

Como Eu Faço a Avaliação Ecocardiográfica das Pressões de Enchimento do Ventrículo Esquerdo: Da Ambiguidade à Precisão com Novas Diretrizes

My Approach to Echocardiographic Assessment of Left Ventricular Filling Pressures: From Ambiguity to Precision With New Guidelines

Marco Stephan Lofrano Alves,^{1,2} Larissa Maria Vosgerau,¹ Marcelo Vitola Dreckmann,¹ Roberto D'Ávila Martins,¹ Cláudia Biondo Zanlorensi,¹ Eduardo Henrique Bonotto¹

Universidade Federal do Paraná,¹ Curitiba, PR – Brasil
SEMEC,² Curitiba, PR – Brasil

Resumo

A estimativa ecocardiográfica das pressões de enchimento do ventrículo esquerdo (VE) é um pilar na avaliação da insuficiência cardíaca, particularmente em pacientes com insuficiência cardíaca com fração de ejeção preservada (ICFep). O algoritmo da *American Society of Echocardiography* (ASE)/*European Association of Cardiovascular Imaging* (EACVI) de 2016 padronizou essa avaliação utilizando variáveis-chave, mas uma proporção substancial de casos permaneceu indeterminada na prática clínica. A atualização recente da diretriz americana reorganizou a abordagem em um modelo hierárquico, incorporando ajustes relacionados à idade e formalizando o papel do *strain* atrial esquerdo (SAE) como parâmetro de desempate, além de fornecer uma caracterização mais detalhada de cenários clínicos especiais. Em paralelo, a diretriz de 2024 da *British Society of Echocardiography* enfatiza a interpretação fisiopatológica do enchimento ventricular, complementando o modelo operacional proposto pelo documento americano. Estudos multicêntricos com validação invasiva sustentam essas atualizações, estabelecendo o SAE como um marcador robusto de pressões de enchimento elevadas. Neste artigo, apresentamos Como Eu Faço a avaliação ecocardiográfica das pressões de enchimento do VE, baseada em uma avaliação morfofuncional inicial, seguida por uma triagem estruturada (Etapa 1) e refinamento adicional (Etapa 2), incorporando o SAE e parâmetros adicionais. Também apresentamos uma comparação entre diretrizes, discutimos armadilhas comuns e limitações dos algoritmos, e incluímos vídeos baseados em casos para aplicação prática.

Palavras-chave

Função Ventricular Esquerda; Ecocardiografia; Insuficiência Cardíaca

Correspondência: Marco Stephan Lofrano Alves •

Universidade Federal do Paraná. RUA Mateus Leme, 3945, apt 504, 2. CEP: 82200-000. Curitiba, PR – Brasil

E-mail: mslalves@hotmail.com

Artigo recebido em 12/03/2026; revisado em 23/03/2026; aceito em 25/03/2026
Editor responsável pela revisão: Marcelo Tavares

DOI: <https://doi.org/10.36660/abcimg.20260026>

Introdução

A avaliação ecocardiográfica das pressões de enchimento do ventrículo esquerdo (VE) evoluiu de uma abordagem centrada no Doppler mitral para um modelo integrado que incorpora parâmetros morfológicos e funcionais, apoiado por algoritmos cada vez mais estruturados. A diretriz de 2016 da *American Society of Echocardiography* (ASE)/*European Association of Cardiovascular Imaging* (EACVI) para avaliação da função diastólica do VE por ecocardiografia marcou um passo fundamental nessa transição ao propor um modelo simplificado baseado em quatro variáveis centrais;¹ no entanto, uma proporção substancial dos exames permaneceu indeterminada quanto à estimativa das pressões de enchimento. Isso limita a acurácia diagnóstica, particularmente em condições como a insuficiência cardíaca com fração de ejeção preservada (ICFep).

