

Como Eu Faço a Fração de Ejeção do Ventrículo Esquerdo: Do Bidimensional ao Tridimensional

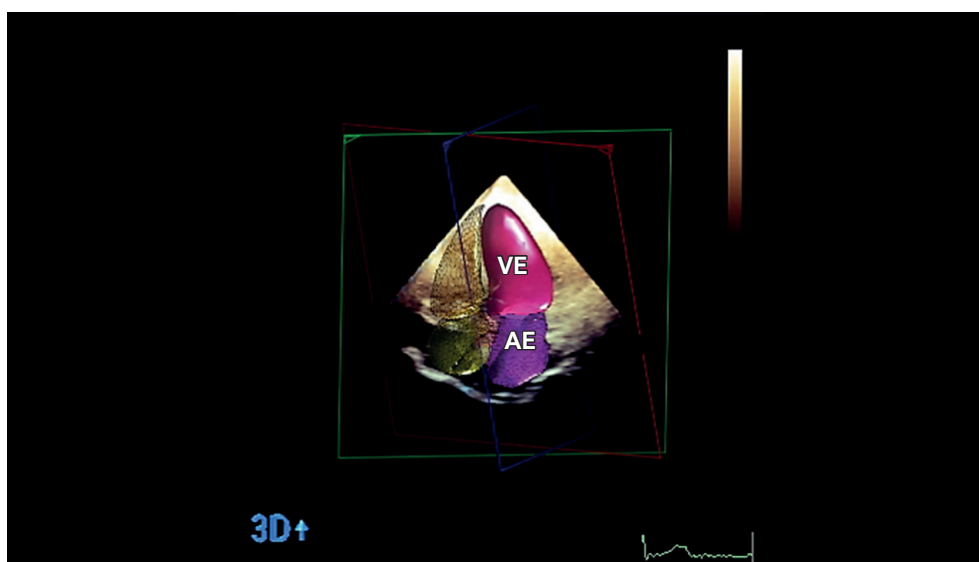
My Approach to Calculate the Left Ventricular Ejection Fraction: From a Two-Dimensional to a Three-Dimensional Technique

Lucas Arraes de França,¹ Danilo Bora Moleta²

Hospital Israelita Albert Einstein,¹ São Paulo, SP – Brasil

Hospital viValle, São José dos Campos,² São Paulo, SP – Brasil

Figura Central: Como Eu Faço a Fração de Ejeção do Ventrículo Esquerdo: Do Bidimensional ao Tridimensional



Arq Bras Cardiol: Imagem cardiovasc. 2024;37(3):e20240059

Resumo

A ecocardiografia é o método diagnóstico mais usado para aferição de índices de função sistólica do ventrículo esquerdo (VE), permitindo a estimativa rápida, disponível e não invasiva de parâmetros como volumes ventriculares, *stroke volume* e fração de ejeção. O conhecimento detalhado da técnica é muito importante para estimativa acurada dessas

medidas. Também é importante seu refinamento, intimamente associado à experiência do examinador e ao conhecimento dos softwares atuais.

Neste artigo de revisão, será discutido como medir com precisão os volumes do VE e sua fração de ejeção usando técnicas ecocardiográficas bidimensionais e tridimensionais, com dicas e sugestões baseadas nas principais diretrizes de quantificação de câmaras cardíacas americanas e europeias, bem como nos artigos mais recentes da literatura.

Palavras-chave

Volume Sistólico; Ecocardiografia; Ecocardiografia Tridimensional

Correspondência: Lucas Arraes de França •

Hospital Israelita Albert Einstein. Av. Albert Einstein, 627/701. CEP: 05652-900. São Paulo, SP – Brasil

E-mail: lucas.franca81@gmail.com

Artigo recebido em 15/06/2024; revisado em 17/06/2024; aceito em 04/07/2024

Editor responsável pela revisão: Marcelo Tavares

DOI: <https://doi.org/10.36660/abcimg.20240059>

Introdução

Nos primórdios da ecocardiografia, baseada no método unidimensional (modo M), era possível apenas aferir os diâmetros diastólico e sistólico finais do ventrículo esquerdo (VE). Por meio de fórmulas matemáticas fortemente influenciadas por suposições geométricas, calculava-se os volumes diastólico e sistólico finais do VE, o volume sistólico (*stroke volume*) e a fração de ejeção. Além disso, o modo M, apesar de sua ótima resolução temporal, era

realizado completamente às cegas, o que frequentemente levava a uma superestimativa dos diâmetros ventriculares e da massa ventricular esquerda.¹

Com a evolução da técnica e o uso da ecocardiografia bidimensional (2D), já era possível aferir os diâmetros ventriculares em seu verdadeiro eixo (perpendicular ao eixo longitudinal do VE), reduzindo a variabilidade interobservador de suas medidas. No entanto, a aferição dos volumes ventriculares ainda dependia muito de geometrias pré-determinadas matematicamente. Com o passar dos anos, tornou-se possível aferir os volumes diastólico e sistólico finais do VE por meio de técnicas que delineiam a interface sangue-tecido a partir de cortes apicais de 2 câmaras (2C) e 4 câmaras (4C), como a área-comprimento e a técnica do somatório dos discos biplanar. Apesar de ainda serem baseadas em suposições geométricas e do frequente encurtamento da região apical do VE, essas técnicas são capazes de corrigir distorções geométricas não visibilizadas em um corte paraesternal em eixo longo, permitindo uma análise de um número bem maior de segmentos ventriculares.²

