. *In*: LAURSEN, Christian B.; RAHMAN, Najib M.; VOLPICELLI, Giovanni. *Thoracic Ultrasound* (ERS Monograph). Sheffield: European Respiratory Society, 2018. p. 13-15.

LICHTENSTEIN, Daniel A. BLUE-Protocol and FALLS-Protocol: Two Applications of Lung Ultrasound in the Critically III. *American College of Chest Physicians*, [*s. l.*], v. 147, n. 6, p. 1.659-1.670, jun. 2015. Disponível em: https://doi.org/10.1378/chest.14-1313. Acesso em: 24 jun. 2024.

LICHTENSTEIN, Daniel A.; MEZIÈRE, Gilbert A. Relevance of Lung Ultrasound in the Diagnosis of Acute Respiratory Failure: The BLUE Protocol. *American College of Chest Physicians*, [*s. l.*], v. 134, n. 1, p. 117-125, jul. 2008.

VELASCO, Irineu T. *et al*. *Medicina de Emergência*: Abordagem Prática. São Paulo: Manole, 2022.

Capítulo 5

# E-FAST (Extended Focused Assessment with Sonography for Trauma)

*Kathleen Dianne Gomes Cavalcante*
*Neysa Aparecida Tinoco Regattieri*
*Sergio Ricardo Menezes Mateus*

## 1 Introdução

O trauma está entre as causas mais comuns de morbimortalidade em adultos jovens.[1] No ambiente hospitalar, pacientes vítimas de lesões traumáticas são abordados por meio do exame clínico e radiológico: radiografia convencional, tomografia computadorizada e, mais recentemente, pela ultrassonografia à beira-leito.[2]

O exame ultrassonográfico tem a vantagem de ser não invasivo, de fácil portabilidade e de rápida execução à beira-leito.[1] Profissionais experientes o realizam em menos de cinco minutos, otimizando o tempo para a intervenção terapêutica.[3] Atualmente mais de 96% dos centros de trauma utilizam o E-FAST em seus protocolos, assim como o ATLS (*Advanced Trauma Life Support*).[4]

## 2 Protocolo E-FAST

Atualmente as indicações para a realização do exame E-FAST vão além da avaliação de pacientes vítimas de trauma. Este protocolo pode ser aplicado em diversos momentos, seja no atendimento pré-hospitalar ou em cenários hospitalares, como na investigação de quadros de hipotensão de origem não determinada. [5]

De acordo com o Colégio Americano de Cirurgiões, o uso do protocolo E-FAST é direcionado para a investigação do trauma abdominal e torácico, utilizando-se as seguintes janelas:[2]

- pericárdica;
- quadrante superior direito (espaço hepatorrenal);
- quadrante superior esquerdo (espaço esplenorrenal);
- suprapúbica;

- torácica.

Desta forma, consegue-se detectar líquido livre na cavidade abdominal, no pericárdio e no tórax, além de ser possível identificar pneumotórax.[2,5]

### 2.1 Equipamento:[2]

Transdutores:

- alta frequência (linear): parede anterior do tórax;
- baixa frequência (setorial): coração e veia cava inferior;
- baixa frequência (convexo): abdome e recessos costofrênicos.

**Figura 1:** Transdutores linear, setorial e convexo




## 3 Protocolo do exame E-FAST

Todas as regiões toracoabdominais dever ser examinadas, independentemente de sua ordem.

### 3.1 Técnica de exame

#### 3.1.1 Quadrante Superior Direito

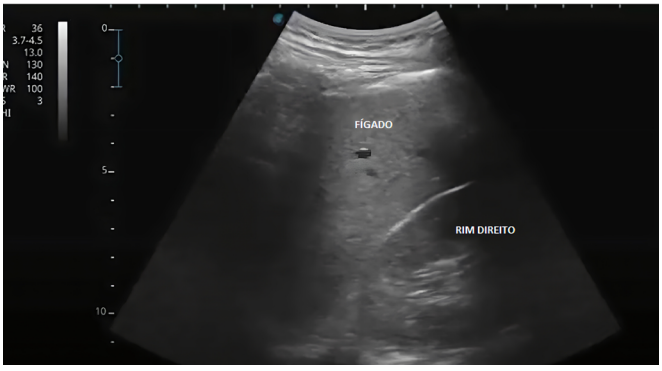
Posicionamento do transdutor: corte longitudinal, na linha axilar média direita, entre o 8º e o 11º arco costal, com sua referência orientada no sentido cranial.

**Figura 2:** Avaliação do quadrante superior direito



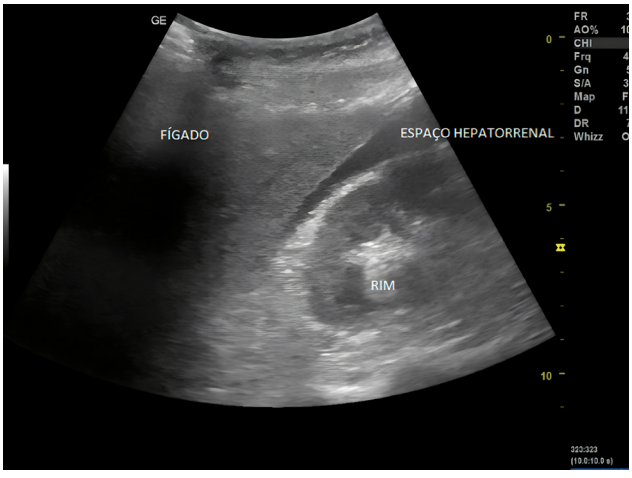
Estruturas localizadas: recesso costofrênico direito, diafragma, fígado, rim direito e espaço hepatorrenal.[2]

**Figura 3:** Imagem normal do espaço hepatorrenal




O exame será considerado positivo caso haja presença de líquido no espaço hepatorrenal.

**Figura 4:** E-FAST positivo: líquido no espaço hepatorrenal




### *3.1.2 Quadrante Superior Esquerdo*

Posicionamento do transdutor:

Corte longitudinal, entre as linhas axilares posterior e média esquerdas, entre o sexto e o nono arco costal, com sua referência orientada no sentido cranial.

**Figura 5:** Avaliação do quadrante superior esquerdo

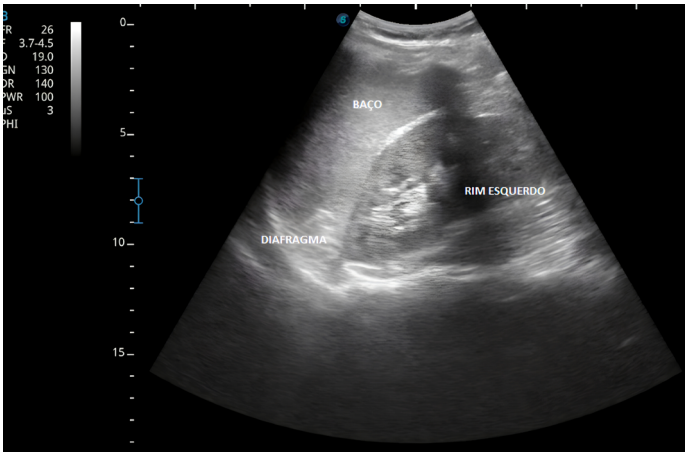


Estruturas localizadas:

Recesso costofrênico esquerdo, diafragma, baço, rim esquerdo e espaço esplenorrenal.

O exame será considerado positivo caso haja presença de líquido no espaço esplenorrenal.

**Figura 6:** Imagem normal do espaço esplenorrenal

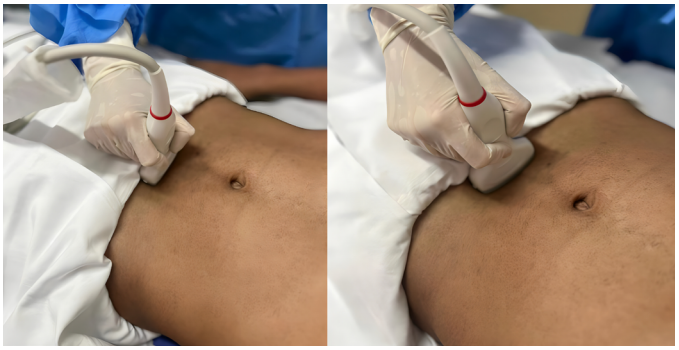



### *3.1.3 Pelve*

Posicionamento do transdutor:

Corte tranversal, referência do transdutor orientada para a direita do paciente, 1 a 2 cm acima da sínfise púbica.

**Figura 7:** Avaliação da pelve



Estruturas localizadas:

**Figura 8:** Imagem normal pelve masculina

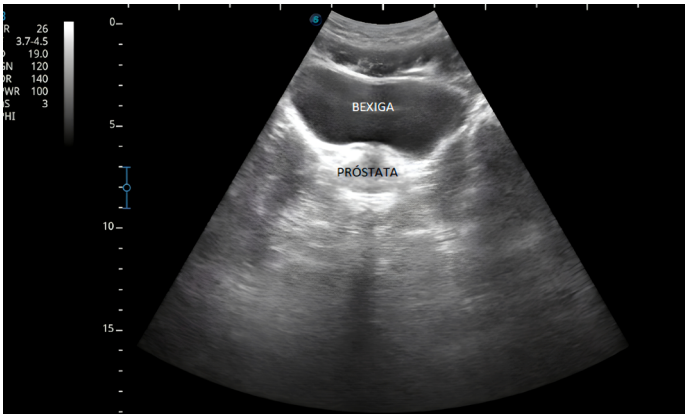
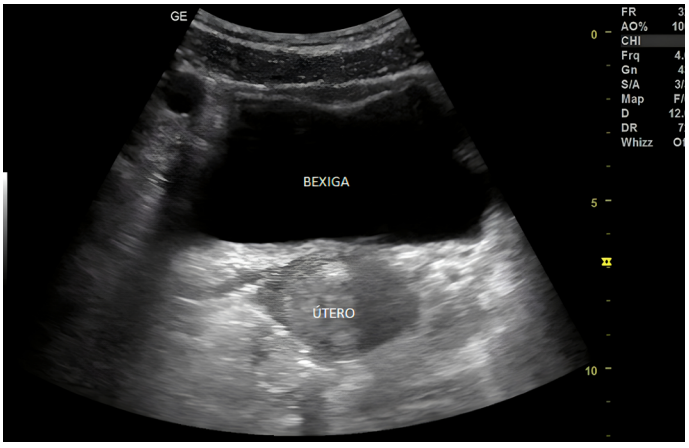
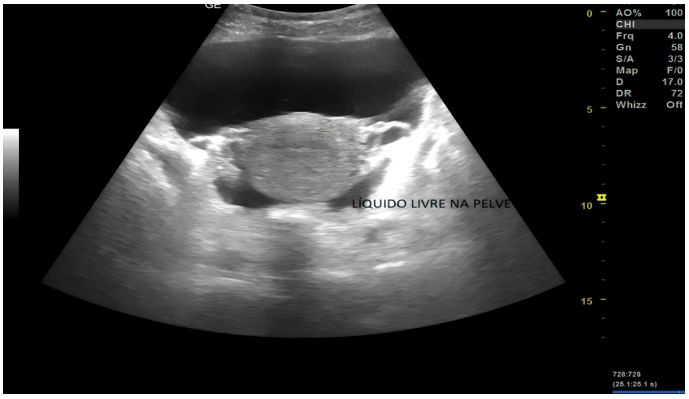



**Figura 9:** Pelve normal feminina




O exame será considerado positivo caso haja presença de líquido no espaço retovesical em homens e na retouterina e vesicouterina, nas mulheres.[2]

**Figura 10:** E-FAST positivo: líquido livre na pelve




### *3.1.4 Cardíaco*

Posicionamento do transdutor:

Corte transversal, referência do transdutor orientada para a direita do paciente, 1 a 2 cm abaixo do processo xifoide. Se a insonação da janela subxifoide não for possível, deve ser realizada a insonação da janela paraesternal eixo longo.

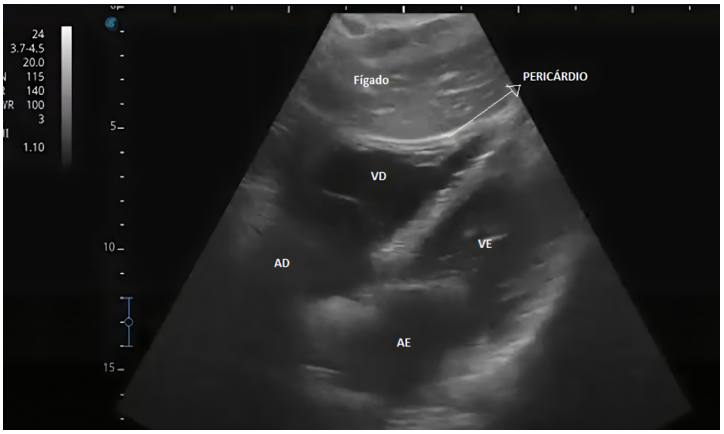
**Figura 11:** Avaliação cardíaca (janela subxifoide – imagem A e B e paraesternal eixo longo – imagem C)




Estruturas localizadas:

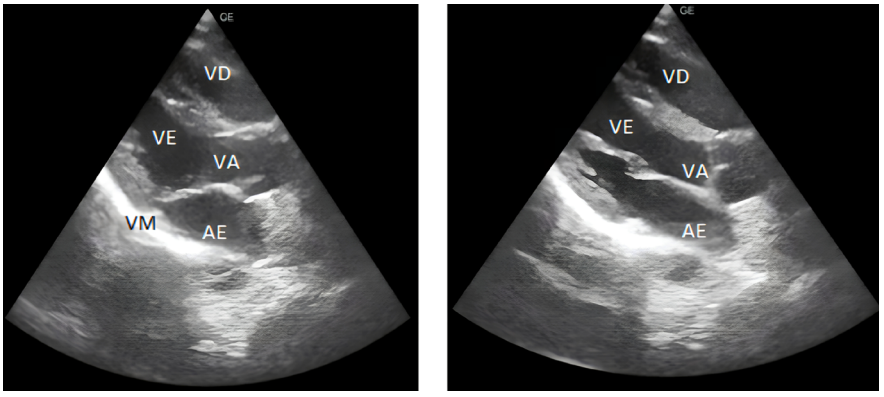
Subxifoide: fígado, pericárdio, átrio direito, ventrículo direito, átrio esquerdo e ventrículo esquerdo.

**Figura 12:** Janela cardíaca – janela subxifoide




Paraesternal eixo longo: ventrículo direito, via de saída do ventrículo esquerdo e átrio esquerdo.

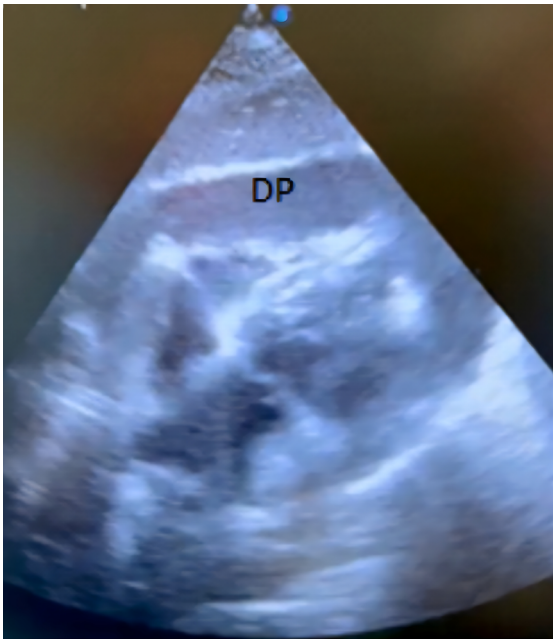
**Figura 13:** Janela cardíaca – paraesternal eixo longo




Exame normal: ausência de líquido na cavidade pericárdica.

O exame será considerado positivo se houver presença de líquido na cavidade pericárdica.

**Figura 14:** Derrame Pericárdico (DP)




### *3.1.5 Pulmonar*

Posicionamento do transdutor:

Corte longitudinal, linha hemiclavicular, segundo espaço intercostal. Deve-se examinar a região anterior de ambos os hemitóraces, com a referência do transdutor orientada no sentido cranial (avaliação de pneumotórax).

**Figura 15:** Janela pulmonar



Estruturas localizadas:

Sombras dos arcos costais superior e inferior (sinal do morcego).