Além disso, condições clínicas específicas (p. ex., fibrilação atrial [FA], hipertensão pulmonar e doença valvar) continuam a representar desafios para a aplicabilidade e interpretação desses parâmetros.²

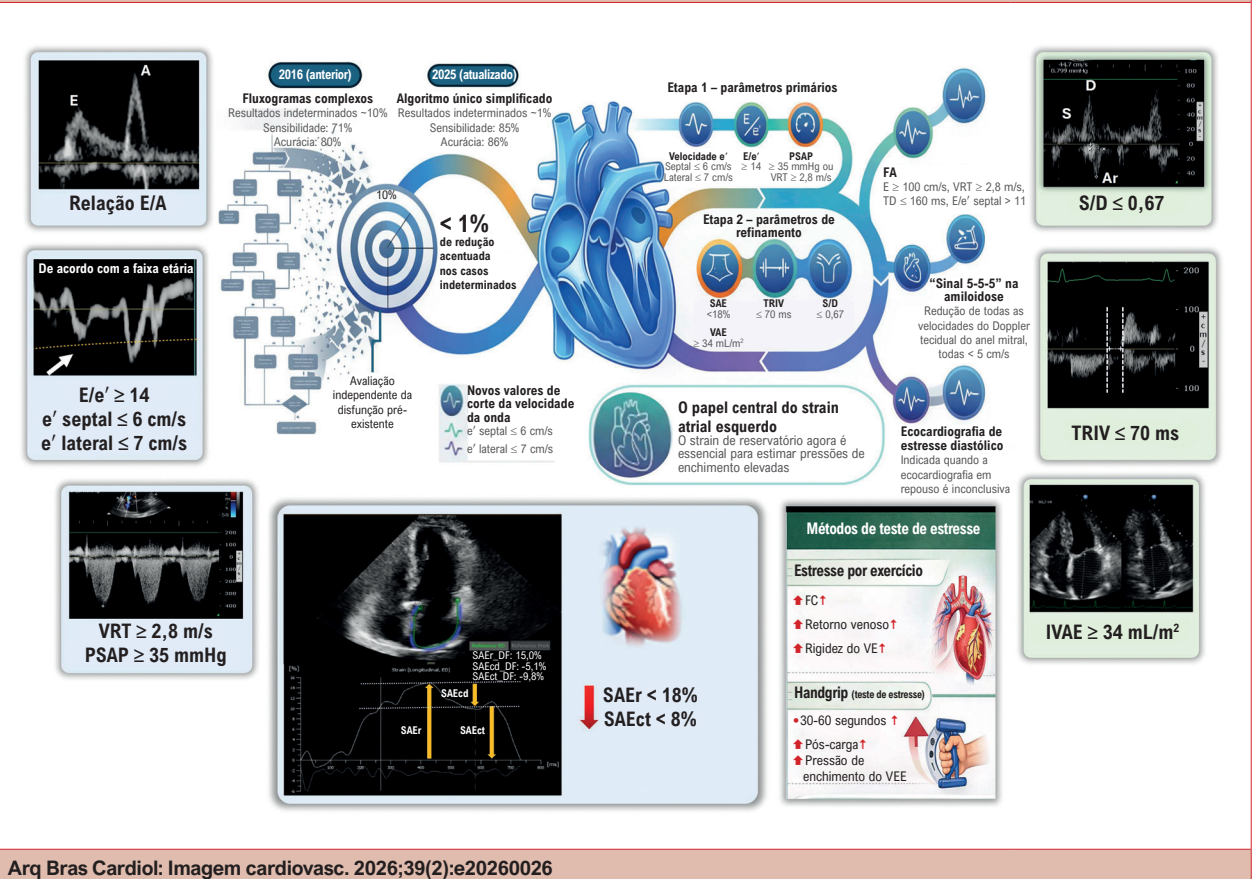
Atualizações recentes avançaram esse campo em duas direções complementares. A diretriz de 2024 da *British Society of Echocardiography* para avaliação da função diastólica do VE³ reforça a base fisiopatológica do enchimento ventricular e formaliza o *strain* atrial esquerdo (SAE) como ferramenta de refinamento. Em paralelo, a atualização da ASE de 2025 reorganiza o processo de tomada de decisão, incorpora ajustes relacionados à idade e integra o *strain* atrial de forma semelhante,⁴ sustentada por estudos multicêntricos com validação invasiva (Tabela 1).⁵

Este artigo traduz esses avanços para a prática clínica diária por meio de Como Eu Faço a avaliação ecocardiográfica das pressões de enchimento do VE, uma abordagem desenvolvida para ser prática, reprodutível e clinicamente relevante, preservando uma base fisiológica robusta (Figura Central).