No início do século XXI, com a incorporação de técnicas avançadas na ecocardiografia, tornou-se possível eliminar grande parte das limitações existentes na aferição dos volumes ventriculares. Com a introdução da ecocardiografia com agentes de realce ultrassonográfico de microbolhas (ARUS), foi possível uma melhor identificação da interface sangue-miocárdio compactado, permitindo delinear com maior precisão as bordas endocárdicas e, assim, aferir volumes com menor subestimativa, obtendo valores mais próximos aos da ressonância nuclear magnética. Sua aplicabilidade com fins de opacificação da cavidade ventricular esquerda (OVE) já foi aprovada pelo Food and Drug Administration (FDA) dos Estados Unidos em 2014 e tem sido usada com frequência em grande parte dos maiores centros de ecocardiografia do mundo em pacientes com janelas ecocardiográficas subótimas.³ Com a evolução da ecocardiografia tridimensional (3D), tornou-se possível estimar volumes ventriculares esquerdos sem qualquer suposição geométrica, eliminando por completo o viés de encurtamento apical. Estudos robustos na literatura já demonstraram a sua importância para a aferição de volumes ventriculares do VE, massa ventricular esquerda e fração de ejeção, encontrando valores muito próximos aos da técnica padrão-ouro, a ressonância nuclear magnética.⁴

Nos últimos anos, o uso da inteligência artificial tem crescido substancialmente. Agora, há softwares baseados em algoritmos matemáticos (MBA), que permitem, tanto por meio da ecocardiografia 2D quanto 3D, estimar de maneira fácil, rápida e reproduzível os volumes ventriculares esquerdos, *stroke volume* e fração de ejeção, visando diminuir a variabilidade interobservador, especialmente entre examinadores menos experientes.⁵

Neste artigo, será discutido como aferir com precisão os volumes do VE e sua fração de ejeção pelas técnicas ecocardiográficas bidimensionais e tridimensionais, com atenção especial aos principais detalhes que podem levar a erros nas medições.

Ecocardiografia 2D

As diretrizes de quantificação de câmaras cardíacas da American Society of Echocardiography (ASE) em conjunto com a European Association of Cardiovascular Imaging (EACVI), apesar de recomendarem a aferição dos diâmetros diastólico e sistólico finais do VE durante o exame ecocardiográfico, não sugerem que esses diâmetros sejam utilizados para a aferição dos volumes ventriculares, principalmente em ventrículos com mudanças em sua geometria e alterações na contratilidade miocárdica segmentar. A técnica baseada na ecocardiografia 2D convencional recomendada para se estimar os volumes do VE, seu *stroke volume* e sua fração de ejeção, é a técnica do somatório dos discos biplanar (regra de Simpson modificada).^{2,6}

Por meio dessa técnica, a partir de cortes apicais de 4C e 2C, é possível visualizar 13 dos 17 segmentos do VE, corrigindo possíveis distorções geométricas que possam envolver suas regiões apical e as paredes inferosseptal, anterolateral, anterior e inferior. Além disso, tem a vantagem de aferir volumes que assumem formas menos baseadas em suposições geométricas do que os volumes quantificados a partir de simples diâmetros lineares do VE, como nas técnicas do cubo e Teichholz. Como desvantagem, a técnica do somatório dos discos biplanar não permite a inclusão de alterações de contratilidade miocárdica que afetem as paredes anterosseptal e inferolateral do VE, vistas no corte apical de 3 câmaras, além da limitação do frequente *dropout* endocárdico, que dificulta o delineamento preciso da interface sangue-miocárdio compactado, especialmente em janelas ecocardiográficas subótimas.²

Para se realizar a aferição de volumes ventriculares esquerdos pela técnica do somatório dos discos biplanar, deve-se adquirir cortes apicais de 4C e 2C, evitando ao máximo o encurtamento da região apical do VE e otimizando as resoluções espacial e temporal para melhor identificação dos segmentos miocárdicos estudados. Em adultos, opta-se por utilizar ondas de frequência em segunda harmônica para diferenciar melhor as trabéculas miocárdicas da borda endocárdica e reduzir artefatos do tipo “ring-down”. Em indivíduos obesos, deve-se reduzir a frequência para otimizar a imagem adquirida.⁷

Após a aquisição dos cliques, com softwares convencionais presentes nos aparelhos de ecocardiografia de diferentes marcas, deve-se congelar a imagem em diástole final, que vai corresponder ao pico da onda R do eletrocardiograma e imediatamente após o fechamento da valva mitral.⁸⁻¹⁰ A marcação do traçado da borda endocárdica (interface sangue-tecido) deve ser iniciada no anel mitral medial ao longo de toda cavidade ventricular esquerda até o anel mitral lateral, ou vice-versa. Durante esse processo, é importante garantir que a marcação pare no anel mitral e não invada a face ventricular das cúspides valvares mitrais. As trabéculas correspondentes à área não compactada do miocárdio, assim como os músculos papilares e as cordas tendíneas, devem ser incluídas na quantificação volumétrica. Caso existam imagens compatíveis com trombos ou massas no interior do VE, elas também devem ser incluídas na quantificação volumétrica. Após a aferição volumétrica em diástole final, procede-se com a medida do volume sistólico final, que deve ser realizada após a onda T do eletrocardiograma, no momento em que se

observa visualmente o menor volume ventricular sistólico. As medidas dos volumes diastólico e sistólico finais do VE devem ser feitas nos cortes apicais de 4C e 2C (Figura 1).^{2,6}

Após a realização dessas aferições, o software presente no aparelho de ecocardiografia calculará os volumes diastólico e sistólico finais em 4C, 2C e biplanar, além de estimar o *stroke volume* biplanar e a fração de ejeção biplanar do VE. Os valores de normalidade para parâmetros de dimensões, volumes e fração de ejeção do VE validados nas diretrizes da ASE/EACVI e no mais recente estudo multicêntrico publicado, o estudo WASE (World Alliance Societies of Echocardiography), estão demonstrados na Tabela 1.¹¹⁻¹⁴