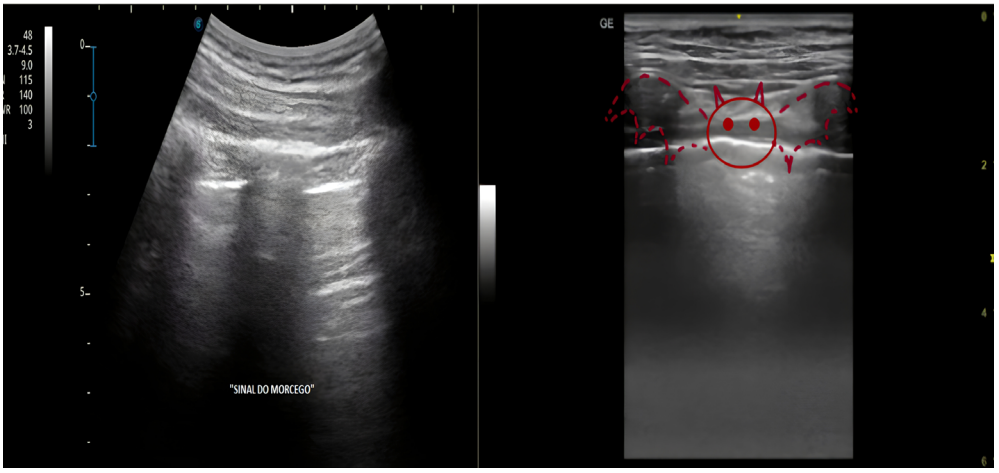
Linha pleural: hiperecogênica (sobreposição dos folhetos pleurais parietal e visceral).

Exame normal:

Modo B: presença do deslizamento pleural.

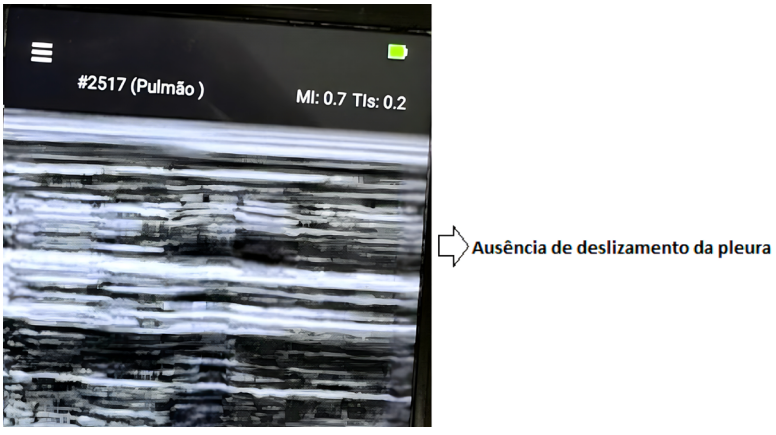
Modo M: “sinal da praia”.

**Figura 16:** Sinal do morcego




Exame alterado: a presença de ar entre os folhetos pleurais (pneumotórax) impede que os folhetos deslizem um sobre o outro. Dessa maneira, deixamos de observar o “sinal da praia” e identificamos o “sinal do código de barras” ou da “estratosfera”, indicando a ausência do deslizamento pleural (figura 17).[2]

**Figura 17:** Sinal da estratosfera ou do código de barras (modo M), que reflete a ausência do deslizamento pleural




## 4 Referências

STATPEARLS. *Bookshelf:* Focused Assessment with Sonography for Trauma. Bloom, Benjamin A.; Gibbons, Ryan C. StatPearls Publishing, jul. 2023. Disponível em: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK470479/. Acesso em: 15 abr. 2023.

FLATO, Uri A. P.; GUIMARÃES, Hélio P.; LOPES, Renato D.; VALIATTI, Jorge L.; FLATO, Elias M. S.; LORENZO, Ricardo G. Utilização do FAST-Estendido (EFAST-Extended Focused Assessment with Sonography for Trauma) em terapia intensiva. *Revista Brasileira de Terapia Intensiva*, GN1 Genesis Network, [*s. l.*], v. 22, n. 3, p. 291-299, set. 2010.

MELNIKER Laurence A.; LEIBNER, Evan.; MCKENNEY, Mark G.; LOPEZ, Peter; BRIGGS, William M.; MANCUSO, Carol A. Randomized controlled clinical trial of point-of--care, limited ultrasonography for trauma in the emergency department: the first sonography outcomes assessment program trial. *Ann Emerg Med*, [*s. l.*], v. 48, n. 3, p. 227-235, set. 2006.

NETHERTON, Stuart; MILENKOVIC, Velimir; TAYLOR, Mark; DAVIS, Philip J. Diagnostic accuracy of eFAST in the trauma patient: a systematic review and meta-analysis. *Cjem*, Springer Science and Business Media LLC, [*s. l.*], v. 21, n. 6, p. 727-738, jul. 2019.

RICHARDS, John R; MCGAHAN, John P. Focused Assessment with Sonography in Trauma (FAST) in 2017: What Radiologists Can Learn. *Radiology*, [*s. l.*], v. 283, n. 1, p. 30-48, abr 2017.

Capítulo 6

# Protocolo RUSH (Rapid Ultrasound in Shock and Hypotension)

*Mathias Regis Modesto*
*Luciano Beltrão dos Reis Viana*

## 1 Introdução

O choque circulatório é um desequilíbrio entre a oferta e o consumo de oxigênio nos tecidos e está associado à elevada mortalidade e morbidade, se não identificado e tratado precocemente[1].

O diagnóstico precoce e o tratamento adequado têm o objetivo de prevenir a hipoperfusão prolongada e, assim, diminuir a mortalidade[2]. O diagnóstico é frequentemente um desafio, e sinais clínicos, junto com os parâmetros de monitorização padrão, têm demonstrado serem marcadores tardios de gravidade[3].

Existe uma sobreposição significativa dos achados clínicos nos diferentes tipos de choque. Esses fatores frequentemente dificultam a identificação de sua causa. Na avaliação do choque, precisamos de respostas rápidas e, nesse contexto, a ultrassonografia à beira-leito (Point-of-Care Ultrasound – POCUS) permite um diagnóstico sindrômico, e muitas vezes etiológico, com alto grau de acurácia[4]. Isto permite instituir a terapêutica adequada precocemente, reduzindo a taxa de mortalidade.

Assim como há o protocolo E-FAST (Extended Focused Assessment with Sonography in Trauma), usado para avaliação direcionada principalmente de paciente em contexto de trauma, existe o protocolo RUSH (Rapid Ultrasound in Shock and Hypotension), ferramenta para a avaliação dos pacientes clínicos com choque de etiologia desconhecida. Trata-se de uma sequência rápida de avaliações em três etapas. Esse protocolo permite a identificação do tipo de choque e sua etiologia, direcionando a terapêutica mais adequada. O protocolo poderá ser realizado com equipamentos de ultrassom, disponíveis nos serviços de emergência[5, 6].

# 2 Caso clínico

## 2.1 Paciente 1

Uma mulher de 80 anos, hipertensa, tabagista, chega a um serviço de pronto atendimento com queixa de dor torácica de grande intensidade (oito pontos na Escala Visual Analógica – EVA) há 3 horas. Refere que a dor teve início súbito e é ventilatório-dependente, com irradiação para dorso e abdome superior. O filho relata que a paciente apresentava quadro de tosse produtiva há 15 dias, com um episódio de febre há dois dias. A paciente faz uso de losartana, indapamida, anlodipino e carvedilol e nega outras comorbidades. Ao exame físico, apresenta: mal estado geral, sonolência, dispneia e desorientação no tempo e espaço. Seus sinais vitais incluem Pressão Arterial (PA): 82/60 mmHg, Frequência Cardíaca (FC): 120 batimentos por minuto (bpm), Frequência Respiratória (FR): 24 incursões respiratórias por minuto (irpm), temperatura axilar de 38,4 ºC e saturação periférica de 91% em ar ambiente. A ausculta pulmonar revela estertores em ambas as bases pulmonares, sem outras alterações.

Diante dessa paciente, quais as hipóteses diagnósticas? Quais informações na anamnese e no exame físico seriam importantes para complementar o raciocínio clínico? Considerando as hipóteses diagnósticas, quais exames complementares deverão ser solicitados e qual a prioridade?

A paciente nega histórico prévio de Acidente Vascular Cerebral (AVC) ou Infarto Agudo do Miocárdio (IAM) e de outros episódios semelhantes de dor torácica. Ausculta cardíaca sem alterações e edema ++/4+ em membros inferiores (MMII) com extremidades frias. O eletrocardiograma (ECG) mostra um bloqueio de ramo esquerdo, que estava presente em exame realizado há um ano, e a radiografia de tórax evidencia opacidades difusas em ambas as bases pulmonares, sem evidência de pneumotórax, alargamento de mediastino ou silhueta cardíaca aumentada.

Com essas informações, é possível chegar a um diagnóstico definitivo? Em caso afirmativo, qual terapêutica deve ser instituída imediatamente? Como individualizar e como reavaliar a resposta do paciente às medidas adotadas?

### 2.1.1. Avaliação e classificação do choque

O choque é um estado de hipoperfusão tecidual decorrente de uma falência circulatória aguda. Essa entidade clínica é classificada em quatro subtipos, com fisiopatologias distintas e muitas vezes mistos, são eles: choques hipovolêmico, cardiogênico, distributivo e obstrutivo.

O *choque hipovolêmico* decorre da redução do volume circulatório. Ele diminui a pré – carga cardíaca, acarretando um baixo débito cardíaco e hipoperfusão tecidual[7]. Essa condição é comumente encontrada em pacientes com hemorragia decorrente de trauma ou de uma fonte não traumática de sangramento rápido, como do trato gastrointestinal ou da ruptura de um aneurisma aórtico. Esse tipo de choque também pode resultar de condições não hemorrágicas com extensa perda de fluidos corporais, como no caso de diarreias ou vômitos de grande monta[8].

O *choque cardiogênico* é resultante de uma disfunção na bomba cardíaca levando à redução do débito cardíaco e à incapacidade do coração de bombear o sangue para a circulação sistêmica[7]. Infarto agudo do miocárdio, miocardiopatias isquêmicas, miocardites e insuficiências valvares agudas são condições comumente associadas a esse tipo de choque[9].

O *choque distributivo* ocorre devido à redução da resistência vascular periférica causada por uma vasodilatação exacerbada, resultando na diminuição de pressão arterial e na consequente hipoperfusão tecidual[7]. Um exemplo clássico desse tipo de choque é a sepse, em que se observa uma resposta inflamatória sistêmica exacerbada com intensa vasodilatação periférica. O *choque neurogênico* também está dentro desse grupo, devido à perda do tônus vascular secundário à lesão neurológica grave, com comprometimento do sistema autonômico. Nesse grupo está incluído ainda o *choque anafilático*, que decorre de uma resposta alérgica grave com repercussões sistêmicas ameaçadoras à vida[8].

O *choque obstrutivo* é observado quando ocorre uma obstrução mecânica ao fluxo sanguíneo ejetado do coração7. Tamponamento cardíaco, pneumotórax hipertensivo e tromboembolismo pulmonar maciço são causas desse tipo de choque[9].

**Quadro 1:** Variáveis hemodinâmicas e respiratórias nos diversos tipos de choque circulatório[10]

| | DC | RVP | PCP | PVC | SvO2 |
|---|---|---|---|---|---|
| Hipovolêmico | Baixo | Alta | Baixa | Baixa | Baixa |
| Cardiogênico | Baixo | Alta | Alta | Alta | Baixa |
| Obstrutivo | Baixo | Alta | Baixa | Alta | Baixa |
| Distributivo | Alto | Baixa | Alta, normal ou baixa | Alta, normal ou baixa | Alta |

Fonte: Siqueira e Schmidt (2003)
DC – Débito Cardíaco; RVP – Resistência Vascular Periférica; PCP – Pressão Capilar Pulmonar; PVC – Pressão Venosa Central; SvO2 – Saturação Venosa Central De Oxigênio.

## 2.2 Paciente 2

Uma mulher de 60 anos, internada na enfermaria de oncologia para tratamento de neoplasia avançada de esôfago, apresenta quadro de dispneia e dor torácica com início há dois dias, evoluindo com piora progressiva dos sintomas. No momento da avaliação, refere dor intensa. Trata-se de paciente com diagnóstico tardio da neoplasia, ainda virgem de tratamento oncológico/cirúrgico, foi internada devido a um quadro de melena persistente, com anemia e necessidade de hemotransfusão. Apresenta PA de 74/58 mmHg, FC:

120 bpm, FR: 30 irpm, temperatura axilar de 36,7 °C e saturação periférica de oxigênio de 93% em ar ambiente. Na ausculta cardíaca, foram identificadas bulhas cardíacas abafadas.

Considerando o quadro clínico da paciente, qual a principal hipótese diagnóstica para esse caso? Que outras causas de choque também podem apresentar quadro semelhante?

O eletrocardiograma revela traçado de baixa voltagem sem alterações isquêmicas. A radiografia de tórax demonstra uma silhueta cardíaca aumentada e opacidades pulmonares difusas bilateralmente.

Os achados dos exames complementares corroboram para a principal hipótese diagnóstica? Esses achados são capazes de descartar totalmente outras causas de choque possíveis nesse caso?

## 2.3 Comentários sobre os casos

Em ambas situações, as pacientes apresentam um quadro de choque e cabe ao clínico determinar sua causa e instituir a terapia mais adequada. No primeiro caso, a hipotensão em um paciente com hipertensão de longa data indica comprometimento fisiológico significativo. Pode-se considerar que o diagnóstico mais plausível seja sepse de provável foco pulmonar, porém, várias questões clínicas permanecem.

1. Por tratar-se de uma paciente idosa com alto risco cardiovascular, devido ao tabagismo ativo apresentando dor torácica, a hipótese de infarto agudo do miocárdio deve ser considerada, mesmo não se tratando de uma dor típica.
2. Considerando a dor de início súbito com irradiação para dorso em idoso previamente hipertenso e que se apresenta hipotenso no Pronto Socorro, deve ser levantada a hipótese de dissecção de aorta, uma condição grave que pode evoluir rapidamente para desfechos catastróficos.
3. A hipertensão crônica de difícil controle, com o tempo, pode estar relacionada à disfunção cardíaca por miocardiopatia hipertensiva.
4. A possibilidade de sepse de origem pulmonar deve ser aventada pelo relato de tosse produtiva, febre e dor torácica ventilatório-dependente em adição ao quadro de desorientação, taquipneia e hipotensão, que alerta para uma condição de sepse, o que exige condutas imediatas.

No segundo caso, suspeita-se fortemente de derrame pericárdico com tamponamento cardíaco por provável invasão neoplásica e acúmulo de líquido inflamatório no espaço pericárdico. Devido aos fatores de risco da paciente (histórico de câncer associado à internação hospitalar), o diagnóstico diferencial com um tromboembolismo pulmonar maciço é mandatório, pois propiciam um status pró-trombótico.

Como descartar ou confirmar rapidamente esses agravos? Diante desses quadros, a realização do protocolo RUSH é de grande valia.

# 3 Definições e técnica do protocolo RUSH

O protocolo RUSH foi descrito pela primeira vez em fevereiro de 2010 por Pereira *et al.* para paciente com hipotensão sem causa estabelecida. Ele foi desenvolvido para ser um protocolo rápido e objetivo, realizado pelos médicos da emergência.

Na avaliação do choque e na determinação das suas causas, será discutido o protocolo RUSH, que é dividido em três etapas – Bomba, Tanque e Tubos.

## *3.1 Passo 1: "Bomba" – Avaliação cardíaca*

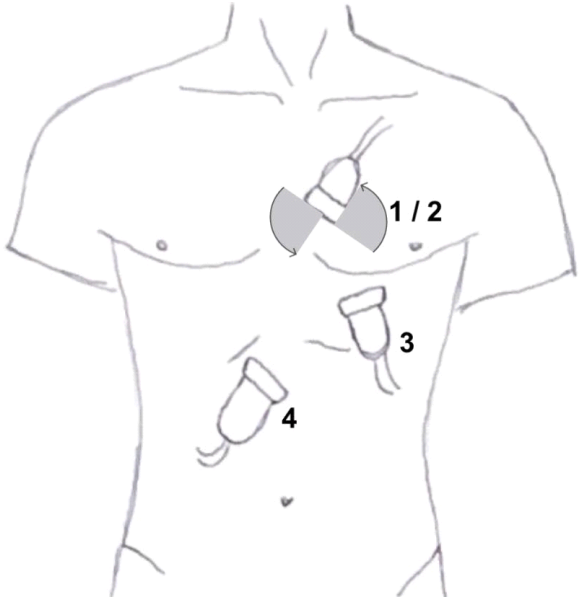
### *Estimativa subjetiva da Fração de Ejeção do Ventrículo Esquerdo (FEVE)*

Tamponamento cardíaco

Tamanho do ventrículo direito

A primeira etapa do protocolo de avaliação ultrassonográfica do paciente com choque é a avaliação cardíaca. Essa avaliação é realizada utilizando-se quatro janelas, a saber: janela paraesternal de eixo longo, paraesternal de eixo curto, apical de quatro câmaras e subxifoide (Figura 1). Nessa etapa, faz-se o uso do transdutor de baixa frequência e setorial (caso disponível), para melhor acoplagem do transdutor nos espaços intercostais.