Antes do algoritmo: a visão integrada do ecocardiografista

A avaliação da função diastólica deve sempre começar com a contextualização clínica (p. ex., idade, sintomas, ritmo cardíaco, doença valvar e estado hemodinâmico), pois o algoritmo responde a uma questão clínica específica e não deve ser aplicado de forma indiscriminada.^{3,4}

Figura Central: Como Eu Faço a Avaliação Ecocardiográfica das Pressões de Enchimento do Ventriculo Esquerdo: Da Ambiguidade à Precisão com Novas Diretrizes



Integração e aplicação hierárquica de parâmetros e técnicas para a avaliação das pressões de enchimento do VE. A estratégia inicia-se com a avaliação morfofuncional e triagem estruturada, seguida por refinamento direcionado em casos indeterminados ou discordantes (Etapa 2), nos quais o SAE e parâmetros complementares desempenham papel decisivo na classificação diagnóstica final. DF: diástole final; FA: fibrilação atrial; FC: frequência cardíaca; IVAE: índice de volume atrial esquerdo; PSAP: pressão sistólica da artéria pulmonar; SAE: strain atrial esquerdo; SAEcd: strain de condução atrial esquerdo; SAEct: strain contrátil atrial esquerdo; SAEr: strain de reservatório atrial esquerdo; TD: tempo de desaceleração; TRIV: tempo de relaxamento isovolumétrico; VE: ventrículo esquerdo; VRT: velocidade de regurgitação tricúspide.

Antes da aplicação de qualquer fluxograma, uma avaliação morfofuncional bidimensional permite ao ecocardiografista integrar rapidamente padrões de hipertrofia, tamanho do átrio esquerdo (AE), geometria ventricular, movimento do anel mitral, sinais de hipertensão pulmonar e a impressão visual global da complacência ventricular. Essa abordagem possibilita posicionar o paciente dentro de um fenótipo provável: baixa, intermediária ou alta probabilidade de pressões de enchimento elevadas.

Essa impressão inicial não substitui o algoritmo; ao contrário, evita tanto a aplicação mecânica de limiares numéricos quanto conclusões baseadas apenas em julgamento subjetivo. Ela funciona como um arcabouço conceitual que orienta a interpretação e pode ser refinado ou corrigido pelo modelo estruturado.

Visão geral da estratégia: duas etapas, uma pergunta clínica

A avaliação deve ser estruturada para responder a uma pergunta simples e clinicamente significativa: há evidência consistente de pressões de enchimento do VE elevadas? A Tabela 2 resume os parâmetros utilizados nessa avaliação.

Etapa 1: triagem inicial

As diretrizes atualizadas enfatizam que o envelhecimento está associado a um declínio fisiológico do relaxamento miocárdico. Como resultado, valores considerados anormais em indivíduos mais jovens podem ser esperados em pessoas mais velhas. Portanto, uma redução isolada de e', particularmente em pessoas mais velhas, não deve ser automaticamente interpretada como indicativa de pressões de enchimento elevadas. Valores de referência ajustados para a idade são essenciais para apoiar essa interpretação.⁴

Artigo de Revisão

Tabela 1 – Comparação entre diretrizes e evidências recentes

Domínio	ASE/EACVI (2016) ¹	ASE (2025) ⁴	BSE (2024) ³	Como Eu Faço a integração na prática
Objetivo	Padronização e simplificação	Redução de discordâncias e casos indeterminados; modelo hierárquico	Ênfase na fisiopatologia e interpretação	Integração do modelo de 2025 com os princípios fisiológicos da BSE, utilizando o modelo de 2016 como base
SAE	Não incluído formalmente	Formalizado como parâmetro de refinamento	Formalizado como parâmetro de refinamento	Principal parâmetro de desempate
Ajuste para idade	Limitado	Incorporação explícita	Reconhecido	Evitar sobrediagnóstico em pacientes idosos
IVAE	Parâmetro central	Parâmetro de suporte; marcador de cronicidade	Parâmetro estrutural	Suporte contextual; não utilizado isoladamente
Zona cinzenta	Frequente	Estratégia estruturada de resolução	Interpretação fisiológica	Refinamento na Etapa 2 (SAE, TRIV, fluxo venoso pulmonar)

ASE: American Society of Echocardiography; BSE: British Society of Echocardiography; EACVI: European Association of Cardiovascular Imaging; IVAE: índice de volume do átrio esquerdo; SAE: strain atrial esquerdo; TRIV: tempo de relaxamento isovolumétrico; VP: veia pulmonar.