Softwares semiautomatizados têm surgido recentemente para acelerar essas medidas e reduzir a variabilidade interobservador, embora dependam muito de uma imagem ecocardiográfica de alta qualidade e exijam conhecimento e treinamento. Após a aquisição de cortes apicais de 4C e 2C, o software reconhece o momento da diástole final pelo eletrocardiograma (pico da onda R) e exige a marcação dos pontos do endocárdio basal ventricular junto ao anel mitral e do ápice ventricular. Dessa forma, ele realiza um delineamento automático da borda endocárdica, aferindo o volume diastólico final e permitindo ajustes finos necessários ao final da medida. Dando continuidade, o software realizará o processamento para quantificação automática do volume

sistólico final (ao final da onda T do eletrocardiograma) e, também, o cálculo da curva volume-tempo do VE, com base na variação volumétrica da cavidade ventricular esquerda a partir do delineamento da borda endocárdica, *frame a frame*. Também é possível realizar o ajuste fino do delineamento da borda endocárdica ao final da sístole. Ao término da análise, o software fornece informações como volumes diastólico e sistólico finais biplanar, *stroke volume* biplanar e fração de ejeção do VE (Vídeo 1).^{2,6}

ARUS

É comum, em laboratórios de ecocardiografia e ambientes de terapia intensiva ou sala de emergência, encontrar pacientes com janelas ecocardiográficas subótimas que dificultam significativamente a estimativa precisa dos volumes do VE. Nesse cenário, a aplicabilidade de ARUS tem crescido consideravelmente na última década. As mais recentes diretrizes da ASE sobre o uso de ARUS recomendam que, nos casos em que a ecocardiografia 2D em repouso não consiga visualizar dois ou mais segmentos miocárdicos contíguos, seja considerado o uso de “contraste” de microbolhas com fins de OVE e melhorar o delineamento da interface-sangue tecido. Para isso, são necessários alguns ajustes na aquisição da imagem, visando evitar uma destruição precoce e garantir uma maior estabilidade das microbolhas. Para fins de OVE, recomenda-se utilizar um índice mecânico muito baixo

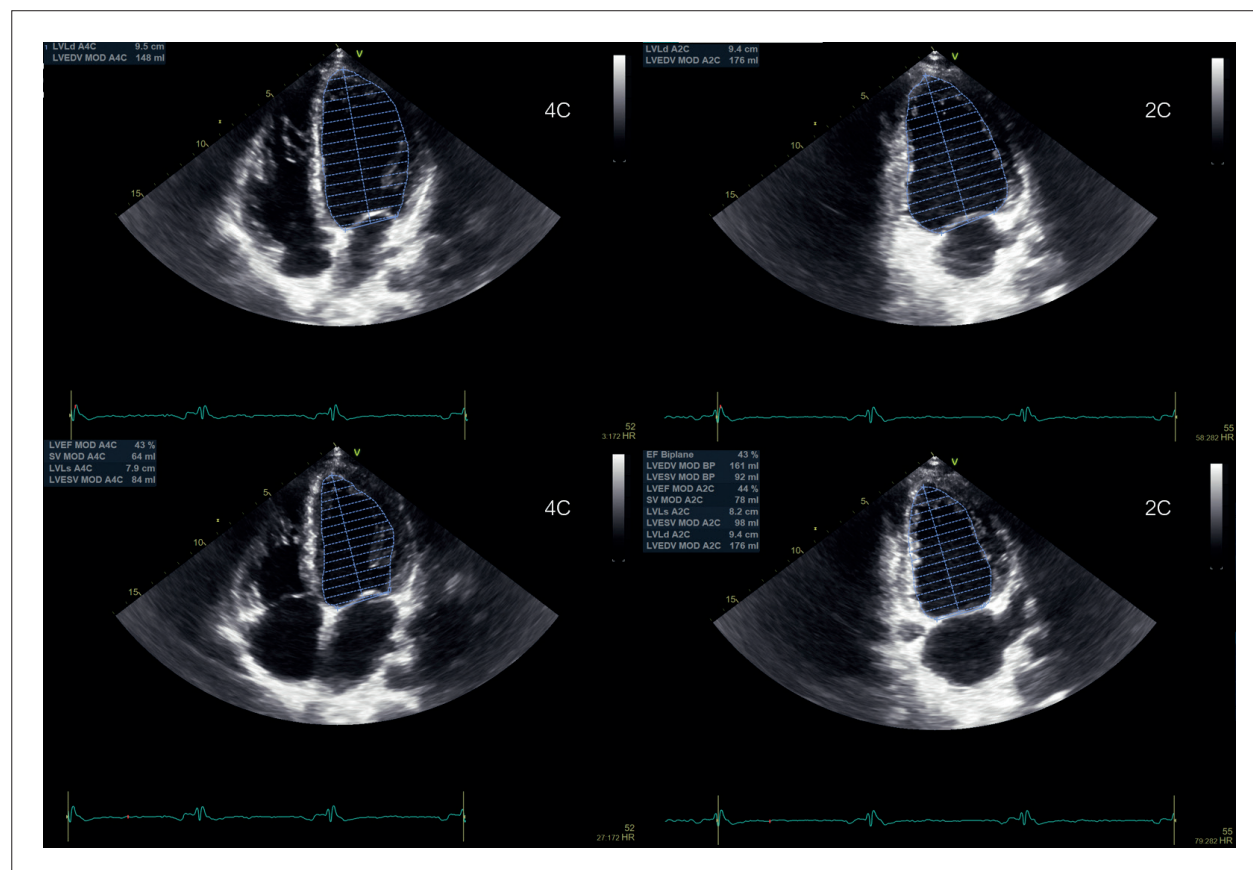


Figura 1 – Aferição dos volumes diastólico e sistólico finais do VE pela regra do somatório dos discos biplanar.