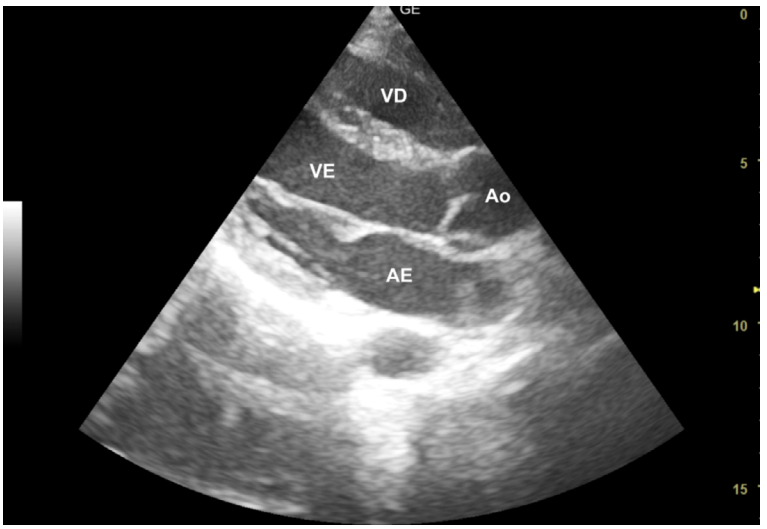
**Figura 1:** Pontos anatômicos para avaliação cardíaca no protocolo RUSH




1 e 2 – Janela paraesternal de eixo longo e de eixo curto;
3 – Janela apical de quatro câmaras; 4 – Janela subxifoide

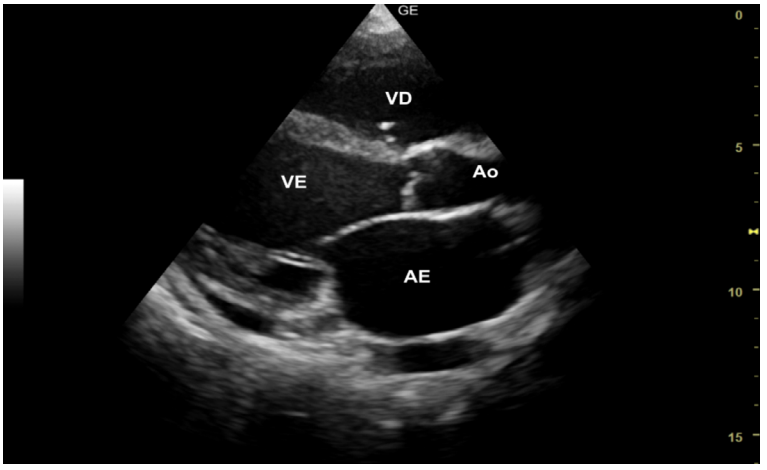
Na janela paraesternal de eixo longo, posiciona-se o transdutor na linha paraesternal esquerda, no terceiro ou quarto espaço intercostal, com o marcador do transdutor direcionado para o ombro direito do paciente. Em seguida, para a obtenção da janela paraesternal de eixo curto, basta rotacionar o transdutor no sentido horário, direcionando o marcador para o ombro esquerdo do paciente.

**Figura 2:** Janela paraesternal de eixo longo



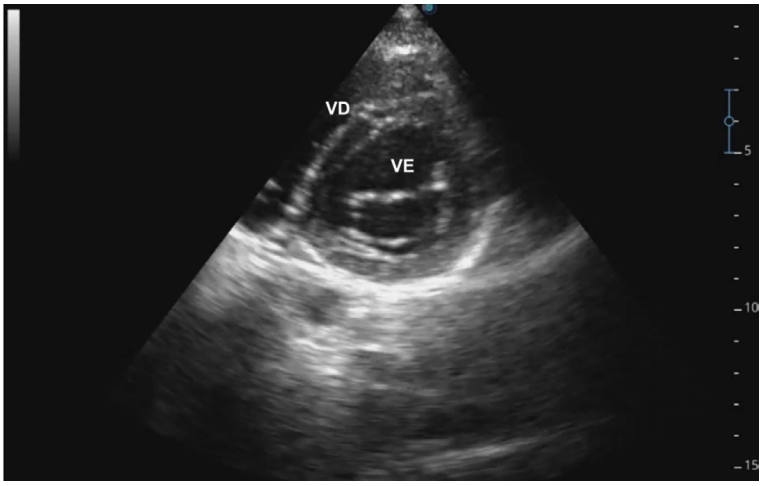

VD – Ventrículo Direito; VE – Ventrículo Esquerdo; AE – Átrio Esquerdo; Ao – Aorta

**Figura 3:** Janela paraesternal de eixo longo.
Coração com câmaras cardíacas aumentadas




VD – Ventrículo Direito; VE – Ventrículo Esquerdo; AE – Átrio Esquerdo; Ao – Aorta

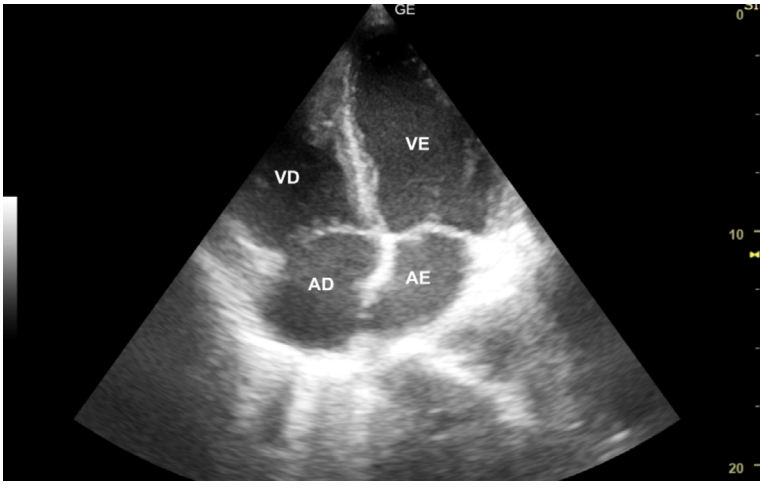
**Figura 4:** Janela paraesternal de eixo curto




VD – Ventrículo Direito; VE – Ventrículo Esquerdo

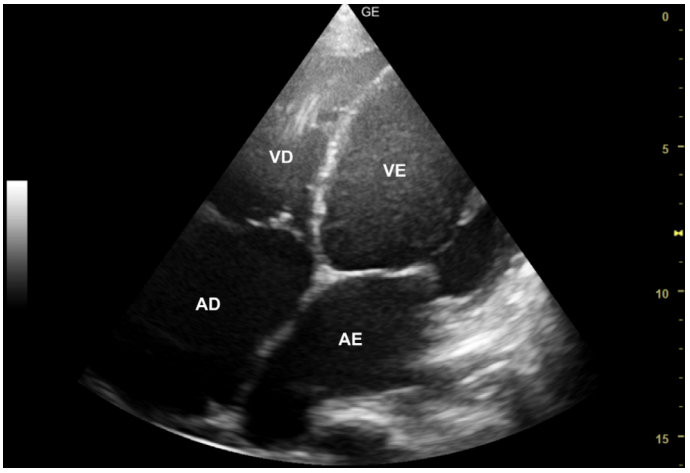
A janela apical de quatro câmaras pode ser obtida posicionando-se o transdutor na linha hemiclavicular esquerda, na altura do quinto espaço intercostal ou no ponto de impulso máximo do coração na parede torácica, com o marcador orientado para a esquerda do paciente.

**Figura 5:** Janela apical de quatro câmaras




VD – Ventrículo Direito; VE – Ventrículo Esquerdo; AD – Átrio Direito; AE – Átrio Esquerdo

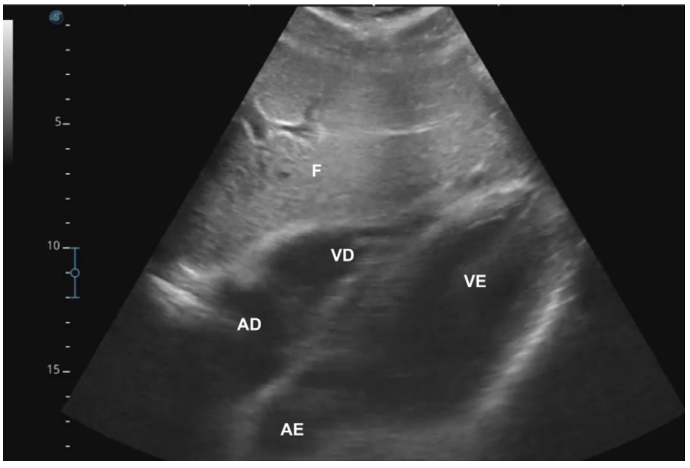
**Figura 6:** Janela apical de quatro câmaras.
Coração com câmaras cardíacas aumentadas




VD – Ventrículo Direito; VE – Ventrículo Esquerdo; AD – Átrio Direito;
AE – Átrio Esquerdo

Para a janela subxifoide, é necessário posicionar o transdutor em região subxifoideana, com o marcador apontando para 3 horas, em alusão à localização numérica no relógio.

**Figura 7:** Janela subxifoide




F – Fígado; VD – Ventrículo Direito; VE – Ventrículo Esquerdo; AD – Átrio Direito;
AE – Átrio Esquerdo

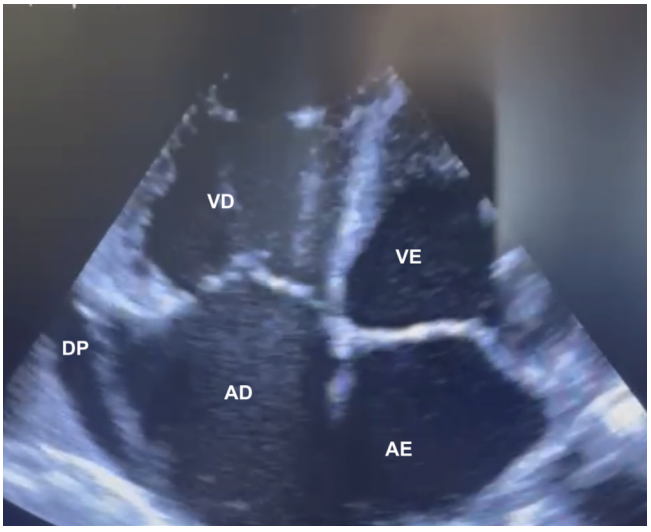
O exame do ecocardiograma no protocolo RUSH avalia três parâmetros:

- determinação de presença de derrame pericárdico;
- avaliação da contratilidade do ventrículo esquerdo;
- avaliação da distensão do ventrículo direito.

O *derrame pericárdico* é identificado como uma área anecoica que circunda o coração, e pode ser caracterizada nas quatro janelas cardíacas, a depender do volume do derrame. Em derrames de menor volume, está localizado mais inferiormente e posteriormente.

Em derrames de grande monta, envolve todo o coração. Transudatos e sangue recente possuem aspecto anecoico, enquanto sangue coagulado e exsudatos são mais ecogênicos[11].

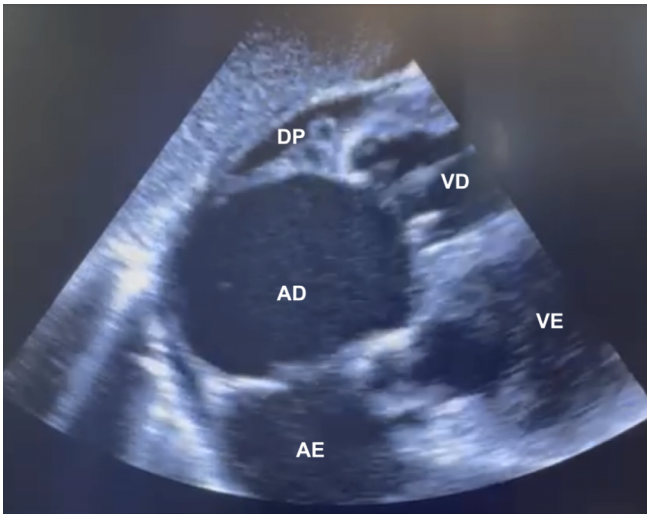
**Figura 8:** Presença de derrame pericárdico visto em janela apical de quatro câmaras




DP – Derrame Pericárdico; VD – Ventrículo Direito; VE – Ventrículo Esquerdo; AD – Átrio Direito; AE – Átrio Esquerdo

Foram descritas categorizações para estimar o tamanho do derrame pericárdico[8]. Na janela paraesternal de eixo longo, derrames pequenos apresentam até 1 cm de profundidade e não são circunferenciais ao coração. Os menores que 1 cm e circunferenciais ao coração são considerados moderados e os derrames maiores que 1 cm e circunferenciais ao coração são classificados como grandes derrames[8].

**Figura 9:** Presença de derrame pericárdico visto em janela subxifoide. Dilatação de átrio direito




DP – Derrame Pericárdico; VD – Ventrículo Direito; VE – Ventrículo Esquerdo; AD – Átrio Direito; AE – Átrio Esquerdo

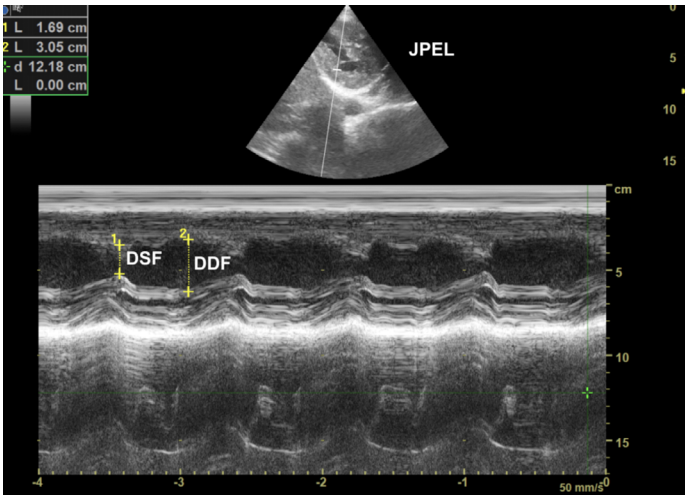
É importante determinar se o derrame pericárdico acarreta repercussões hemodinâmicas. Ele pode ser a causa de um choque obstrutivo devido à alta pressão dentro do pericárdio, impedindo que o coração se expanda na diástole e reduzindo a pré-carga, o que compromete o débito cardíaco. A identificação de sinais de tamponamento cardíaco é realizada pela análise das câmaras direitas do coração, devido às mais baixas pressões dentro do circuito vascular pulmonar. Os achados ultrassonográficos do colapso diastólico do átrio direito ou do ventrículo direito representam um espectro, desde a sutil deflexão serpentina para dentro do átrio direito e/ou ventrículo direito até a compressão diastólica completa de uma dessas câmaras.

A avaliação da contratilidade do Ventrículo Esquerdo (VE) oferece ao clínico uma ideia da fisiologia cardíaca em relação à ejeção de sangue para a circulação sistêmica, isto é, "o quão forte está a bomba". O exame se concentra na avaliação do movimento das paredes endocárdicas do ventrículo esquerdo, conforme um cálculo da mudança percentual do diâmetro intraventricular da diástole para a sístole. A janela paraesternal de eixo longo permite uma boa visão para a avaliação da contratilidade ventricular. A janela paraesternal de eixo curto fornecerá dados sobre a força das contrações. Nesta visão, um ventrículo esquerdo com boa contratilidade aparecerá como um anel muscular, que se contrai de maneira concêntrica durante a sístole.

O modo M pode ser utilizado para representar, graficamente, os movimentos das paredes do VE ao longo do ciclo cardíaco. Coloca-se o cursor no nível papilar médio, na janela paraesternal de eixo longo (VE); liga-se o modo M e realizam-se medições do diâmetro da câmara tanto na sístole quanto na diástole. O cálculo da fração de encurtamento é realizado pela fórmula [(DDF – DSF) / DDF] × 100, na qual o DDF é o Diâmetro Diastólico Final, medido na maior distância entre as paredes do ventrículo, e o DSF é o Diâmetro

Sistólico Final, medido na distância entre as paredes do ventrículo. Em geral, a fração de encurtamento de 30-45% corresponde à fração de ejeção normal[12].