Tabela 2 – Parâmetros de referência para a avaliação das pressões de enchimento do VE

Parâmetro	Limite anormal	Interpretação clínica/Ação
Velocidade e' septal	≤ 6 cm/s	Valores reduzidos sugerem relaxamento prejudicado; devem ser interpretados em conjunto com outros parâmetros.
Velocidade e' lateral	≤ 7 cm/s	Mesma interpretação da e' septal; deve ser interpretada em conjunto com outros parâmetros.
Relação E/A	≤ 0,8 ou ≥ 2,0	E/A < 0,8 sugere relaxamento prejudicado; E/A ≥ 2,0 sugere padrão restritivo de enchimento (deve ser interpretada em conjunto com outros parâmetros).
Relação E/e' média	≥ 14	Apoia a presença de pressões de enchimento elevadas.
PSAP/velocidade de RT	≥ 35 mmHg / ≥ 2,8 m/s	Quando aumentada, apoia pressões de enchimento elevadas na ausência de hipertensão pulmonar pré-capilar.
SAEr	< 18%	Valores reduzidos favorecem pressões de enchimento elevadas; principal parâmetro de desempate.
SAEct	< 8%	Redução acentuada apoia aumento sustentado das pressões de enchimento; valores normais podem ajudar a excluí-las (particularmente quando SAEct > 14% e SLG ≥ 18%).
TRIV	< 70 ms	TRIV reduzido sugere pressões de enchimento elevadas.
Relação S/D (veia pulmonar)	< 0,67	Predominância diastólica apoia pressões de enchimento elevadas; associação mais forte em FEVE reduzida.
Diferença Ar-A (veia pulmonar)	> 30 ms	Sugere pressões de enchimento elevadas, particularmente em cardiomiopatia hipertrófica e RM.
IVAE	> 34 ml/m ²	Indica exposição crônica a pressões de enchimento elevadas; não é diagnóstico isoladamente.
Ecocardiografia de estresse diastólico	E/e' no exercício > 14; velocidade de RT > 2,8 m/s	Indicada quando a ecocardiografia de repouso não explica os sintomas; apoia aumento dinâmico das pressões de enchimento.
USP/ExUS (adjunto)	VCI > 2 cm; fluxo hepático/portal reverso; graduação de linhas B 0-3	Avaliação complementar quando há discordância entre achados clínicos e de imagem e a ecocardiografia de repouso é inconclusivo.

IVAE: índice de volume do átrio esquerdo; IVRT: tempo de relaxamento isovolumétrico; SAEct: strain contrátil do átrio esquerdo; SAEr: strain de reservatório do átrio esquerdo; SLG: strain longitudinal global; PSAP: pressão sistólica da artéria pulmonar; RT: regurgitação tricúspide; USP: ultrassonografia pulmonar; VExUS: escore de ultrassonografia de excesso venoso; VCI: veia cava inferior; FEVE: fração de ejeção do ventrículo esquerdo; RM: regurgitação mitral.

i. Velocidade e': relaxamento com ajuste para a idade

As velocidades e' septal e lateral devem ser avaliadas rotineiramente. Uma e' reduzida sugere relaxamento comprometido, mas não indica necessariamente pressões de enchimento elevadas, particularmente em indivíduos mais velhos, nos quais valores mais baixos são comuns e podem ocorrer na presença de pressões normais.³ Assim, a e' é altamente informativa para caracterizar o relaxamento, mas deve ser interpretada em conjunto com outros parâmetros.