Tabela 1 – Valores normais para a população global do estudo WASE pelo gênero e comparados com as diretrizes ASE/EACVI 2015

Variável	WASE, LIN a LSN			Diretrizes	
	Homem	Mulher	P	Homem	Mulher
DDFVE, mm	36 a 56	33 a 51	<,0001	42 a 58	38 a 52
DDFVE indexado, mm/m ²	19 a 30	20 a 31	<,0001	22 a 30	23 a 31
DSFVE, mm	22 a 37	21 a 34	<,0001	25 a 40	22 a 35
DSFVE indexado, mm/m ²	12 a 20	12 a 21	<,0001	13 a 21	13 a 21
SIVd, mm	6 a 12	5 a 10	<,0001	6 a 10	6 a 9
PPd, mm	6 a 11	5 a 10	<,0001	6 a 10	6 a 9
Massa do VE, g	74 a 204	55 a 148	<,0001	88 a 224	67 a 162
Massa do VE indexada, g/m ²	42 a 101	36 a 85	<,0001	49 a 115	43 a 95
VDFVE, mL	61 a 65	47 a 122	<,0001	62 a 150	46 a 106
VDFVE indexado, mL/m ²	34 a 80	31 a 70	<,0001	34 a 74	29 a 61
VSFVE, mL	21 a 65	17 a 47	<,0001	21 a 61	14 a 42
VSFVE indexado, mL/m ²	12 a 32	11 a 28	<,0001	11 a 31	8 a 24
FEVE, %	57 a 68	58 a 69	<,0001	52 a 72	54 a 74
SGL do VE, %	-17 a -24	-18 a -26	<,0001	NA	NA

DDFVE: diâmetro diastólico final do ventrículo esquerdo; DSFVE: diâmetro sistólico final do ventrículo esquerdo; SIVd: diâmetro diastólico do septo interventricular; PPd: diâmetro diastólico da parede posterior; VE: ventrículo esquerdo; VDFVE: volume diastólico final do ventrículo esquerdo; VSFVE: volume sistólico final do ventrículo esquerdo; FEVE: fração de ejeção do ventrículo esquerdo; SGL: strain global longitudinal; WASE: World Alliance Societies of Echocardiography; LIN: limite inferior da normalidade; LSN: limite superior da normalidade.

(< 0,2), com ativação da harmônica com técnica de inversão de pulso. A maioria dos aparelhos de ecocardiografia mais recentes já possui *presets* ajustados para essa modalidade de aquisição.^{3,8}

A realização das medidas dos volumes ventriculares esquerdos deve seguir as mesmas recomendações descritas anteriormente neste documento, utilizando a regra do somatório dos discos biplanar. A vantagem do uso de ARUS é o melhor delineamento das bordas endocárdicas, permitindo uma aferição mais precisa dos volumes diastólico e sistólico finais, além de facilitar a detecção de trombos no interior da cavidade ventricular esquerda e o detalhamento preciso de trabeculações e falsos-tendões. Contudo, as desvantagens incluem as limitações mencionadas anteriormente inerentes à regra de Simpson modificada biplanar e a formação de sombra acústica nos segmentos basais do VE com o uso excessivo de “contraste” (Vídeo 2).^{2,5,8}

O uso de ARUS permite uma aferição de volumes do VE com menor subestimativa quando comparada à ecocardiografia 2D convencional, sendo possível estimar volumes com valores mais próximos da ressonância nuclear magnética.^{2,3,8}

Ecocardiografia 3D

A ecocardiografia 3D tem evoluído consideravelmente no século XXI após o surgimento dos transdutores completamente matriciais de segunda geração. Apesar de ainda apresentar limitações em termos de resolução temporal da imagem, o aumento em resolução espacial e o uso de artifícios, como a aquisição em *multibeam*, tornam essa modalidade ecocardiográfica a preferida para aferição de volumes ventriculares e fração de ejeção. Além disso, a ecocardiografia 3D não se baseia em suposições geométricas e elimina o viés de encurtamento da região apical do VE.^{9,12,13} Na última década, com o advento de softwares MBA de inteligência artificial, houve uma significativa redução no tempo de aquisição dos blocos tridimensionais e no ajuste da imagem pós-processamento, o que facilitou seu uso rotineiro nos maiores centros de ecocardiografia do mundo. Estudos recentes encorajam o uso da inteligência artificial com a ecocardiografia 3D para fins de análise da função sistólica ventricular esquerda, mostrando ser uma técnica de uso rápido, fácil, reproduzível e viável. É possível se obter valores de volumes ventriculares esquerdos, *stroke volume* e fração de ejeção muito próximos dos estimados pela ressonância nuclear magnética, considerada a técnica padrão-ouro.^{5,10}

Em softwares convencionais de ecocardiografia 3D, o estudo deve iniciar-se com a aquisição de um bloco 3D no modo “full volume”, idealmente em um layout que demonstre cortes ortogonais do bloco. Além disso, é essencial que todo o VE esteja centralizado na imagem e incluído no bloco 3D. Caso o VE não esteja totalmente englobado, é possível ajustar o tamanho lateral e a largura da elevação do bloco de forma que todo o VE esteja incluído. Com o uso do eletrocardiograma, que deve apresentar um sinal com nítida identificação da onda P, complexo QRS e onda T, e idealmente com o paciente em ritmo regular, o recurso *multibeam* é ativado para fundir blocos tridimensionais menores, visando a aquisição de um bloco 3D em modo “full volume” com uma resolução temporal com *volume rate* superior a 20 Hz. Habitualmente, isso pode ser feito com segurança utilizando uma aquisição *multibeam* a partir de 4 batimentos. Além de um eletrocardiograma com sinal bom e estável, é fundamental durante a aquisição que o paciente mantenha apneia com tempo proporcional ao número batimentos selecionados e permaneça imóvel, para que não haja a formação de artefatos lineares de fusão entre os pequenos blocos, conhecidos como *stitch artifacts*, que podem comprometer a análise do bloco “full volume” adquirido (Vídeo 3).⁹

Após a aquisição descrita acima, utiliza-se softwares tridimensionais dedicados para a análise do VE, que podem variar de acordo com a marca do equipamento utilizado. De uma maneira geral, esses softwares exigem inicialmente a confirmação do momento exato do final da diástole, que já foi detectado previamente pelo reconhecimento do pico da onda R do eletrocardiograma. Após a confirmação do *frame* correspondente a essa fase do ciclo cardíaco, procede-se