**Figura 10:** Medida do diâmetro diastólico final e diâmetro sistólico final do ventrículo esquerdo na janela paraesternal de eixo longo, com uso do modo M




JPEL – Janela Paraesternal de Eixo Longo; DSF – Diâmetro Sistólico Final; DDF – Diâmetro Diastólico Final

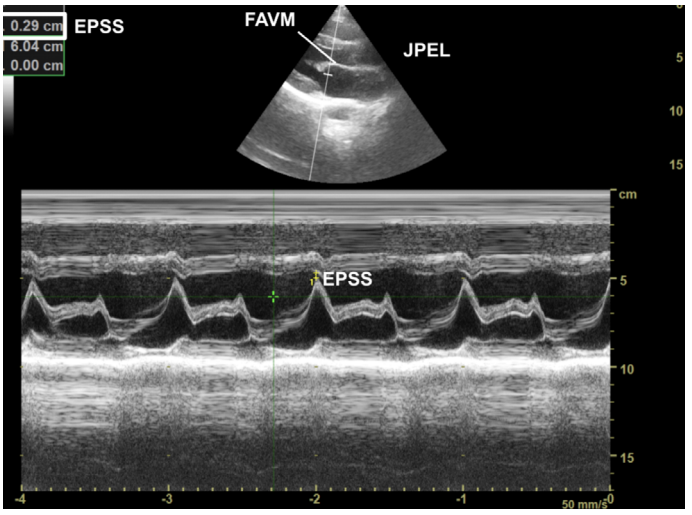
O traçado em modo M para um coração hiperdinâmico mostra as paredes do ventrículo esquerdo quase se tocando durante a sístole e uma alta fração de encurtamento. Nesse caso, um choque distributivo ou hipovolêmico pode estar presente. Em um coração com contração fraca, o traçado do modo M demonstra ampla separação sistólica entre as paredes ventriculares e uma baixa fração de encurtamento, podendo sugerir a presença de um choque cardiogênico. Se a contratilidade cardíaca for hiperdinâmica, choques distributivo ou hemorrágico podem estar presentes.

Vale ressaltar que a fração de encurtamento não calcula diretamente a fração de ejeção, mas se correlaciona com a contratilidade ventricular esquerda geral. Trata-se de uma forma rápida e prática de avaliar a função sistólica, fornecendo dados semiquantitativos que orientam o raciocínio clínico e o manejo dos pacientes críticos com choque.

O movimento do folheto anterior da valva mitral também pode ser utilizado na avaliação da contratilidade cardíaca. Na janela paraesternal de eixo longo, em condições de contratilidade normal, o folheto anterior da valva mitral pode ser visto tocando ou aproximando-se do endocárdio septal, no início da diástole. À medida que a contratilidade cardíaca diminui, a distância entre o folheto valvar e o septo aumenta. O modo M é usado para documentar e medir o grau de excursão da valva mitral, conhecida como Separação Septal do Ponto E (EPSS). Essa medida normalmente é inferior a 7 mm. Estudos demonstraram que o EPSS maior que 1 cm se correlaciona de forma confiável com uma fração de ejeção baixa. Vale

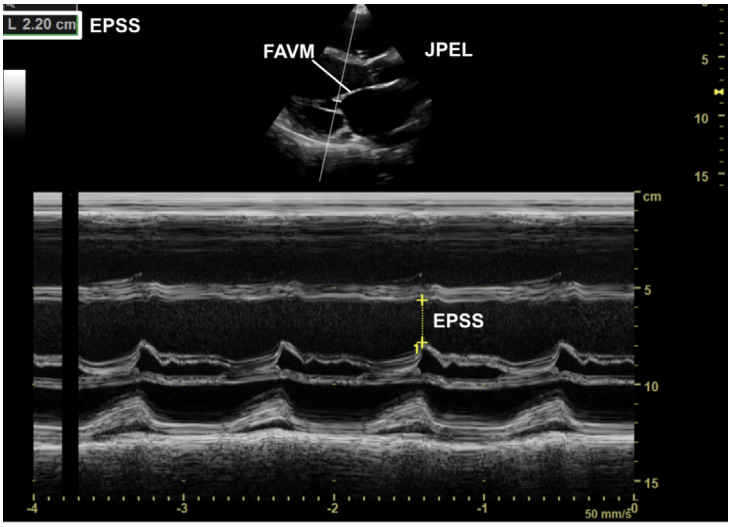
considerar que esse método não é capaz de inferir contratilidade cardíaca na presença de disfunção valvar mitral, insuficiência aórtica ou hipertrofia extrema do ventrículo esquerdo.

**Figura 11:** Medida da separação septal do ponto E (0,29 cm), na janela paraesternal de eixo longo




FAVM – Folheto Anterior da Valva Mitral; JPEL – Janela Paraesternal de Eixo Longo; EPSS – Separação Septal do Ponto E

**Figura 12:** Medida da separação septal do ponto E (2,2 cm), na janela paraesternal de eixo longo




FAVM – Folheto Anterior da Valva Mitral; JPEL – Janela Paraesternal de Eixo Longo; EPSS – Separação Septal do Ponto E

Avaliação do Ventrículo Direito (VD): sabe-se que, no coração normal, o VE é maior que o VD. Isto ocorre secundariamente ao mecanismo compensatório da exposição do

VE à pressão da circulação sistêmica, que é mais alta em relação à circulação pulmonar. Na ecocardiografia à beira-leito, a proporção normal do ventrículo esquerdo para o direito é de 1:0,6. As janelas cardíacas ideais para determinar essa proporção de tamanho entre os dois ventrículos são as paraesternais de eixo longo e curto e a apical de quatro câmaras. Qualquer condição que cause aumento repentino da pressão dentro do circuito vascular pulmonar resultará em dilatação aguda das câmaras direitas cardíacas.

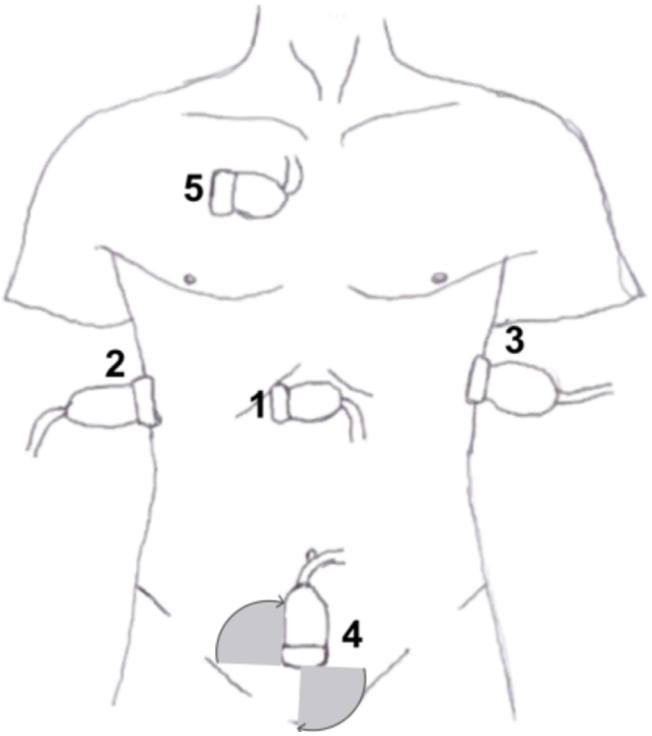
A hipotensão com sinais de tensão do VD pode ser um sinal de que há embolia pulmonar maciça causando choque obstrutivo. O alargamento do VD em relação ao VE e a deflexão do septo interventricular da direita para a esquerda em direção ao VE (sinal do D), visto principalmente na janela paraesternal de eixo curto, são sinais de aumento na tensão no lado direito do coração. Em situações de aumento crônico e gradual da pressão arterial pulmonar e das câmaras direitas do coração, como embolia pulmonar menor e recorrente, *cor pulmonale* e hipertensão arterial pulmonar primária, haverá dilatação e espessamento ou hipertrofia das paredes do VD. O clínico deve considerar o tamanho da parede ventricular como um ponto de diferenciação: em condições agudas que levam ao esforço, a parede será menor que 5 mm. No caso de condições crônicas, essa medida tende a ser superior a 5 mm[8].

## 3.2 Passo 2: “Tanque” – Avaliação da volemia

Essa etapa do protocolo se propõe a avaliar o status de volume intravascular do paciente. A avaliação dos seguintes parâmetros deve ser realizada:

- avaliação da Veia Cava Inferior (VCI);
- exame FAST;
- avaliação de derrame pleural e edema pulmonar;
- avaliação de pneumotórax.

**Figura 13:** Ponto anatômico para avaliação do status volêmico no Protocolo RUSH




1 – Região subxifoide – avaliação da veia cava; 2 – Quadrante superior direito do abdome – visualização do espaço hepatorrenal; 3 – Quadrante superior esquerdo do abdome – avaliação do espaço esplenorrenal; 5 – Linha hemiclavicular – avaliação de parênquima pulmonar e linha pleural

A avaliação da *veia cava inferior* com o ultrassom (US) é um dos métodos não invasivos para estimativa do volume circulatório intravascular. Estudos demonstraram que a medida do diâmetro da veia cava inferior e a sua variação de tamanho em relação à dinâmica respiratória têm uma correlação com a Pressão Venosa Central (PVC). Para o estudo da VCI no US, deve-se utilizar o transdutor de baixa frequência (convexo), posicionado na região subxifoide. No corte transversal, a VCI possui formato elipsoide e está localizada anteriormente ao corpo vertebral e à esquerda da tela. É diferenciada da aorta, além de seu posicionamento anatômico, pelas paredes mais finas e complacentes. Em seguida, deve-se posicionar a imagem da VCI no centro da tela, girar o transdutor a 90° com o marcador apontando para a direção cefálica e identificar um ponto de 2 a 4 cm da entrada da VCI no átrio direito, aproximadamente na altura da desembocadura da veia hepática direita na veia cava inferior.

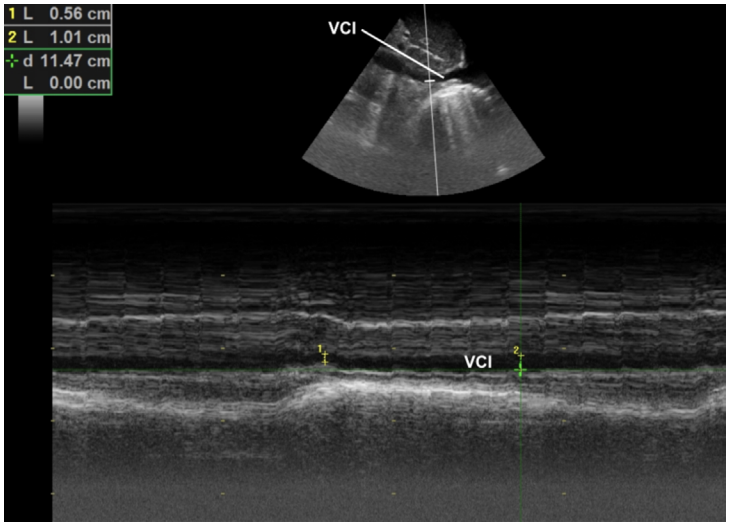
**Figura 14:** Veia cava inferior vista no seu ponto de entrada no átrio direito




VCI – Veia Cava Inferior; VHD – Veia Hepática Direita

Com a imagem da VCI no plano longitudinal, seleciona-se o modo M para o estudo da variabilidade do diâmetro da VCI durante o ciclo respiratório.

**Figura 15:** Veia cava inferior vista no modo M para avaliação da variabilidade do seu diâmetro em relação ao ciclo respiratório




VCI – Veia Cava Inferior

Nos estados fisiológicos, a VCI terá um padrão normal de variabilidade durante a inspiração e a expiração. A pressão negativa gerada no tórax com a inspiração leva ao aumento do fluxo sanguíneo do abdome para a cavidade torácica. Ao contrário dos pacientes em respiração espontânea, a ventilação mecânica faz com que a VCI diminua a sua variabilidade, devido à presença de pressão positiva exercida pelo ventilador durante a inspiração.

O índice de *colapsibilidade* da VCI (em paciente em *ventilação espontânea*) é calculado pela seguinte fórmula:

*IC: [(Dmax – Dmin) / Dmax] ×100* (normal entre 40-50%)

- Dmax: Diâmetro máximo da VCI (expiratório final);
- Dmin: Diâmetro mínimo da VCI (inspiratório final);
- IC: Índice de Colapsibilidade.

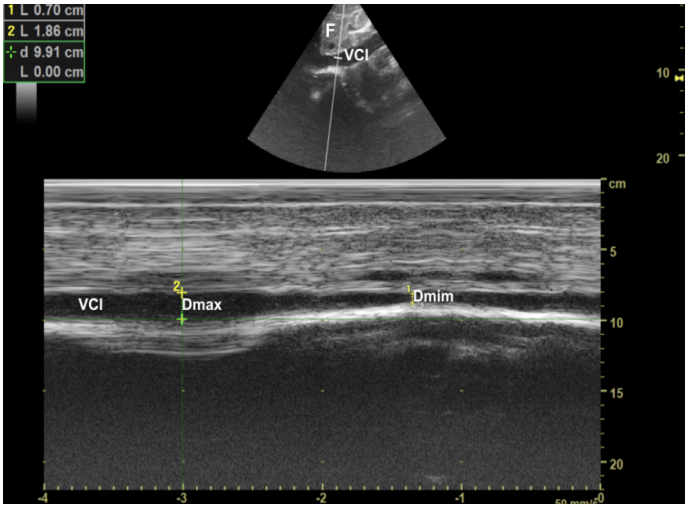
O índice de *distensibilidade* (em pacientes em *ventilação mecânica*) é calculado pela seguinte fórmula:

*ID: [(Dmax – Dmin) / Dmin]* × *100* (> 18% – maior fluido responsividade) ou

*ID: [(Dmax – Dmin) / Dmédio]* × *100* (< 12% – maior fluido responsividade)

- Dmax: Diâmetro máximo da VCI (inspiratório final);
- Dmin: Diâmetro mínimo da VCI (expiratório final);
- ID: Índice de Distensibilidade.

**Figura 16:** Veia cava inferior vista no modo M. Medida do diâmetro máximo e diâmetro mínimo




VCI – Veia Cava Inferior; Dmax – Diâmetro máximo; Dmin – Diâmetro mínimo

Para uma VCI de menor diâmetro (< 2 cm de diâmetro) com uma variabilidade no ciclo respiratório maior que 40-50%, a PVC (Pressão Venosa Central) estimada é menor que 10 cmH2O. Esse fenômeno pode ser observado em estados de choque hipovolêmico e distributivo.

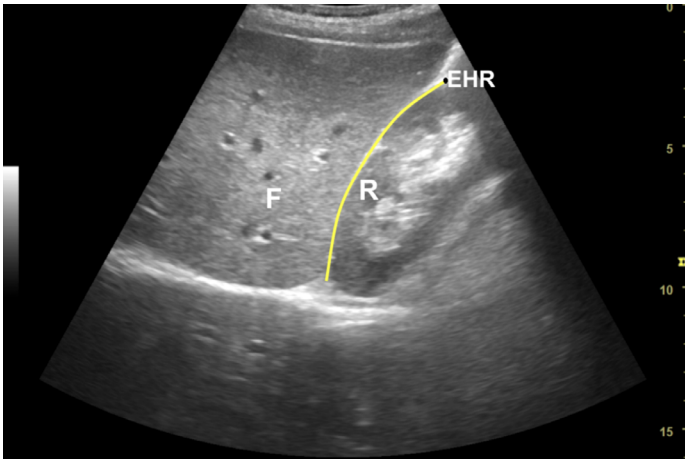
Uma VCI de tamanho maior (> 2 cm de diâmetro) com colapsibilidade e variação menor que 40-50%, a PVC estimada é maior do que 10 cmH2O.

Atualmente, recomenda-se que a avaliação da função cardíaca seja realizada antes da avaliação da VCI para a adequada interpretação de seus achados. Exames seriados da VCI com reposição de fluídos podem ser mais úteis do que uma única avaliação, pois a capacidade de resposta ao volume foi correlacionada com o enchimento progressivo da VCI ao longo do tempo.