Conceito novo/atual: a diretriz de 2025 refina os limiares de referência normais e reconhece que e' septal ≤ 6 cm/s ou e' lateral ≤ 7 cm/s é frequentemente observada em indivíduos com idade > 60 -70 anos e, isoladamente, não define pressões de enchimento elevadas.⁴

ii. Relação E/e': útil, mas não definitiva

A relação E/e' permanece um parâmetro central devido à sua praticidade; no entanto, deve ser interpretada como evidência de apoio, e não como determinante isolado.^{3,4}

Conceito novo/atual: uma E/e' média ≥ 14 apoia a presença de pressões de enchimento elevadas, enquanto valores mais baixos tornam essa possibilidade menos provável. No entanto, uma "zona cinzenta" intermediária (particularmente 8-14) é comum e, de acordo com a diretriz de 2025, requer refinamento adicional com parâmetros complementares. As limitações também devem ser reconhecidas na presença de doença mitral significativa, ritmos irregulares sem média adequada dos batimentos e ventrículos com fração de ejeção preservada.^{5,6}

iii. Velocidade de regurgitação tricúspide (VRT): uma ligação com a hemodinâmica pulmonar

Quando adequadamente medida, a VRT fornece uma estimativa indireta da pressão pulmonar e pode apoiar a presença de pressões de enchimento do VE elevadas (pós-capilares), desde que doença pulmonar primária (pré-capilar) seja excluída. O ponto de corte de $\geq 2,8$ m/s permanece consistente entre as diretrizes recentes.³

Conceito novo/atual: a atualização da ASE também considera uma pressão sistólica da artéria pulmonar (PSAP) estimada ≥ 35 mmHg como sugestiva de pressões de enchimento elevadas, desde que a estimativa da pressão atrial direita baseada nos parâmetros da veia cava inferior seja tecnicamente confiável.⁴

Etapa 2: refinamento — onde as atualizações recentes realmente modificaram a prática

A Etapa 2 concentra-se na avaliação de marcadores de remodelamento AE/VE e indicadores de pressões de enchimento elevadas.

i. Relação E/A e tempo de desaceleração (TD): o padrão mitral ainda importa

A relação E/A permanece um marcador fisiológico central do enchimento transmitral, orientando a distinção

entre relaxamento prejudicado e complacência reduzida.¹ Uma relação E/A $\leq 0,8$ sugere relaxamento prejudicado (comum com o envelhecimento), enquanto E/A $\geq 2,0$ combinada com TD < 160 ms (particularmente em pacientes com fração de ejeção do ventrículo esquerdo [FEVE] reduzida) indica padrão restritivo de enchimento e pressões elevadas.

A principal limitação é a pseudonormalização (E/A entre 0,8-2,0 na presença de pressões elevadas), o que reforça que a E/A nunca deve ser interpretada isoladamente.

Conceito novo/atual: a diretriz de 2016 enfatizava seu papel na graduação da disfunção diastólica, e a atualização de 2025 preserva sua relevância fisiológica enquanto prioriza um modelo de tomada de decisão mais objetivo e reprodutível.⁴

ii. Índice de volume atrial esquerdo (IVAE): marcador de exposição crônica, não de pressão atual

O IVAE > 34 ml/m² é um marcador bem estabelecido de exposição crônica do AE a pressões de enchimento elevadas, com importante valor diagnóstico e prognóstico na insuficiência cardíaca, FA, doença valvar e cardiomiopatias.⁷⁻⁹

Conceito novo/atual: na atualização de 2025, o IVAE deixa de ser um parâmetro central e assume papel de suporte, uma vez que reflete remodelamento crônico e não o estado hemodinâmico atual. Portanto, deve ser interpretado em conjunto com marcadores menos influenciados por alterações transitórias.

iii. SAE (reservatório e contrátil): o principal critério de desempate contemporâneo

Estudos recentes demonstraram forte correlação entre o SAE e medidas invasivas de pressão de enchimento, estabelecendo o *strain* de reservatório do AE (SAEr) como marcador de pressões elevadas e o *strain* contrátil do AE (SAEc) como ferramenta para excluí-las.^{10,11}

Conceito novo/atual: o *strain* atrial representa a inovação prática mais relevante nas diretrizes atuais, pois integra função atrial e histórico hemodinâmico. SAEr $< 18\%$ (especialmente $< 16\%$) sugere pressões de enchimento elevadas ao refletir redução da complacência atrial, enquanto SAEc $> 14\%$ em pacientes com fração de ejeção preservada exclui de forma eficaz pressões elevadas, mesmo na presença de valores limítrofes de E/e'.^{4,10}