Artigo de Revisão

com o alinhamento dos planos coronal, sagital e transverso. Marcam-se os pontos correspondentes ao endocárdio basal ventricular junto ao anel mitral e ao ápice do VE nos planos coronal e sagital. Em seguida, o software realiza o reconhecimento automatizado da interface sangue-miocárdio compactado, sendo possível realizar os eventuais ajustes necessários de imediato após essa fase. É muito importante salientar que, assim como na ecocardiografia 2D, as trabéculas, músculos papilares e eventuais trombos intracavitários devem ser incluídos na análise volumétrica. Posteriormente, o software solicitará a confirmação do momento exato do final da sístole, que já foi automaticamente detectado pelo reconhecimento do final da onda T no eletrocardiograma. Após a confirmação do quadro correspondente a essa fase do ciclo cardíaco, assim como na diástole final, procede-se com a marcação dos pontos correspondentes ao endocárdio basal ventricular junto ao anel mitral e ao ápice do VE nos planos coronal e sagital. O software também fará o reconhecimento automatizado das bordas endocárdicas, sendo possível realizar os eventuais ajustes necessários de imediato após essas fases.⁹

A partir de uma análise sequencial das bordas endocárdicas volume por volume ao longo do tempo, o software possibilita a aferição não apenas dos volumes diastólico e sistólico finais, mas também estima as medidas volumétricas ao longo do ciclo cardíaco, confeccionando a curva volume-tempo do VE. Além disso, é possível segmentar o VE em 17 pequenos volumes codificados em cores e determinar a curva volume-tempo do volume regional de cada uma desses segmentos, permitindo a avaliação da sincronia intraventricular esquerda pela técnica 3D.^{9,11}

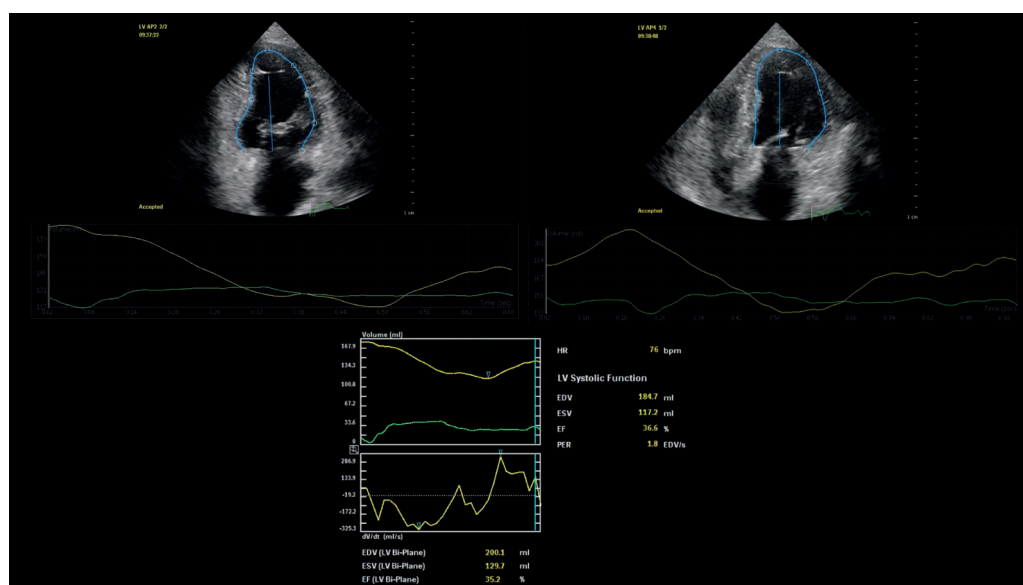
Ao término da análise, o software fornecerá dados tridimensionais relevantes sobre os volumes do VE e sua função sistólica, incluindo os volumes diastólico e sistólico

finais, *stroke volume*, fração de ejeção e, também, o índice sistólico de dissincronia absoluto e percentual a partir do desvio-padrão do tempo para o pico correspondente ao menor volume regional (time-to-peak) de 16 segmentos avaliados (Vídeo 4).^{9,11}

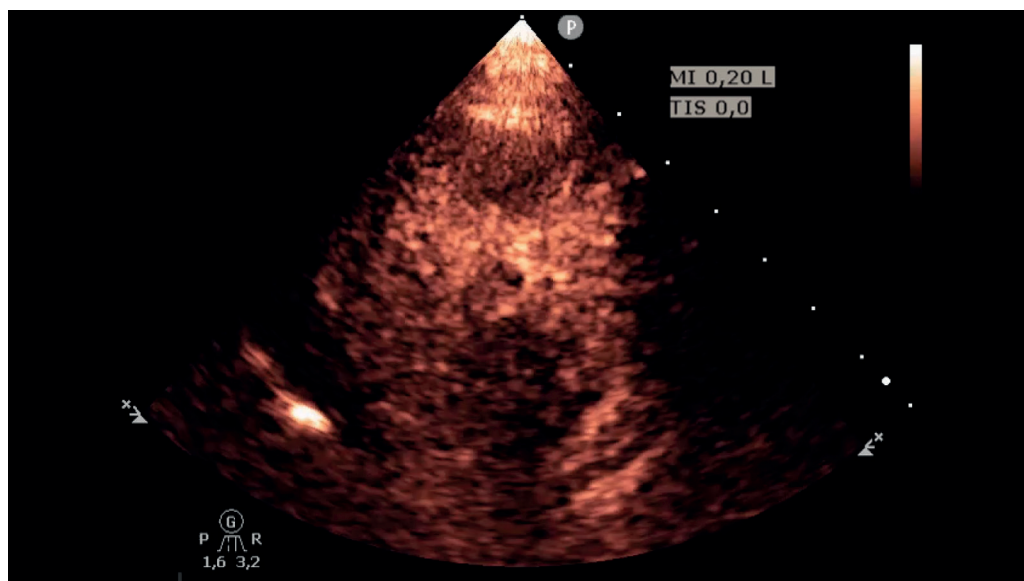
Com o desenvolvimento de softwares de inteligência artificial MBA, é possível reduzir substancialmente o tempo de aquisição, os ajustes pós-processamento e a análise dos resultados encontrados, permitindo a aferição dos mesmos dados e até dados adicionais da função sistólica ventricular esquerda obtidos pelos softwares convencionais com valores muito próximos aos da ressonância nuclear magnética.^{5,10}