A aplicação do protocolo FAST, utilizado para avaliação de presença de líquido na cavidade, também está dentro do protocolo RUSH. Esse exame consiste na inspeção dos espaços potenciais nos quadrantes abdominais superiores direito e esquerdo, bem como na pelve. Avaliações específicas incluem o espaço entre o fígado e o rim (espaço hepatorrenal), a área entre o rim e o baço (espaço esplenorrenal) e ao redor e atrás da bexiga

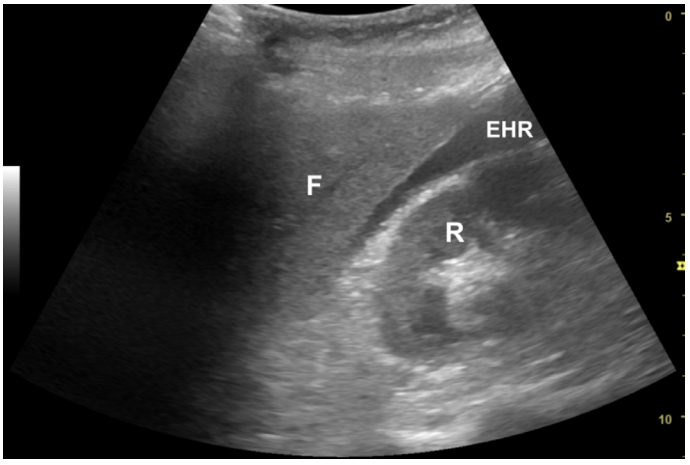
(espaço retovesicular/retovaginal). Uma região escura ou anecoica em qualquer um desses três espaços potenciais representa líquido intraperitoneal livre.

**Figura 17:** Espaço hepatorrenal com ausência de líquido na cavidade




F – Fígado; R – Rim; EHR – Espaço Hepatorrenal

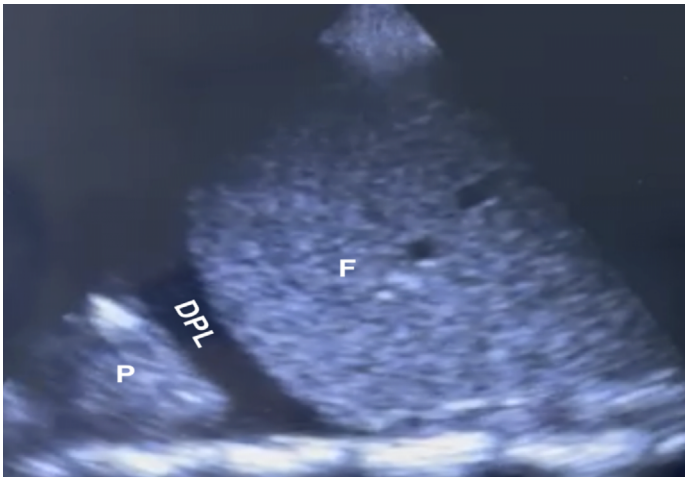
**Figura 18:** Espaço hepatorrenal com presença de líquido na cavidade




F – Fígado; R – Rim; EHR – Espaço Hepatorrenal com figura anecoica sugestiva (líquido na cavidade)

No contexto de um quadro de trauma, o clínico deve avaliar se há um "buraco no tanque", isto é, líquido na cavidade abdominal (hemoperitônio) ou na cavidade torácica (hemotórax), que pode levar a quadro de choque hipovolêmico. Em condições não traumáticas, o acúmulo de líquido nas cavidades abdominal (ascite) e torácica (derrame pleural) podem significar "sobrecarga do tanque" como resultantes de insuficiência cardíaca, renal e/ou hepática.

**Figura 19:** Derrame pleural

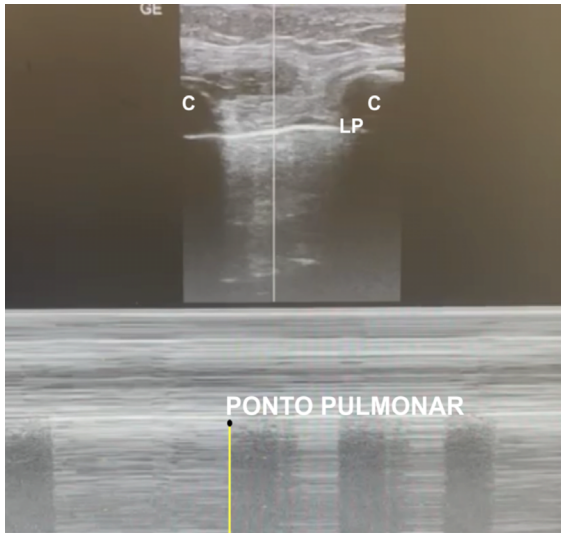



P – Pulmão; F – Fígado; DPL – Derrame Pleural

A avaliação do grau de *congestão pulmonar, edema pulmonar* ou *derrames pleurais* oferece sinais indicativos de sobrecarga volêmica ou extravasamento de líquido para o terceiro espaço. No cenário de hipotensão, diminuição da contratilidade do VE, dilatação da VCI (sem colapsibilidade), sinais de edema pulmonar (protocolo BLUE) e derrame pleural bilateral (protocolo E-FAST) sugerem choque cardiogênico.

O *pneumotórax* (protocolo BLUE) hipertensivo também pode ser uma causa de choque, principalmente após procedimentos invasivos tais como instalação de cateter venoso central, de marca-passo ou realização de toracocentese. Nesses casos, o retorno venoso ao coração é limitado pelo aumento da pressão torácica, levando a um choque obstrutivo. É importante lembrar que o diagnóstico de pneumotórax hipertensivo é essencialmente clínico.

**Figura 20:** Pneumotórax evidenciado na avaliação pulmonar. Presença do ponto pulmonar no Modo M




C – Arco Costal; LP – Linha Pleural

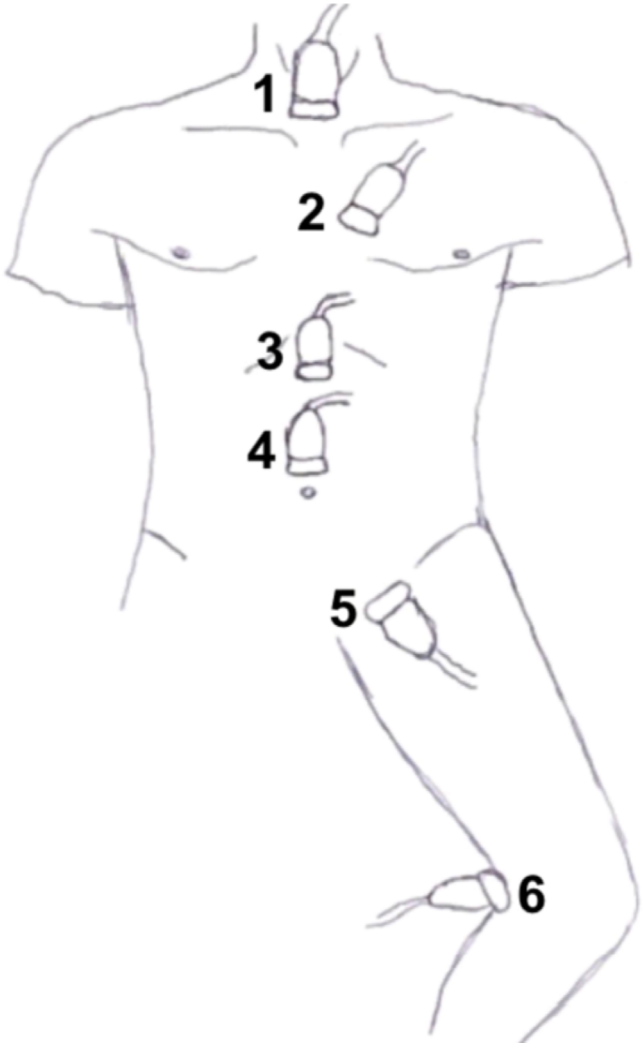
## *3.3 Passo 3: "Canos" – Avaliação dos vasos*

Nessa etapa do protocolo, é realizada uma avaliação voltada para os principais vasos do corpo, tanto do componente arterial quanto venoso. Busca-se a identificação de alterações vasculares relacionadas a causas e mecanismos do choque, que elevam a taxa de mortalidade em curto espaço de tempo.

O exame vascular é direcionado para identificação das seguintes condições:

- aneurisma ou dissecção aórtica;
- Trombose Venosa Profunda (TVP).

**Figura 21:** Pontos de avaliação vascular do *protocolo RUSH*



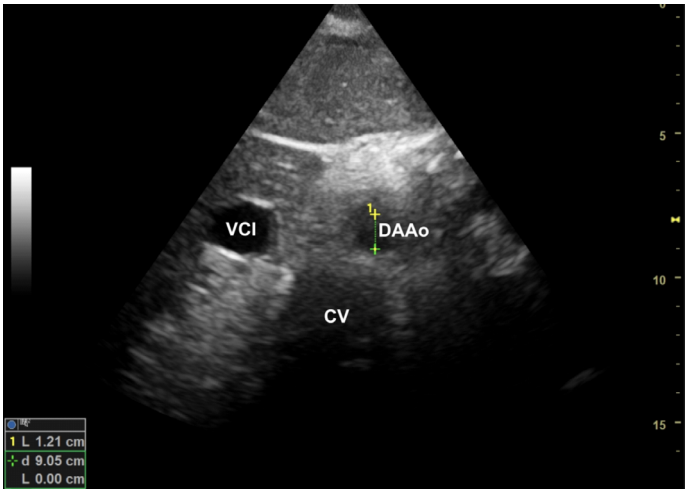

1 – Janela supraesternal – avaliação do arco aórtico; 2 – janela paraesternal de eixo longo – avaliação da raiz proximal da aorta; 3 – janela subxifoide – avaliação da aorta abdominal proximal; 4 – região supra umbilical – avaliação de aorta abdominal distal; 5 – avaliação de TVP em veia femoral; 6 – avaliação de TVP em veia poplítea

A *Ruptura de Aneurisma de Aorta* é classicamente descrita como um quadro clínico composto por dor na região toracolombar, hipotensão arterial e massa abdominal pulsátil. No entanto, em menos da metade dos casos esta tríade é observada. Em alguns casos o choque será o único achado[13]. O POCUS é uma ferramenta coadjuvante que pode auxiliar na rapidez diagnóstica.

A avaliação da aorta abdominal é realizada utilizando-se um transdutor de baixa frequência (convexo), posicionado transversalmente, na região subxifoide. O ponto de referência utilizado para a identificação da aorta é o corpo vertebral (estrutura hiperecoica com sombra acústica posterior). Está localizada anteriormente ao corpo vertebral e à direita da tela em relação ao corpo vertebral. Seu estudo tem início na região subxifoide e estende-se até a

bifurcação das artérias ilíacas comuns. A aorta abdominal é avaliada no sentido craniocaudal, tanto no plano transversal quanto no plano longitudinal.

**Figura 22:** Medida do diâmetro externo ântero-posterior da aorta abdominal



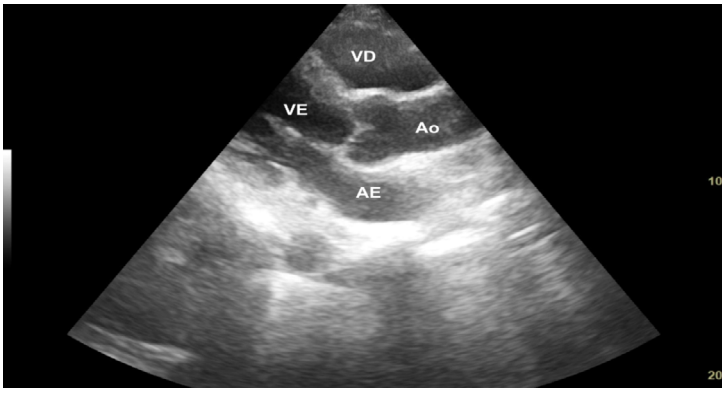

VCI – Veia Cava Inferior; DAAo – Diâmetro Ântero-Posterior da Artéria Aorta

A medida deve ser realizada no corte transversal, considerando-se o diâmetro máximo do vaso de parede externa a parede externa. Uma medida superior a 3 cm é anormal e define um aneurisma da aorta abdominal. Aneurismas menores podem ser sintomáticos, embora a ruptura seja mais comum em aneurismas maiores que 5 cm14. É importante considerar que o sangramento proveniente de um aneurisma de aorta abdominal geralmente ocorre no espaço retroperitoneal, que é de difícil avaliação pelo exame de ultrassonografia, portanto, ao realizar o exame FAST, nenhum líquido livre intraperitoneal será identificado e isso não exclui a possibilidade de sangramento ativo.

A avaliação de *dissecções aórticas* também compõe essa etapa**.** A ultrassonografia transtorácica possui menor sensibilidade para este fim, quando comparada a outros métodos de imagem tais como a tomografia computadorizada, ressonância magnética ou ultrassonografia transesofágica15. No entanto, na emergência à beira-leito, é de grande ajuda. O achado ultrassonográfico sugestivo inclui uma membrana que divide a luz arterial em dois compartimentos. Essa membrana representa a íntima ou, em alguns casos, uma porção da média. O diâmetro da aorta geralmente está aumentado nas dissecções, mas não tanto quanto nos aneurismas.

A avaliação da raiz da aorta proximal é feita por meio da janela paraesternal de eixo longo do coração, e uma medida maior do que 3,8 cm é considerada anormal. Uma dissecção aórtica classe A de Stanford geralmente leva a uma raiz aórtica alargada. Nesses pacientes, regurgitação aórtica ou derrame pericárdico também podem ser observados[8].

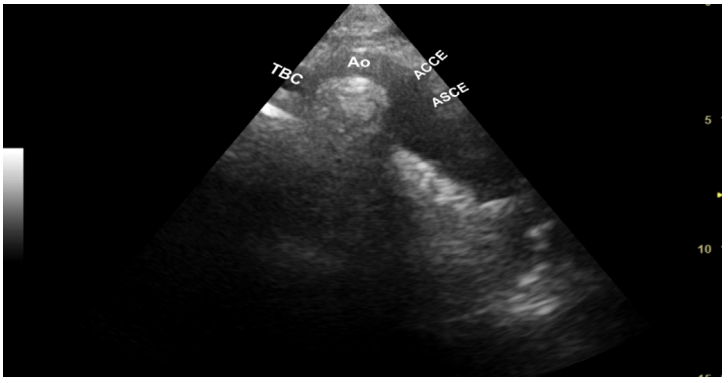
**Figura 23:** Janela paraesternal de eixo longo. Avaliação da raiz da aorta proximal




VD – Ventrículo Direito; VE – Ventrículo Esquerdo; AE – Átrio Esquerdo;
Ao – Artéria Aorta – porção proximal

A janela supraesternal, que serve para a avaliação do arco aórtico, é realizada colocando-se o transdutor setorial na fúrcula esternal com o marcador orientado no sentido caudal. Uma dissecção aórtica classe B de Stanford pode ser detectada observando-se a presença da membrana na aorta descendente torácica ou na aorta abdominal, nos casos em que há comprometimento abaixo do diafragma. O estudo com Doppler colorido pode ajudar tanto na distinção da membrana quanto na identificação dos dois lúmens, confirmando o diagnóstico.

**Figura 24:** Janela supraesternal. Avaliação do arco aórtico




TBC – Tronco Braquiocefálico; Ao – Artéria Aorta – arco aórtico;
ACCE – Artéria Carótida Comum Esquerda; ASCE – Artéria Subclávia Esquerda

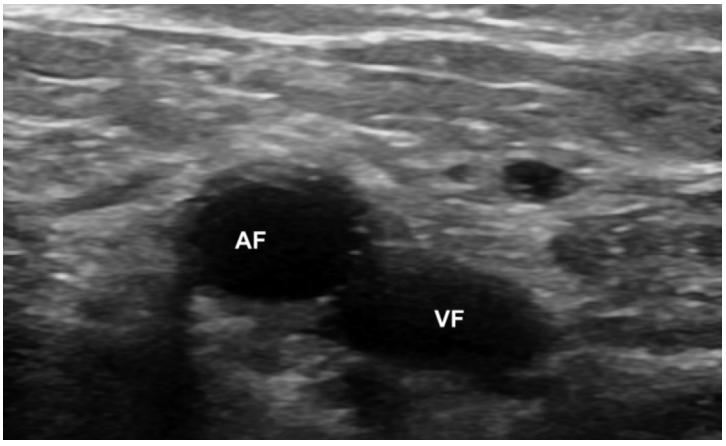
A avaliação de *Trombose Venosa Profunda (TVP)* faz parte, obrigatoriamente, do protocolo de avaliação ultrassonográfica do paciente com suspeita de evento tromboembólico como causa de choque. Como a maioria das embolias pulmonares se origina de TVP em membros inferiores, a avaliação venosa no *protocolo RUSH* é indicada em dois sítios principais: a veia femoral e a poplítea. Essa fase do exame é realizada com uso do transdutor de alta frequência (linear). Um coágulo sanguíneo agudo forma uma massa no lúmen da

veia, e o achado clássico de TVP será o colabamento incompleto ou não colabamento das paredes anterior e posterior da veia após a manobra de compressão.