Aquisição técnica: o SAE deve ser medido nas janelas apicais de quatro e duas câmaras, com o intervalo R-R definindo o ciclo cardíaco. Taxas de quadros adequadas (> 60 fps), profundidade apropriada e aquisição otimizada da imagem são essenciais. A análise por *speckle tracking* deve excluir as veias pulmonares e o apêndice do AE. A média das duas janelas deve ser reportada (Figura 1, Vídeo 1).

iv. Tempo de relaxamento isovolumétrico (TRIV): útil em cenários discordantes ou desafiadores

O TRIV corresponde ao intervalo entre o fechamento da valva aórtica e a abertura da valva mitral, refletindo o relaxamento ventricular ativo precoce.¹²

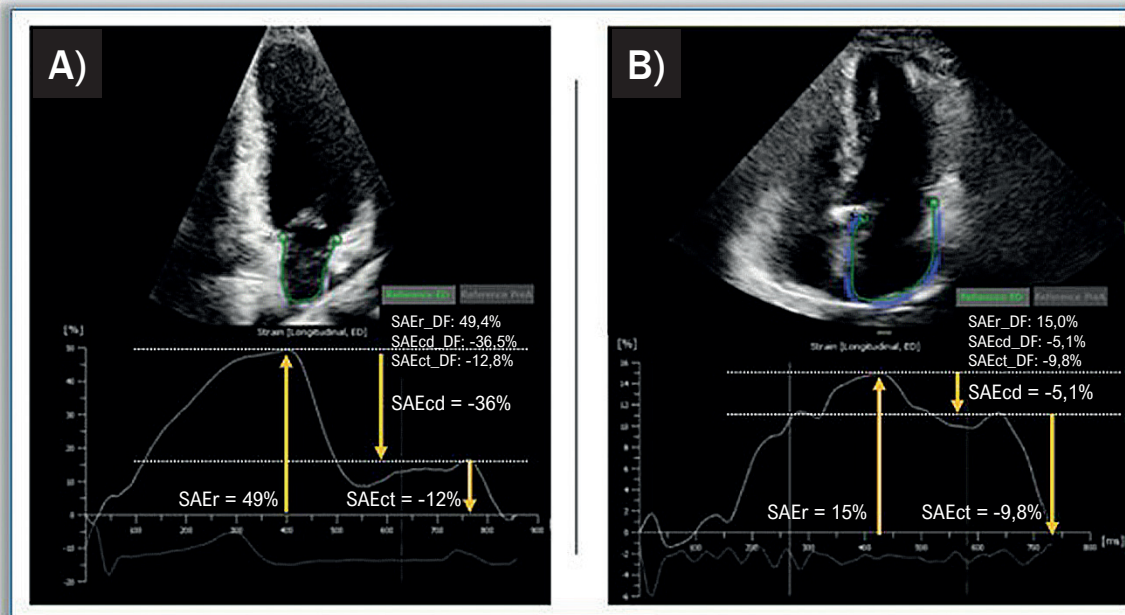


Figura 1 – Papel do SAE no refinamento da avaliação das pressões de enchimento do VE. Avaliação da deformação do AE por meio da ecocardiografia com speckle tracking. A) Medidas de SAEr, SAEcd e SAEct em um indivíduo normal, com valores de 49%, -36% e -12%, respectivamente; B) curvas de strain correspondentes de um paciente com pressões de enchimento elevadas, mostrando valores de 15%, -5,1% e -9,8%, respectivamente.

Conceito novo/atual: inicialmente descrito como parâmetro auxiliar nas diretrizes de 2009 e mantido como medida complementar em 2016, o TRIV recupera relevância como ferramenta de refinamento em casos discordantes. Embora não faça parte do núcleo primário de decisão, um TRIV reduzido (≤ 70 ms) sugere pressões de enchimento elevadas, especialmente quando associado a padrão restritivo de enchimento ou redução do *strain* atrial. É particularmente útil quando as medidas de Doppler tecidual são pouco confiáveis, como na FA ou na calcificação do anel mitral.⁴

v. Fluxo venoso pulmonar (S/D e Ar-A): quando confirmação adicional é necessária

A avaliação do fluxo venoso pulmonar pode ser tecnicamente desafiadora, mas fornece informações valiosas quando adequadamente obtida. A predominância diastólica ($S/D \leq 0,67$) apoia pressões de enchimento elevadas. No entanto, pacientes com FEVE preservada podem apresentar $S/D > 0,67$ mesmo com pressões elevadas, exigindo confirmação com parâmetros adicionais.