A obtenção do bloco 3D “full volume” deve ser feita em uma aquisição específica para a análise por inteligência artificial, com ajustes de largura da elevação e tamanho lateral para garantir um *volume rate* da imagem superior a 20 Hz. Durante essa aquisição, é crucial incluir não apenas todo o VE, mas também o átrio esquerdo (AE), pois o software permite análises volumétricas do AE e sua função. Após a gravação do bloco, ele deve ser avaliado em software específico de MBA que, de forma completamente automatizada, faz o reconhecimento das bordas endocárdicas em diástole final, sístole final e durante todo o ciclo cardíaco.^{5,10}

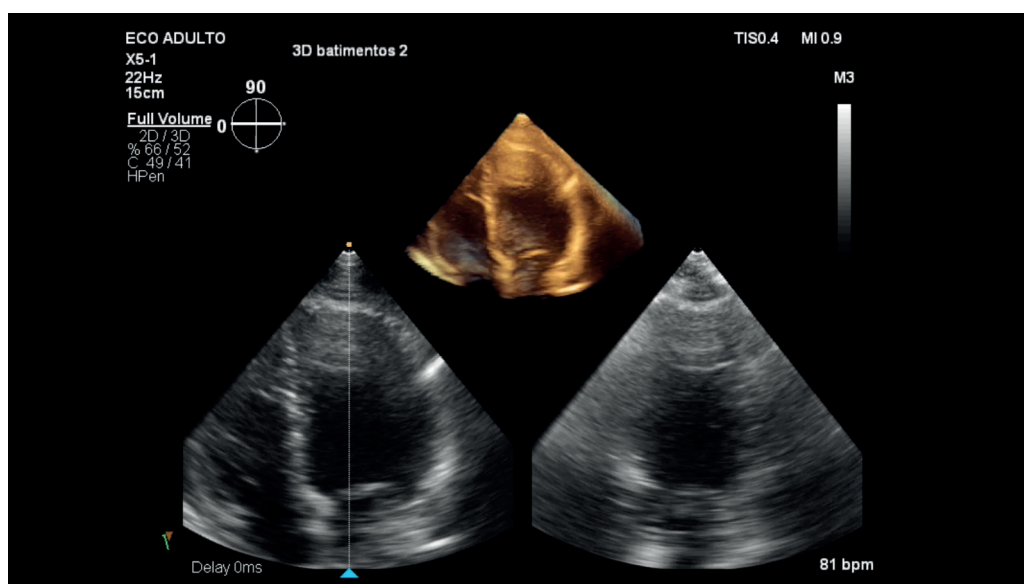
Após a análise, que dura em média cerca de 30 segundos, o software disponibiliza dados do VE, como o volume diastólico final, volume sistólico final, curva volume-tempo, *stroke volume*, comprimentos diastólico e sistólico finais da cavidade, débito cardíaco, índice cardíaco e massa ventricular esquerda. O reconhecimento automatizado da borda epicárdica pelo software permite o cálculo preciso da massa ventricular esquerda. O software também permite a obtenção de dados detalhados a respeito da função atrial esquerda, como volumes máximo e mínimo, curva volume-tempo e fração de



Vídeo 1 – Estimativa dos volumes e fração de ejeção do VE por software semiautomatizado. Link: http://abcmaging.org/supplementary-material/2024/3703/2024-0059_AR_video-01.mp4.



Vídeo 2 – Aplicação de ARUS detectando a presença de pequeno trombo em ápice do VE em paciente com janela ecocardiográfica subótima. Link: http://abcimaging.org/supplementary-material/2024/3703/2024-0059_AR_video-02.mp4.



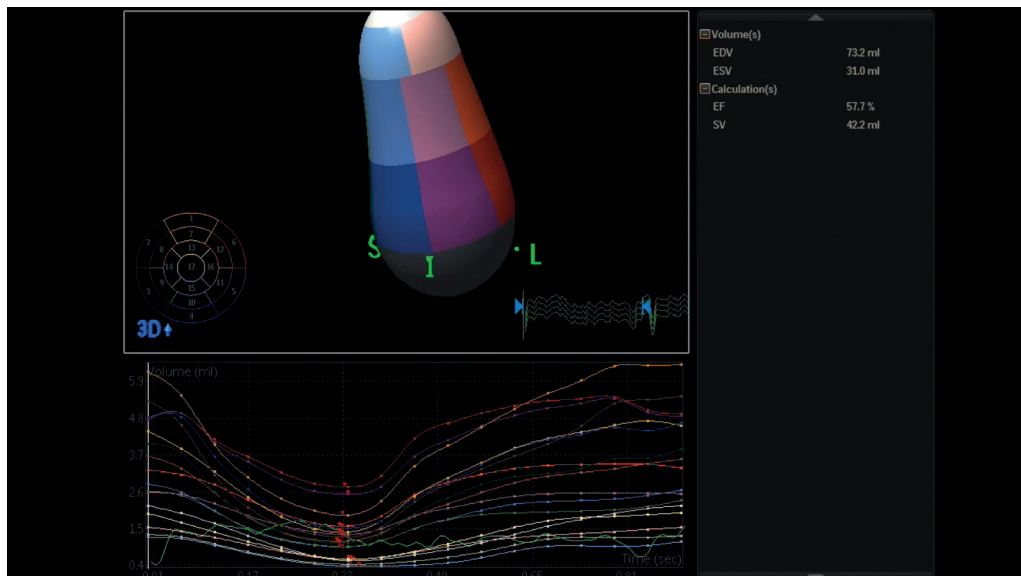
Vídeo 3 – Modo de aquisição 3D “full volume” com multibeat para análise dos volumes e fração de ejeção do VE. Link: http://abcimaging.org/supplementary-material/2024/3703/2024-0059_AR_video-03.mp4.

esvaziamento atrial. Além disso, os ajustes do delineamento das bordas endocárdicas e epicárdicas podem ser facilmente realizados a partir de cortes apicais de 4C, 2C e 3C, derivados do bloco 3D adquiridos tanto em diástole final quanto em sístole final (Vídeo 5).^{5,10}