A veia sem alterações trombóticas terá suas paredes colabadas mediante a manobra de compressão. A avaliação é realizada pela aplicação de compressão graduada e segmentar, no plano transversal dos segmentos venosos de interesse. O Doppler colorido acrescenta muito pouco à interpretação dos achados, além de aumentar o tempo de exame; por isso, não é utilizado nos protocolos POCUS que avaliam TVP.

A veia femoral é avaliada primeiro, posicionando-se o transdutor em plano transversal, logo abaixo do ligamento inguinal. A veia femoral está localizada medialmente à artéria femoral, e ambas vão aparecer como figuras circulares anecoicas, devido à presença de conteúdo líquido no seu interior (sangue).

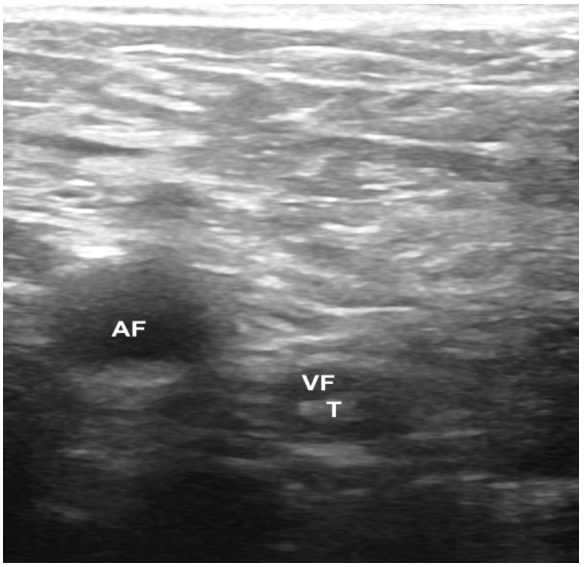
**Figura 25:** Veia e artéria femoral




AF – Artéria Femoral; VF – Veia Femoral

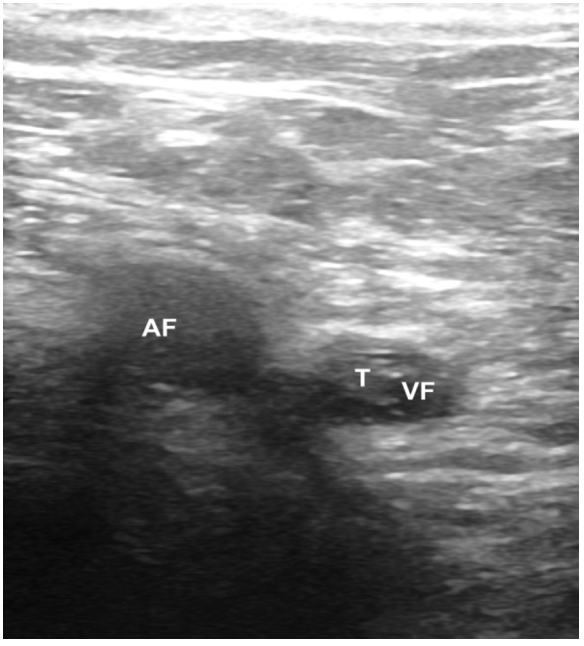
A artéria femoral geralmente apresenta-se pulsátil e não tem sua forma alterada durante a manobra de compressão. A veia femoral normalmente colaba facilmente frente a essa manobra. A varredura deve começar na veia femoral, localizada abaixo do ligamento inguinal, e continuar no sentido caudal por 2 a 3 cm.

**Figura 26:** Presença de imagem hiperecoica no interior da veia femoral, sugestivo de TVP




AF – Artéria Femoral; VF – Veia Femoral; T – Trombo

**Figura 27:** Presença de imagem hiperecoica no interior da veia femoral. Veia não colabada após manobra de compressão




AF – Artéria Femoral; VF – Veia Femoral; T – Trombo

A segunda área de avaliação é a fossa poplítea. O transdutor é posicionado em plano transversal. Em seguida, deve-se identificar a veia poplítea, que geralmente está localizada medialmente à artéria poplítea. A veia poplítea é formada pela junção das veias tibiais posteriores e anteriores. Dirige-se no sentido cranial e na abertura do adutor magno se torna a veia femoral.

## 4 Referências

ATKINSON, Paul R.; MILNE, James; DIEGELMANN, Laura; LAMPRECHT, Hein; STANDER, Melanie; LUSSIER, David; PHAM, Chau; HENNEBERRY, Ryan; FRASER, Jacqueline M.; HOWLETT, Michael K. Does Point-of-Care Ultrasonography Improve Clinical Outcomes in Emergency Department Patients with Undifferentiated Hypotension? An International Randomized Controlled Trial from the SHoC-ED Investigators. *Annals of Emergency Medicine*, [*s. l.*], v. 72, n. 4, p. 478-489, out. 2018.

FLANAGAN, Kevin; SALERNO, Alexis. The Rapid UltraSound in Shock (RUSH). *In*: SALERNO, Alexis; HAASE, Daniel J.; MURTHI, Sarah B. *Atlas of Critical Care Echocardiography*, [*s. l.*]: Springer, Cham, 2021. p. 123-128.

GONZALEZ, Juan M.; ORTEGA, Johis; CRENSHAW, Nichole; TANTILLO, Lila de. Rapid Ultrasound for Shock and Hypotension. *Advanced Emergency Nursing Journal*, [*s. l.*], v. 42, n. 4, p. 270-283, out. 2020.

HIEMSTRA, Bart; ECK, Ruben J.; KEUS, Frederik; HORST, Iwan C.C. van Der. Clinical examination for diagnosing circulatory shock. *Current Opinion in Critical Care*, [*s. l.*], v. 23, n. 4, p. 293-301, ago. 2017.

KODOLITSCH, Yskert V.; KRAUSE, Norbert; NIENABER, Christoph A.; SPIELMANN, Rolf. Diagnostic potential of combined transthoracic echocardiography and x-ray computed tomography in suspected aortic dissection. *Clinical Cardiology*, [*s. l.*], v. 22, n. 5, p. 345-352, maio 1999.

LANG, Roberto M.; BIERIG, Michelle; DEVEREUX, Richard B.; FLACHSKAMPF, Frank A.; FOSTER, Elyse; PELLIKKA, Patricia A.; PICARD, Michael H.; ROMAN, Mary J.; SEWARD, James; SHANEWISE, Jack S. Recommendations for chamber quantification: a report from the American Society of Echocardiography's Guidelines and Standards Committee and the Chamber Quantification Writing Group, developed in conjunction with the European Association of Echocardiography, a branch of the European Society of Cardiology. *Journal of the American Society of Echocardiography*, [*s. l.*], v. 18, n. 12, p. 1440-1463, dez. 2005.

MASSARO, Anthony. Approach to the Patient with Shock. *In:* JAMESON, J. Larry. *Harrison's Principles of Internal Medicine*. 20. ed. Nova Iorque: McGraw-Hill Education, 2018.

NEVITT, Martin P.; BALLARD, David J.; HALLETT, John W. Prognosis of Abdominal Aortic Aneurysms. *New England Journal of Medicine*, [*s. l.*], v. 321, n. 15, p. 1009-1014, out. 1989.

PERERA, Phillips; MAILHOT, Thomas; RILEY, David; MANDAVIA, Diku. The RUSH Exam: rapid ultrasound in shock in the evaluation of the critically III. *Emergency Medicine Clinics of North America*, [*s. l.*], v. 28, n. 1, p. 29-56, fev. 2010.

RAMADAN, Asmaa; ABDALLAH, Tamer; ABDELSALAM, Hassan; MOKHTAR, Ahmed; RAZEK, Assem A. Accuracy of echocardiography and ultrasound protocol to identify shock etiology in emergency department. *Bmc Emergency Medicine*, [*s. l.*], v. 22, n. 1, p. 1-9, jun. 2022.

ROHRER, Michael J. Long-term Survival and Quality of Life Following Ruptured Abdominal Aortic Aneurysm. *Archives Of Surgery*, [*s. l.*], v. 123, n. 10, p. 1213-1217, out. 1988.

SEIF, Dina; PERERA, Phillips; MAILHOT, Thomas; RILEY, David; MANDAVIA, Diku. Bedside Ultrasound in Resuscitation and the Rapid Ultrasound in Shock Protocol. *Critical Care Research and Practice*, v. 2012, p. 1-14, out 2012.

SHOKOOHI, Hamid; BONIFACE, Keith S.; ZARAGOZA, Michelle; POURMAND, Ali; EARLS, James P. Point-of-care ultrasound leads to diagnostic shifts in patients with undifferentiated hypotension. *The American Journal of Emergency Medicine*, [*s. l.*], v. 35, n. 12, p. 1984.3-1984.7, dez. 2017.

SIQUEIRA, Bruno G.; SCHMIDT, André. Choque circulatório: definição, classificação, diagnóstico e tratamento. *Medicina (Ribeirão Preto)*, Ribeirão Preto, v. 36, n. 2/4, p. 145-150, 2003. Disponível em: https://www.revistas.usp.br/rmrp/article/view/540. Acesso em: 14 jun. 2024.

VINCENT, Jean-Louis; BACKER, Daniel de. Circulatory Shock. *New England Journal of Medicine*, [*s. l.*], v. 369, n. 18, p. 1726-1734, out. 2013.

Capítulo 7

# Ultrassonografia à beira-leito (POCUS) na parada cardiorrespiratória (PCR)

*Isabella Escarlate Hannes*

## 1 Introdução

A parada cardiorrespiratória (PCR) pode ser definida como a cessação súbita da atividade mecânica do coração, caracterizada por ausência de pulso e de movimentos respiratórios.

A realização da ultrassonografia à beira-leito (POCUS) durante uma PCR permite a identificação de algumas causas e define e guia procedimentos terapêuticos.

O POCUS é realizado em sincronia com o procedimento de ressuscitação cardiopulmonar entre as pausas, para avaliação de ritmo e pulso. Deve ter duração de, no máximo, dez segundos, não interferindo na reanimação cardiopulmonar. É executado quantas vezes necessário.

O examinador responsável pela realização do POCUS deve utilizar um único transdutor capaz de explorar todas as janelas, isto é, de baixa frequência (convexo ou setorial).

O POCUS é iniciado pela insonação das janelas subxifoide e apical quatro câmaras. A seguir, são avaliadas as janelas pleuropulmonares (segundos espaços intercostais). Caso necessário, o protocolo E-FAST (Extended Focused Assessment Sonography for Trauma) pode ser realizado.

## 2 Sequência de reanimação cardiopulmonar segundo protocolo ACLS com utilização do POCUS

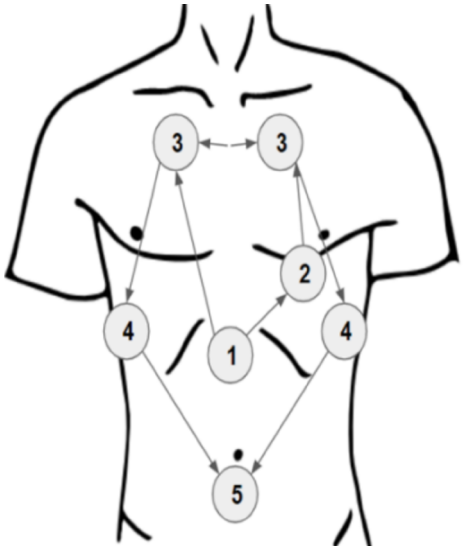
1. Verificar a responsividade: por meio de estímulo tátil, com movimentação passiva e pressão em ombros, associado ao estímulo sonoro chamando o paciente em voz alta.
2. Paciente não responsivo: verificar a respiração, se efetiva ou ausente/agônica (*gasping*). Avaliar pulso central, carotídeo ou femoral, por até dez segundos.

3. Se houver respiração ausente ou agônica associada à presença de pulso, é caracterizada uma parada respiratória. Caso haja respiração ausente ou agônica com ausência de pulso central, tem-se uma parada cardiorrespiratória.
4. Na parada cardiorrespiratória, as compressões torácicas são iniciadas imediatamente, com frequência de 100 a 120 compressões por minuto, no terço inferior do esterno. As compressões torácicas devem comprimir a parede torácica em 5 a 6 cm, permitindo o seu completo retorno ao final de cada compressão.
5. Mantêm-se as compressões torácicas e inicia-se a ventilação com uso de bolsa com máscara (frequência de duas insuflações eficientes a casa 30 compressões torácicas) até a instalação de via aérea definitiva.
6. Após dois minutos de manobra de reanimação cardiopulmonar (final do primeiro ciclo de reanimação), avalia-se o ritmo cardíaco. Nesse momento, é realizada a primeira avaliação com o POCUS na janela subxifoide.
7. Caso haja indicação de desfibrilação elétrica (fibrilação ventricular ou taquicardia ventricular sem pulso), utilizar desfibrilador com choque único na potência máxima do aparelho (360J no monofásico ou 200J no bifásico). Reavaliar o ritmo e, se necessário, reiniciar a ressuscitação cardiopulmonar (RCP).
8. Administrar adrenalina (1mg intravenoso ou intraósseo) seguido de 20 ml de solução salina 0,9% e elevação do membro utilizado. Pode ser repetido a cada três a cinco minutos.
9. Após dois minutos, checar novamente o ritmo cardíaco, avaliar a presença de pulso central e seguir para a segunda janela do POCUS, a janela apical quatro câmaras. Se persistir a fibrilação ventricular ou taquicardia ventricular sem pulso, realizar nova desfibrilação e seguir com RCP e ventilação.
10. Após o segundo choque, pode-se administrar o antiarrítmico (amiodarona na dose de 300 mg intravenoso ou intraósseo) seguido de 20 ml de solução salina a 0,9% e elevação do membro utilizado. Caso necessário, pode-se repetir a amiodarona (150 mg) uma segunda vez, após três a cinco minutos.
11. Quando não há indicação de choque elétrico (assistolia ou atividade elétrica sem pulso), deve-se reiniciar a RCP imediatamente e administrar epinefrina na dose de 1mg intravenosa ou intraósseo, seguido de 20 ml de solução salina 0,9% e elevação do membro utilizado (repetir a cada intervalo de três a cinco minutos).
12. Após dois minutos do ciclo de reanimação, avaliar o ritmo cardíaco e o pulso. Examinar a segunda janela do POCUS, a janela apical quatro câmaras. Se persistir a assistolia ou AESP (Atividade Elétrica Sem Pulso), reiniciar as compressões e insuflações e repetir epinefrina a cada três a cinco minutos. Ao verificar pulso e ritmo, trocar a janela do POCUS em busca da etiologia da parada cardiorrespiratória.

## 3 Sequência de avaliação do POCUS na PCR

1. Janela subxifoide: avaliar a veia cava inferior e se há tamponamento cardíaco.
2. Janela apical (quatro câmaras): avaliar contratilidade cardíaca e relação entre os ventrículos direito e esquerdo (VD/VE). Caso a relação VD/VE > 1, a principal hipótese é tromboembolismo pulmonar (TEP) com dilatação de VD.
3. Janela paraesternal: utilizar caso as duas anteriores não tenham sido conclusivas.
4. Janela pleuropulmonar: procurar pneumotórax.
5. E-FAST: seguir o protocolo em casos relacionados a traumas ou quando não há uma suspeita clara da etiologia da PCR, de forma a ampliar a busca de sua causa.

**Figura 1:** Posicionamento do transdutor durante a PCR




1 – Localização da janela subxifoide; 2 – localização apical quatro câmaras; 3 – avaliação pulmonar; 4 – janela pleuropulmonar; 5 – E-FAST

**Figura 2:** Transdutor convexo



**Figura 3:** Posicionamento do transdutor durante a PCR. Janela subxifoide



**Figura 4:** Posicionamento do transdutor durante a PCR. Janela apical quatro câmaras



**Figura 5:** Posicionamento do transdutor durante a PCR. Avaliação pulmonar no segundo espaço intercostal bilateral



**Figura 6:** Posicionamento do transdutor durante a PCR. Avaliação pulmonar na janela pleuropulmonar bilateral



**Figura 7:** Posicionamento do transdutor durante a PCR. Avaliação E-FAST

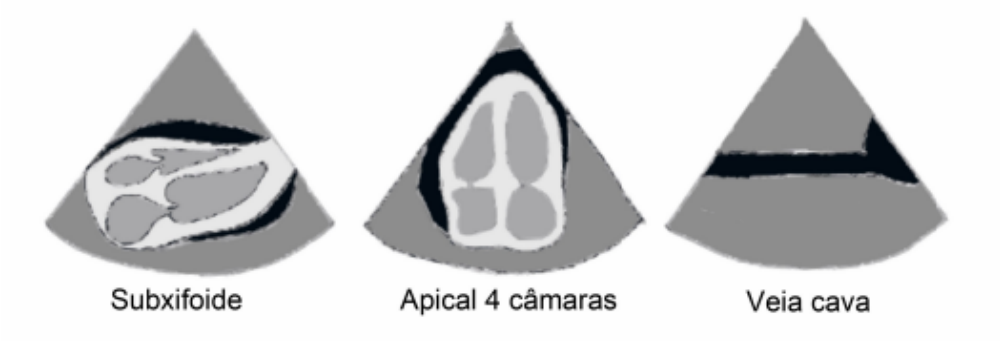


## 4 Protocolo CASA (Cardiac Arrest Sonography Assessment): Avaliação – tamponamento cardíaco

A janela utilizada é a subxifoide ou a apical quatro câmaras. Deve-se avaliar a presença de derrame pericárdico e de sinais indiretos de tamponamento cardíaco, como restrição da diástole e colapso do ventrículo direito.