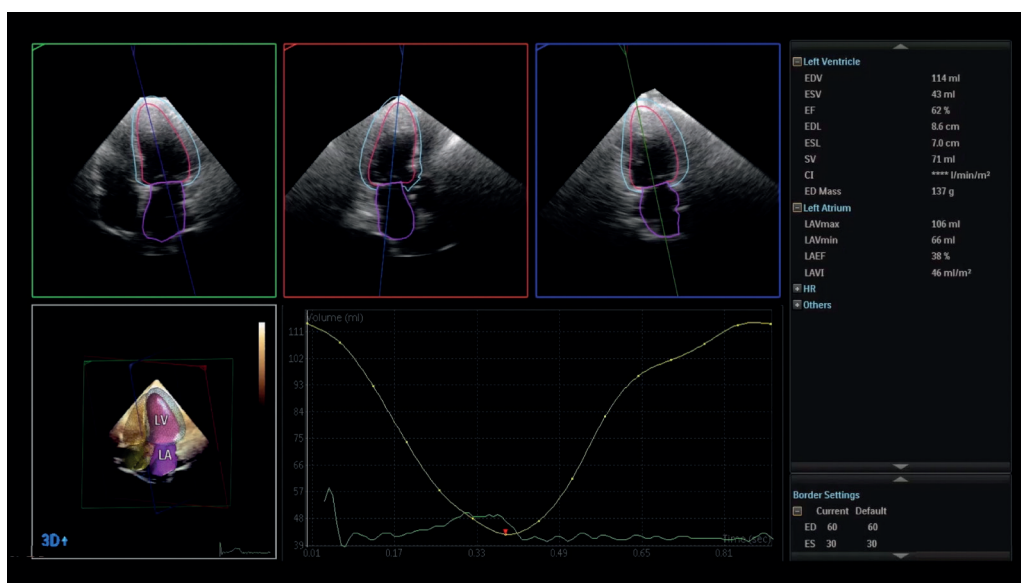
Valores de normalidade para os principais dados tridimensionais do VE são amplamente estudados na literatura,

como visto no estudo NORRY (Normal Reference Ranges for Echocardiography), que apresenta os valores detalhados na Tabela 2.⁴

Assim, com a evolução dos transdutores tridimensionais completamente matriciais e de softwares de MBA, agora é possível aferir dados muito além da fração da ejeção do VE de forma rápida, prática, e reprodutível, com valores muito



Vídeo 4 – Análise 3D dos volumes e fração de ejeção do VE em software convencional. Link: http://abcimaging.org/supplementary-material/2024/3703/2024-0059_AR_video-04.mp4.



Vídeo 5 – Análise 3D do VE e do AE em software MBA completamente automatizado. Link: http://abcimaging.org/supplementary-material/2024/3703/2024-0059_AR_video-05.mp4.

próximos aos obtidos pela ressonância nuclear magnética, considerada a técnica padrão-ouro.^{5,10}

Considerações finais

A ecocardiografia é a ferramenta diagnóstica mais difundida e usada para estimativa da função sistólica do VE, permitindo

de maneira rápida, não invasiva e sem uso de radiação, contraste iodado ou gadolínio, aferir parâmetros como volumes ventriculares, *stroke volume* e fração de ejeção. O conhecimento detalhado da técnica é muito importante para estimativa acurada dessas medidas. Também é importante seu refinamento, intimamente associado à experiência do examinador e ao conhecimento dos softwares atuais.

Tabela 2 – Volumes ventriculares e índices de função sistólica por análise 3D do VE

Parâmetros	Total, Média ± DP	Intervalo interquartil (25%–75%)	Homem, Média ± DP	Intervalo interquartil (25%–75%)	Mulher, Média ± DP	Intervalo interquartil (25%–75%)	P
VDFVE, mL	115,6 ± 29,6	93,1–132,3	133,3 ± 30,5	114,2–150,2	102,5 ± 20,8	87,4–114,2	<0,001
VSFVE, mL	47,1 ± 13,7	36,6–55,3	55,4 ± 13,9	45,4–63,0	41,0 ± 9,9	33,6–48,5	<0,001
FEVE, %	59,4 ± 4,6	55,9–62,5	58,5 ± 4,3	54,9–61,6	60,1 ± 4,6	56,7–63,2	<0,001
Stroke volume, mL	68,5 ± 17,6	55,8–77,4	78,0 ± 18,6	63,7–92,2	61,5 ± 13,0	53,1–69,3	<0,001
VDFVE indexado, mL/m ²	63,9 ± 12,9	54,8–72,0	68,7 ± 14,0	58,6–77,2	60,4 ± 10,8	52,7–67,1	<0,001
VSFVE indexado, mL/m ²	26,0 ± 6,2	21,3–29,7	28,5 ± 6,5	24,4–32,6	24,1 ± 5,3	20,4–27,5	<0,001
Stroke volume indexado, mL/m ²	37,9 ± 7,9	32,0–43,0	40,1 ± 8,7	34,1–46,5	36,3 ± 6,9	31,4–40,3	<0,001
Strain longitudinal, %	-21,0 ± 2,6	-19,0 a 22,7	-20,4 ± 2,7	-18,6 a 22	-21,4 ± 2,4	-19,5 a 22,9	<0,001
Strain circunferencial, %	-30,3 ± 4,0	-27,4 a 33,0	-29,7 ± 3,9	-27,0 a 32,5	-30,7 ± 4,1	-27,6 a 33,3	0,012
Strain tangencial, %	-36,5 ± 3,9	-33,8 a 39,2	-36,0 ± 3,9	-33,2 a 38,9	-37,0 ± 3,8	-34,4 a 39,4	0,008
Strain radial, %	43,2 ± 4,5	40,0 a 46,2	42,1 ± 4,6	38,8 a 45,2	43,9 ± 4,3	40,7–46,7	<0,001

VDFVE: volume diastólico final do ventrículo esquerdo; VSFVE: volume sistólico final do ventrículo esquerdo; FEVE: fração de ejeção do ventrículo esquerdo; DP: desvio padrão.

Métodos como o uso de ARUS e a ecocardiografia 3D, combinados com o desenvolvimento de softwares de MBA, são fundamentais para auxiliar na aferição de medidas mais acuradas, com baixa variabilidade interobservador e resultados mais próximos da ressonância nuclear magnética, porém com um tempo de execução e análise reduzido. É uma realidade extremamente promissora que avança a passos largos nos grandes centros de ecocardiografia no mundo.

Contribuição dos Autores

Redação do manuscrito: França LA; revisão crítica do manuscrito quanto ao conteúdo intelectual importante: França LA, Moleta DB.

Potencial Conflito de Interesse

Declaro não haver conflito de interesses pertinentes.

Fontes de Financiamento

O presente estudo não teve fontes de financiamento externas.

Vinculação Acadêmica

Não há vinculação deste estudo a programas de pós-graduação.

Aprovação Ética e Consentimento Informado

Este artigo não contém estudos com humanos ou animais realizados por nenhum dos autores.

Referências

- Feigenbaum H. Role of M-mode Technique in Today's Echocardiography. J Am Soc Echocardiogr. 2010;23(3):240-57. doi: 10.1016/j.echo.2010.01.015.
- Lang RM, Badano LP, Mor-Avi V, Afzal J, Armstrong A, Ernande L, et al. Recommendations for Cardiac Chamber Quantification by Echocardiography in Adults: An Update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging. J Am Soc Echocardiogr. 2015;28(1):1-39. doi: 10.1016/j.echo.2014.10.003.
- Porter TR, Mulvagh SL, Abdelmoneim SS, Becher H, Belcik JT, Bierig M, et al. Clinical Applications of Ultrasonic Enhancing Agents in Echocardiography: 2018 American Society of Echocardiography Guidelines Update. J Am Soc Echocardiogr. 2018;31(3):241-74. doi: 10.1016/j.echo.2017.11.013.
- Bernard A, Addetia K, Dulgheru R, Caballero L, Sugimoto T, Akhaladze N, et al. 3D Echocardiographic Reference Ranges for Normal Left Ventricular Volumes and Strain: Results from the EACVI NORRE Study. Eur Heart J Cardiovasc Imaging. 2017;18(4):475-83. doi: 10.1093/ehjci/jew284.
- Tamborini G, Piazzese C, Lang RM, Muratori M, Chiorino E, Mapelli M, et al. Feasibility and Accuracy of Automated Software for Transthoracic Three-Dimensional Left Ventricular Volume and Function Analysis: Comparisons with Two-Dimensional Echocardiography, Three-Dimensional Transthoracic Manual Method, and Cardiac Magnetic Resonance Imaging. J Am Soc Echocardiogr. 2017;30(11):1049-58. doi: 10.1016/j.echo.2017.06.026.
- Galderisi M, Cosyns B, Edvardsen T, Cardim N, Delgado V, Di Salvo G, et al. Standardization of Adult Transthoracic Echocardiography Reporting in Agreement with Recent Chamber Quantification, Diastolic Function, and Heart Valve Disease Recommendations: An Expert Consensus Document of the European Association of Cardiovascular Imaging. Eur Heart J Cardiovasc Imaging. 2017;18(12):1301-10. doi: 10.1093/ehjci/jex244.

7. Bertrand PB, Levine RA, Isselbacher EM, Vandervoort PM. Fact or Artifact in Two-Dimensional Echocardiography: Avoiding Misdiagnosis and Missed Diagnosis. *J Am Soc Echocardiogr*. 2016;29(5):381-91. doi: 10.1016/j.echo.2016.01.009.
8. Mulvagh SL, Rakowski H, Vannan MA, Abdelmoneim SS, Becher H, Bierig SM, et al. American Society of Echocardiography Consensus Statement on the Clinical Applications of Ultrasonic Contrast Agents in Echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr*. 2008;21(11):1179-201. doi: 10.1016/j.echo.2008.09.009.
9. Lang RM, Badano LP, Tsang W, Adams DH, Agricola E, Buck T, et al. EAE/ASE Recommendations for Image Acquisition and Display Using Three-dimensional Echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr*. 2012;25(1):3-46. doi: 10.1016/j.echo.2011.11.010.
10. Narang A, Mor-Avi V, Prado A, Volpato V, Prater D, Tamborini G, et al. Machine Learning Based Automated Dynamic Quantification of Left Heart Chamber Volumes. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 2019;20(5):541-9. doi: 10.1093/ehjci/jej137.
11. Kleijn SA, Aly MF, Knol DL, Terwee CB, Jansma EP, Abd El-Hady YA, et al. A meta-analysis of Left Ventricular Dyssynchrony Assessment and Prediction of Response to Cardiac Resynchronization Therapy by Three-dimensional Echocardiography. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 2012;13(9):763-75. doi: 10.1093/ehjci/jes041.
12. Jacobs LD, Salgo IS, Goonewardena S, Weinert L, Coon P, Bardo D, et al. Rapid Online Quantification of Left Ventricular Volume from Real-time Three-dimensional Echocardiographic Data. *Eur Heart J*. 2006;27(4):460-8. doi: 10.1093/eurheartj/ehi666.
13. Dorosz JL, Lezotte DC, Weitzkamp DA, Allen LA, Salcedo EE. Performance of 3-dimensional Echocardiography in Measuring Left Ventricular Volumes and Ejection Fraction: A Systematic Review and Meta-analysis. *J Am Coll Cardiol*. 2012;59(20):1799-808. doi: 10.1016/j.jacc.2012.01.037.
14. Asch FM, Miyoshi T, Addetia K, Citro R, Daimon M, Desale S, et al. Similarities and Differences in Left Ventricular Size and Function among Races and Nationalities: Results of the World Alliance Societies of Echocardiography Normal Values Study. *J Am Soc Echocardiogr*. 2019;32(11):1396-406. doi: 10.1016/j.echo.2019.08.012.



Este é um artigo de acesso aberto distribuído sob os termos da licença de atribuição pelo Creative Commons