O tratamento definitivo consiste na remoção do líquido pericárdico visando reduzir a pressão ao redor do coração. É realizada uma pericardiocentese à beira do leito, utilizando-se a janela subxifoide.

**Figura 8:** Achados no derrame pericárdico e tamponamento cardíaco. Presença de líquido em saco pericárdico, colapso do ventrículo direito. Veia cava ingurgitada, sem variabilidade com o ciclo respiratório




## 5 Avaliação – embolia pulmonar

Câmaras cardíacas: relação VD/VE > 1.

**Figura 9:** Achados da embolia pulmonar. Ventrículo direito dilatado com ventrículo esquerdo comparativamente menor. Veia cava ingurgitada, sem variabilidade com o ciclo respiratório

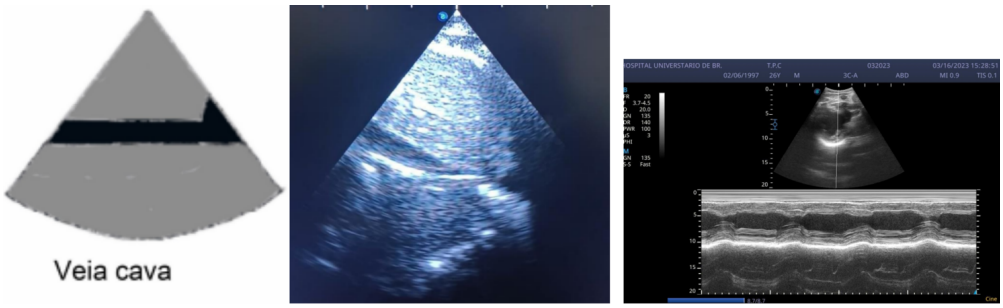



## 6 Avaliação – hipovolemia

A hipovolemia é caracterizada por uma redução do volume intravascular que pode ser causado por hemorragias, diarreias, vômitos, queimaduras extensas, sepse, entre outros. O quadro clínico envolve sinais e sintomas de má perfusão periférica, como taquicardia, oligúria, hipotensão, taquipneia e alteração do estado mental.

Achados no POCUS: câmaras cardíacas vazias (*kissing walls – beijo das paredes)*, veia cava inferior com diâmetro reduzido (diâmetro menor que 2 cm, colapso da veia cava inferior maior que 50% na inspiração espontânea), efusões peritoneais e pleurais.

**Figura 10:** Achado de hipovolemia. Câmaras cardíacas reduzidas de volume. Veia cava com diâmetro reduzido. Imagem de "*kissing walls*" com aproximação quase total das paredes da veia cava




## 7 Diferenciação entre assistolia verdadeira e fibrilação ventricular fina

A janela utilizada é a subxifoide ou apical quatro câmaras. A atividade cardíaca é definida como qualquer movimento visível do miocárdio, e a identificação da fibrilação ventricular fina por meio do POCUS é de extrema importância, pois modifica a conduta. Na fibrilação ventricular fina, indica-se a desfibrilação ventricular e, na assistolia, apenas a manobra de reanimação cardiopulmonar e adrenalina.

## 8 Avaliação – pneumotórax hipertensivo

Insona-se a região entre o segundo e o terceiro espaço intercostal, bilateralmente, na linha hemiclavicular. Achados no POCUS: ausência do sinal de deslizamento pleural (sinal do código de barras), presença do ponto pulmonar e veia cava inferior dilatada. O sinal do ponto pulmonar (*lung point*) representa a janela na qual é possível observar a transição em que: de um lado é visualizado o deslizamento pulmonar normal durante a inspiração; e de outro, a ausência desse deslizamento, representando a borda de um pneumotórax. A presença do ponto pulmonar é o sinal com maior especificidade.

## 9 Caso clínico

Paciente, 32 anos, sexo feminino, sem comorbidades prévias, foi internada para investigação de poliartralgia, febre, hipertensão, *rash* malar e edema de membros inferiores, sintomas iniciados há três meses. Durante a internação, evoluiu com quadro de dispneia progressiva, ortopneia, dor torácica, aumento do edema de membros inferiores e fadiga. A paciente foi admitida na Unidade de Terapia Intensiva e foram identificadas bulhas hipofonéticas, estase de jugular e hipotensão. Exames laboratoriais: leucócitos < 4000, fator antinuclear (FAN) positivo padrão pontilhado fino, anticorpo anti-DNA e anti-Sm positivos, consumo de complemento C3 e C4, teste de *Coombs* direto positivo, proteinúria de 24 horas superior a 3g. Firmado diagnóstico de Lúpus Eritematoso Sistêmico. No quinto dia, evoluiu com instabilidade hemodinâmica e

rebaixamento do nível de consciência (Escala de Coma de Glasgow 13), culminando com parada cardiorrespiratória em ritmo de Atividade Elétrica Sem Pulso (AESP).

Iniciada a reanimação cardiorrespiratória, seguida do POCUS baseado no protocolo CASA, em que foi identificado, através da janela subxifoide, derrame pericárdico extenso com comprometimento diastólico das câmaras direitas (tamponamento cardíaco). Decidiu-se por pericardiocentese de urgência com drenagem de 1.300 ml de líquido serossanguinolento. Após a punção, houve retorno da circulação espontânea e estabilização clínica.

**Quadro 1:** Pontos-chave da ultrassonografia à beira-leito (POCUS) na parada cardiorrespiratória (PCR)

| Condição | Janela | Achados no POCUS |
|---|---|---|
| Tamponamento cardíaco | Subxifoide Apical quatro câmaras<br>Paraesternal eixo longo | Presença de derrame pericárdico<br>Restrição da diástole do VD |
| Embolia pulmonar | Subxifoide Apical quatro câmaras | Relação VD/VE > 1<br>Veia cava inferir dilatada |
| Atividade cardíaca | Subxifoide Apical quatro câmaras | Assistolia verdadeira<br>Fibrilação ventricular fina |
| Pneumotórax hipertensivo | Linha hemiclavicular no 2º/3º espaço intercostal, bilateralmente<br>Avaliação do 5º espaço intercostal para direcionamento de punção | Ausência do sinal de deslizamento pleural<br>Sinal do código de barras<br>Veia cava inferior dilatada |
| Hipovolemia | Subxifoide<br>Veia cava inferior | Aproximação quase total das paredes do VE ao final da sístole (*kissing walls*)<br>Veia cava inferior colabada<br>Efusões peritoneais e pleurais (E-FAST) |

## 10 Referências

ÁVILA-REYES, Diana; ACEVEDO-CARDONA, Acevedo O.; GÓMEZ-GONZÁLEZ, José F., ECHEVERRY-PIEDRAHITA, David R., AGUIRRE-FLÓREZ, Mateo, GIRALDO--DIACONEASA, Adrian. Point-of-care ultrasound in cardiorespiratory arrest (POCUS-CA): Narrative Review Article. *The Ultrasound Journal*, [*s. l.*], v. 13, n. 46, dez. 2021.

AZEVEDO, Ana C. T.; MOREIRA, Igor de S.; FERREIRA, Izabella G.; MADEIRA, Johnny D. S.; SPINA, Rayanne B.; BRANT, Thais A. C.; SILVA, Eduardo A. dos S. M.; RASO, Leonardo A. M. Uso do ultrassom point-of-care (POCUS) na parada cardiorrespiratória (PCR). *Revista Eletrônica Acervo Saúde*, [*s. l.*], v. 12, n. 12, e4790, dez. 2020.

BLANCO, Pablo; BUENDÍA, Carmen M. Point-of-care ultrasound in cardiopulmonary resuscitation: a concise review. *J Ultrasound*, [*s. l.*], v. 20, n. 3, p. 193-198, jul. 2017.

DELAIA, Isadora N.; PORTO, Gustavo M. A.; FONSECA, Larissa O. L.; MITUIASSU, Alexandre M. Ultrassonografia Point-of-Care para avaliação cardiovascular à beira leito: uma revisão narrativa. *Revista Eletrônica Acervo Médico*, v. 15, e10832, ago. 2022.

GARDNER, Kevin F.; CLATTENBURG, Eben J.; WROE, Peter; SINGH, Amandeep; MANTUANI, Daniel; NAGDEV, Arun. The Cardiac Arrest Sonographic Assessment (CASA) exam – A standardizes approach to the use of ultrasound in PEA. *The American Journal of Emergency Medicine*, v. 36, n. 4, p. 729-731, abr. 2018.

GO, Alan S. *et al*. Heart Disease and Stroke Statistics – 2023 Update: A Report From the American Heart Association. *Circulation*, 2013; v. 127, n. 8, p. 6-245, fev. 2023.

HUSSEIN, Laila; REHMAN, Mohammad A.; SAJID, Ruhin; ANNAJJAR, Firas; AL-JANABI, Tarik. Bedside ultrasound in cardiac standstill: a clinical review. *The Ultrasound Journal*, v. 11, n. 1, p. 11-35, dez 2019.

STATPEARLS. *Bookshelf:* Cardiac Tamponade. Stashko, Eri; Meer, Jehangir M. StatPearls Publishing, ago. 2023. Disponível em: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK431090/. Acesso em: 19 jul. 2024.

VOLSCHAN, André *et al*. Diretriz de embolia pulmonar. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*, v. 83, supl. 1, ago. 2004.

Capítulo 8

# Avaliação do nervo óptico

*Fernanda Antunes Dias*
*Neysa Aparecida Tinoco Regattieri*
*Sergio Ricardo Menezes Mateus*

## 1 Introdução

O uso do Point-of-Care UltraSound (POCUS) é um método de imagem para avaliação da hipertensão intracraniana, por meio da mensuração do diâmetro do espaço entre as paredes da bainha do nervo óptico1.

Em outros métodos de imagem, é necessária a estabilidade clínica do paciente para que ele seja transportado até a Unidade de Imagem, implicando o aumento da taxa de morbimortalidade (2,3).

## 2 Anatomia do nervo óptico

No ultrassom, é possível identificar as câmaras anterior e posterior do globo ocular, separadas pelo cristalino, assim como o fluído aquoso e o humor vítreo, caracterizados como fluídos anecoicos[1,3].

Medimos o diâmetro do espaço hipoecoico localizado entre as duas paredes da bainha do nervo ótico (1).

Na figura 1 estão representadas as principais estruturas da anatomia do globo ocular, e na figura 2, sua identificação no exame ultrassonográfico.

Para entender a fisiopatologia da avaliação da pressão intracraniana por meio do exame de ultrassonografia é importante lembrar que essa bainha é composta pelos tecidos meníngeos, incluindo o espaço subaracnoide, preenchido por líquor (4). Dessa forma, situações em que há um aumento da pressão intracraniana provocam um aumento subsequente da pressão nos espaços liquóricos, provocando assim uma distensão de sua bainha (4).

Não há consenso na literatura sobre o ponto de corte que determine um aumento do diâmetro da bainha do nervo ótico (DBNO). As variações descritas do DBNO são (5, Kasturiarachi BM, Michaels M, Sharma S. Intracranial Pressure. Crit Care Clin. 2025 Jul;41(3):529-539.):

- Normal: ≤ 5mm
- Zona de incerteza: 5 a 6 mm
- Hipertensão intracraniana: > 6mm

Atualmente a literatura determina o valor de 5,5 mm do DBNO como a melhor relação entre especificidade e sensibilidade.

**Figura 1:** Anatomia do globo ocular – principais estruturas para avaliação do nervo óptico

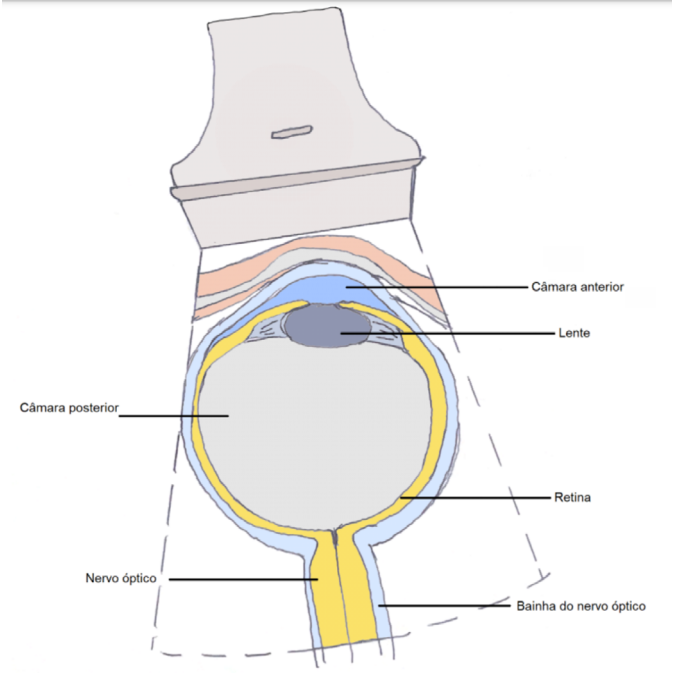


**Figura 2:** Ultrassonografia normal da bainha do nervo óptico




## 3 Técnica e interpretação

O POCUS do globo ocular é realizado com o transdutor linear de alta frequência – quanto menor o transdutor, melhor o contato com o olho (4).

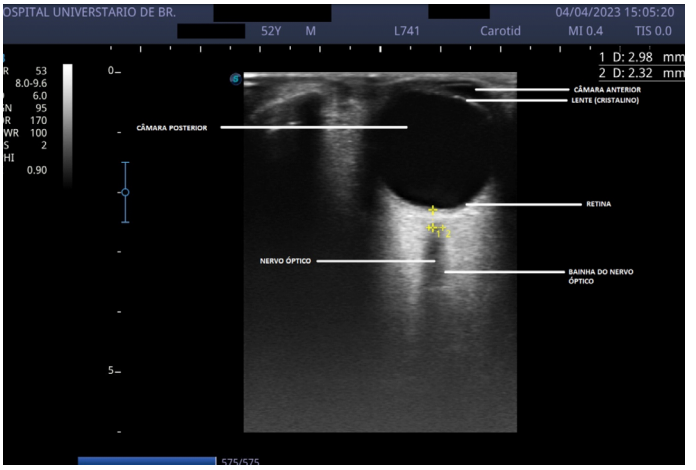
A cabeça deve ser mantida em posição supina, com elevação entre 20 e 30 graus (5). O paciente deve ser mantido nesta posição durante um minuto, no mínimo, antes de comerçar-se o estudo. A seguir, aplica-se o gel transdutor com a pálpebra ocluída, podendo-se utilizar um filme plástico adesivo para recobri-la, tomando-se cuidado para evitar a formação de bolhas (5,6).

A mão que segura o transdutor deve estar apoiada em uma superfície óssea, como o nariz do paciente, para evitar pressão direta sobre o globo ocular (6). O exame deve ser feito em orientação transversal, buscando-se o nervo óptico com movimentos nasotemporais e cefalocaudais suaves (6).

A bainha do nervo óptico é identificada a partir do topo do cilindro hipoecoico (nervo óptico) (5). A partir deste ponto, medimos 3 mm posteriormente ao globo ocular e, nesta localização, realizamos a medida da bainha do nervo (4). O diâmetro deve ser perpendicular ao eixo longitudinal do nervo (4). Uma das formas de se obter resultados mais acurados é realizar três medidas diferentes em cada olho, e utilizar as médias de cada um (2). O exame deve ser feito bilateralmente (6).

Na figura 2, observa-se o exame da bainha do nervo óptico de um paciente, internado na Unidade de Terapia Intensiva (UTI) por rebaixamento de nível de consciência. O exame de ultrassonografia para investigação de hipertensão intracraniana evidenciou um diâmetro inferior a 3 mm. O achado foi confirmado por tomografia computadorizada do crânio, que não demonstrava sinais de hipertensão intracraniana.

**Figura 3:** Avaliação de nervo óptico por ultrassonografia à beira-leito




## 4 Referências

GASPAR, Patrícia. O desafio da mensuração da bainha do nervo óptico: uma revisão da literatura. *Jornal Brasileiro de Medicina de Emergência*, [*s. l.*], v. 2, n. 3, p. 2-8, 2022.

HUO, Samantha C.; GIBBONS, Ryan C.; CONSTANTINO, Thomas G. Utility of Point – of-Care Ultrasound in the Diagnosis of Idiopathic Intracranial Hypertension in the Emergency Department. *Journal of Emergency Medicine*, [*s. l.*], v. 60, n. 2, p. 210-215, fev. 2021.

Kasturiarachi BM, Michaels M, Sharma S. Intracranial Pressure. *Crit Care Clin*. 2025 Jul; 41(3):529-539.

LAU, Torey; AHN, Justin S.; MANJI, Rahim; KIM, Daniel J. A Narrative Review of Point of Care Ultrasound Assessment of the Optic Nerve in Emergency Medicine. *Life*, [*s. l.*], v. 13, n. 2, p. 1-21, 2023.

OCHOA-PÉREZ, Lucas; CARDOZO-OCAMPO, Alejandro. Ultrasound applications in the central nervous system for neuroanaesthesia and neurocritical care. *Colombian Journal of Anesthesiology*, [*s. l.*], v. 43, n. 4, p. 314-320, out. 2015.

STATPEARLS. *PubMed:* Optic Nerve Sheath Ultrasound. Richards, Evan; Munakomi, Sunil; Mathew, Dana. StatPearls Publishing, ago. 2023. Disponível em: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/32119366/. Acesso em: 19 jul. 2024.

STEVENS, Raoul R. F.; GOMMER, Erik D.; ARIES, Marcel J. H.; ERTL, Michael; MESS Werner H.; HUBERTS, Wouter; DELHAAS, Tammo. Optic nerve sheath diameter assessment by neurosonology: A review of methodologic discrepancies. *J Neuroimaging*, [*s. l.*], v. 31, n. 5, p. 814-825, set 2021.

Capítulo 9

# Acesso venoso central guiado por ultrassonografia

*Matheus dos Santos Meireles*

## 1 Introdução

A ultrassonografia Point-of-Care (POCUS) é definida como o exame de ultrassonografia realizado à beira-leito com o propósito de responder a perguntas que orientem a conduta terapêutica de maneira objetiva. Ela tem se tornado uma ferramenta auxiliar cada vez mais popular na realização de procedimentos médicos, como o acesso vascular.

O acesso venoso é uma conduta comum em unidades de saúde. A inserção do cateter venoso permite o tratamento medicamentoso ou coleta de exames; no entanto, pode ser desafiadora em alguns casos, especialmente em pacientes com acessos vasculares difíceis.

Ullman e Stoelting descreveram pela primeira vez a punção venosa central guiada por ultrassonografia em 1978. Evidências científicas demonstram que a utilização do exame de ultrassonografia aumenta a taxa de sucesso na primeira punção com redução das complicações, tais como punção arterial acidental, formação de hematomas e pneumotórax.

O exame de ultrassonografia permite a avaliação da viabilidade técnica e sua orientação. Isso minimiza o desconforto do paciente, reduz o tempo do procedimento e aumenta sua taxa de sucesso.

Atualmente, é comum o uso do exame de ultrassonografia para guiar punções vasculares. O transdutor de escolha para o estudo vascular é o de alta frequência, isto é, o linear, que permite a compressão uniforme dos vasos sanguíneos, auxiliando a distinção entre artérias e veias.

A seguir, descreve-se a técnica utilizada para acesso venoso central, guiada por ultrassonografia.

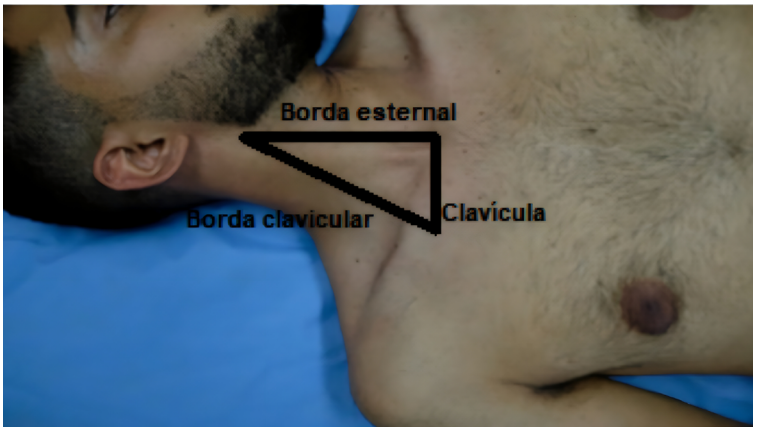
## 2 Técnica de exame

A técnica do procedimento compreende as seguintes etapas:

Identificação e explicação do procedimento ao paciente e/ou ao seu responsável legal para a obtenção de consentimento sempre que possível; posicionamento do paciente de acordo com o sítio de punção escolhido (veia jugular interna, veia subclávia ou veia femoral).

Na figura 1 o paciente está posicionado para realização de punção em veia jugular interna.

**Figura 1:** Posicionamento do paciente




- Paramentação: gorro, máscara e luvas para procedimento.
- Realização da assepsia do local a ser puncionado com solução degermante.
- Escovação das mãos e paramentação: avental/capote com mangas compridas e luvas estéreis.
- Organização do material a ser utilizado no procedimento (figura 2).
- Realização da assepsia do local a ser puncionado com solução alcoólica.
- Colocação de campos estéreis, deixando exposta apenas a área a ser puncionada.
- Vestimenta do transdutor do ultrassom com capa de proteção estéril.
- Identificação do vaso a ser puncionado no eixo transversal e verificação da sua perviedade por meio da compressão.
- Anestesia local: guiada pelo exame de ultrassonografia.
- Punção guiada sob visão ultrassonográfica – introdução da agulha longitudinalmente, com angulação entre 25º a 30º em relação à pele do paciente, ou transversalmente, com ângulo de 45º em relação ao vaso, como mostram as figuras 3 e 4, respectivamente.

**Figura 2:** Material necessário para punção de acesso venoso central

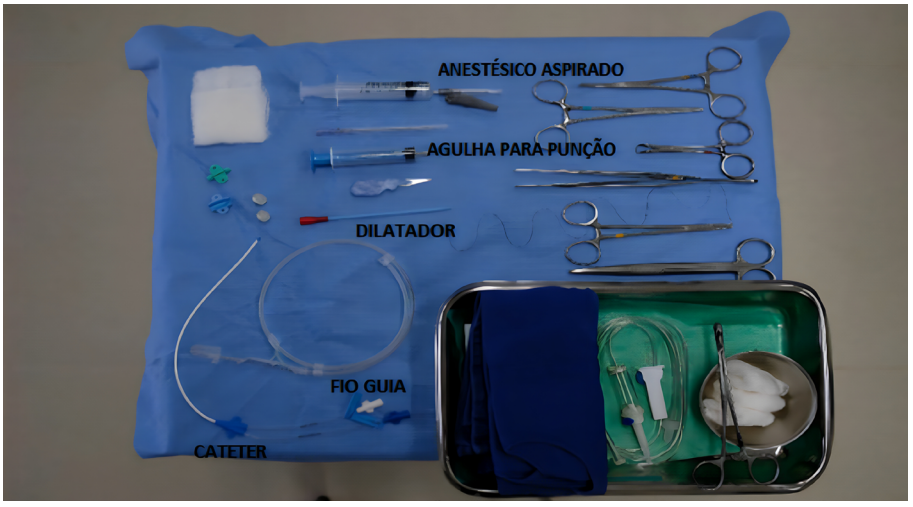
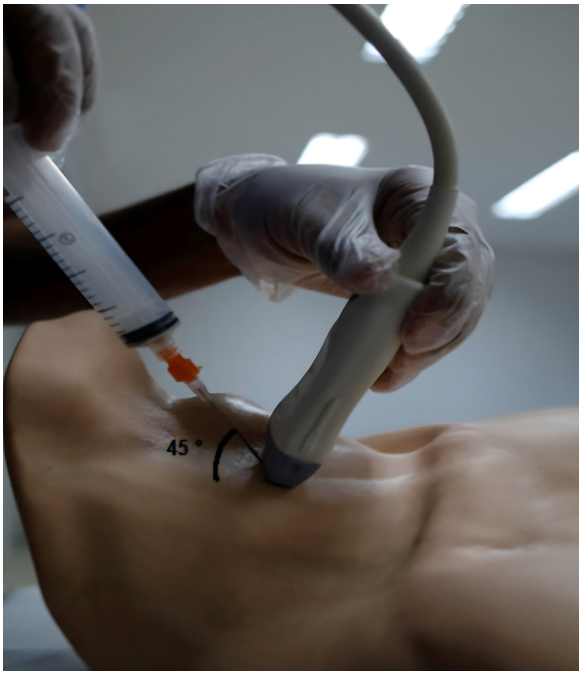



**Figura 3:** Punção de acesso venoso central em veia jugular interna direita no plano longitudinal



**Figura 4:** Punção de acesso venoso central em veia jugular interna direita no plano transversal

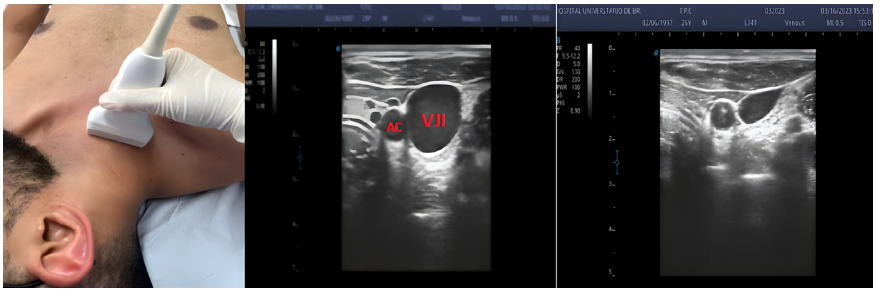



- Desconectar a seringa da agulha e introduzir o fio-guia.
- Retirar a agulha.
- Fazer uma pequena incisão com o bisturi no local da punção para facilitar a passagem do dilatador.
- Introduzir o dilatador pelo fio-guia e retirá-lo.
- Vestir o cateter sobre o fio-guia e introduzi-lo parcialmente.
- Introduzir o cateter.
- Retirar o fio-guia completamente após posicionamento correto do cateter.
- Testar as vias do acesso e a perviedade com solução salina estéril.
- Fixar o cateter à pele e ao curativo local.

## 3 Realização do exame

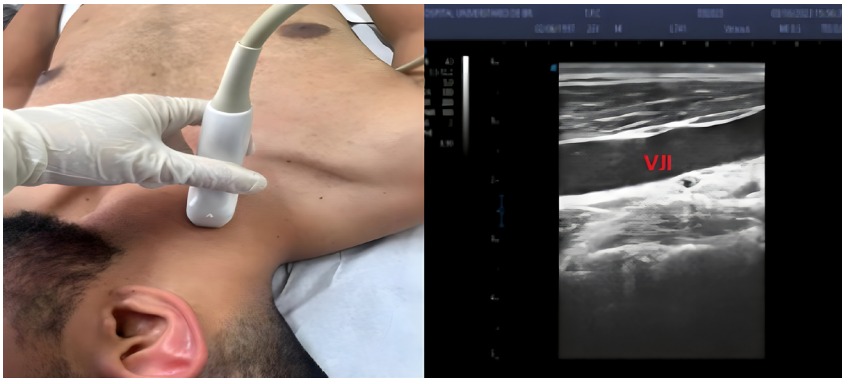
Na ultrassonografia, os vasos sanguíneos aparecem como estruturas anecoicas cilíndricas (figuras 5 a 7) ou arredondadas (figuras 8 e 9), dependendo se o transdutor estiver posicionado transversalmente ou longitudinalmente em relação à estrutura anatômica de interesse. Para a diferenciação entre artérias e veias, deve – se fazer um corte transversal do vaso e aplicar uma leve pressão sobre ele. A veia hígida colaba sob compressão, ao passo que a artéria, não. A complacência vascular é reduzida quando há trombo intraluminal e, na presença de trombose, deve-se mudar o sítio de punção.

**Figuras 5 a 7:** Técnica e imagens de punção guiada por ultrassonografia (USG)em veia jugular interna direita no modo transversal




AC – Artéria Carótida; VJI – Veia Jugular Interna

**Figuras 8 e 9:** Técnica e imagens de punção guiada por USG em veia jugular interna direita no modo longitudinal




VJI – Veia Jugular Interna

A correlação entre a orientação do transdutor e a imagem apresentada na tela é fundamental. A marcação observada no transdutor, em um corte longitudinal, deve ter orientação craniocaudal. Assim, a região cranial do paciente estará localizada à esquerda da tela e sua região mais caudal, à direita da tela. A marcação observada no transdutor, em um corte transversal, deve estar localizada à direita do paciente. Dessa forma, o lado direito do paciente estará localizado à esquerda da tela.

## 4 Referências

BIASUCCI, Daniele G.; LA GRECA, Antonio; SCOPPETTUOLO, Giancarlo; PITTIRUTI, Mauro. What's really new in the field of vascular access? Towards a global use of ultrasound. *Intensive Care Medicine*, [*s. l.*], v. 41, n. 4, p. 731-733, abr. 2015.

BRASS, Patrick; HELLMICH, Martin; KOLODZIEJ, Laurentius; SCHICK, Guido; SMITH, Andrew F. Ultrasound guidance versus anatomical landmarks for internal jugular vein catheterization. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, [*s. l.*], v. 1, n. 1, CD006962, jan. 2015.

HOFER, Mathias. *Ultrassonografia – Manual prático de ensino*: Princípios básicos de execução e interpretação. 6. ed. Rio de Janeiro: Thieme Revinter; 2010.

PITTIRUTI, Mauro; LA GRECA, Antonio. How to choose the most appropriate ultrasound – guided approach for central line insertion: Introducing the rapid central venous assessment protocol. *In*: LUMB, Phillip. D., KARAKITSOS, Dimitrios. *Critical care ultrasound*. Philadelphia: Saunders, 2014. p. 76.

SPENCER, Timothy R.; PITTIRUTI, Mauro. Rapid Central Vein Assessment (RaCeVA): A systematic, standardized approach for ultrasound assessment before central venous catheterization. *The Journal of Vascular Access*, [*s. l.*], v. 20, n. 3, p. 239-249, maio 2019.

ULLMAN, James I.; STOELTING, Robert K. Internal jugular vein location with the ultrasound Doppler blood flow detector. *Anesth Analg*, [*s. l.*], v. 57, n. 1, p. 118, 1978.

A Editora UnB é filiada à

Associação Brasileira
das Editoras Universitárias

Este livro foi composto em UnB Pro e Liberation Serif.

# TÓPICOS EM ULTRASSONOGRAFIA À BEIRA-LEITO

## POCUS (*Point-of-Care Ultrasound*)

O exame de ultrassonografia é um método de avaliação e/ou diagnóstico de imagem que vários profissionais de saúde têm incorporado na sua prática clínica nos últimos anos, inclusive em ambientes de urgências e emergências, utilizado como extensão do exame físico. Seu objetivo é o esclarecimento de questões clínicas específicas que permitam o diagnóstico e intervenção terapêutica em curto período de tempo, a fim de prognóstico favorável do paciente. A ultrassonografia a beira leito, POCUS (Point-of-Care Ultrasound), é considerada como o quinto elemento propedêutico, complementando a inspeção, palpação, percussão e ausculta, pois aumenta a acurácia diagnóstica e otimiza a tomada de decisão. Trata-se de um método não invasivo, que não utiliza radiação ionizante, de baixo custo e de rápida realização. É uma ferramenta coadjuvante ao diagnóstico, avaliação prognóstica e de monitorização utilizada na urgência, emergência e em unidades de cuidados intensivos. As evidências de seu efeito na prática clínica e o crescente desenvolvimento de equipamentos portáteis apontam que o POCUS tornará uma ferramenta padrão e indispensável na avaliação, tomada de decisão e condução de procedimentos clínicos não invasivos e invasivos. Desta maneira, é importante a inserção do tema nos currículos dos cursos de graduação, com treinamento POCUS. O objetivo deste material é descrever e contextualizar os protocolos mais utilizados, principalmente no cenário da urgência e emergência, para apoiar o aprendizado das disciplinas dos cursos de graduação da área de saúde.

EDITORA UnB

SÉRIE ENSINO DE GRADUAÇÃO