Uma diferença de duração Ar-A > 30 ms pode ser útil em condições selecionadas, como cardiomiopatia hipertrófica e regurgitação mitral (RM).^{3,4,13}

vi. Parâmetros suplementares adicionais

Quando os parâmetros principais e de refinamento não estão disponíveis ou são pouco confiáveis, medidas adicionais

podem apoiar a interpretação clínica. Entre elas: velocidade de regurgitação pulmonar diastólica de pico ≥ 2 m/s; pressão diastólica da artéria pulmonar ≥ 16 mmHg; velocidade da onda L do fluxo mitral ≥ 50 cm/s; duração Ar-A > 30 ms; redução $\geq 50\%$ da relação E/A mitral durante a manobra de Valsalva; $E/Vp \geq 2,5$; tempo de trânsito da onda A ≤ 45 ms; e $TRIV/TE e' < 2$.

Além disso, um índice de massa do VE > 95 g/m² em mulheres ou > 115 g/m² em homens pode indicar remodelamento estrutural compatível com disfunção diastólica.^{3,4}

Interpretação e integração dos parâmetros (abordagem baseada em algoritmo)

Se todos os parâmetros primários avaliados na Etapa 1 (e' , VRT e E/e') estiverem dentro dos limites normais, as pressões de enchimento do VE são consideradas normais. Por outro lado, se os três parâmetros estiverem alterados, há presença de pressões de enchimento elevadas.

Quando o e' está reduzido (com base em valores de referência ajustados para a idade) e a relação E/A é $\leq 0,8$, esse padrão é compatível com disfunção diastólica grau I e pressões de enchimento normais.

A incerteza diagnóstica surge em cenários intermediários ou discordantes, incluindo casos em que apenas o e' está reduzido com $E/A > 0,8$, aumento isolado da VRT/PSAP ou da E/e' , ou quando quaisquer duas variáveis primárias estão alteradas. Nessas situações, o refinamento com os parâmetros da Etapa 2 torna-se essencial.

Esses incluem SAEr, TRIV, S/D, IVAE e parâmetros suplementares adicionais. Se um ou mais desses marcadores de refinamento estiverem alterados, confirmam-se pressões de enchimento elevadas. Uma relação E/A < 2 apoia a classificação de disfunção diastólica grau II, enquanto E/A ≥ 2 indica disfunção diastólica grau III.⁴

A Figura 2 demonstra a aplicação do algoritmo.

Situações especiais

A diretriz de 2025 reforça que uma abordagem “tamanho único” não é aplicável. Cenários clínicos específicos exigem adaptação tanto das estratégias de aquisição quanto de interpretação (Tabela 3).

i. FA

A variabilidade batimento a batimento aumenta o risco de erro de medida; portanto, a média de múltiplos ciclos cardíacos é essencial. Idealmente, as medidas devem ser obtidas com frequência cardíaca controlada < 100 bpm.

Pacientes com menor variabilidade no fluxo mitral tendem a apresentar pressões de enchimento elevadas (Figura 3).^{3,14}

Como Eu Faço na FA: a avaliação segue um modelo em duas etapas. Na Etapa 1, consideram-se os seguintes parâmetros: E ≥ 100 cm/s, E/e' septal ≥ 11, VRT > 2,8 m/s ou PSAP > 35 mmHg, e TD ≤ 160 ms.

Se nenhum ou apenas um parâmetro estiver alterado, as pressões de enchimento são consideradas normais. Se ≥ três parâmetros estiverem alterados, há pressões de enchimento elevadas. Se dois parâmetros estiverem alterados, é necessário refinamento utilizando marcadores da Etapa 2, incluindo SAEr < 18% e S/D < 1. IMC > 30 kg/m² reforça o diagnóstico de ICFep.

Deve-se utilizar a média de 5-10 ciclos cardíacos. Se nenhum dos parâmetros estiver alterado, as pressões são normais. Se dois dos três parâmetros de refinamento estiverem alterados, há pressões de enchimento elevadas. Se apenas um parâmetro estiver alterado ou os dados não estiverem disponíveis, o resultado deve ser considerado indeterminado.

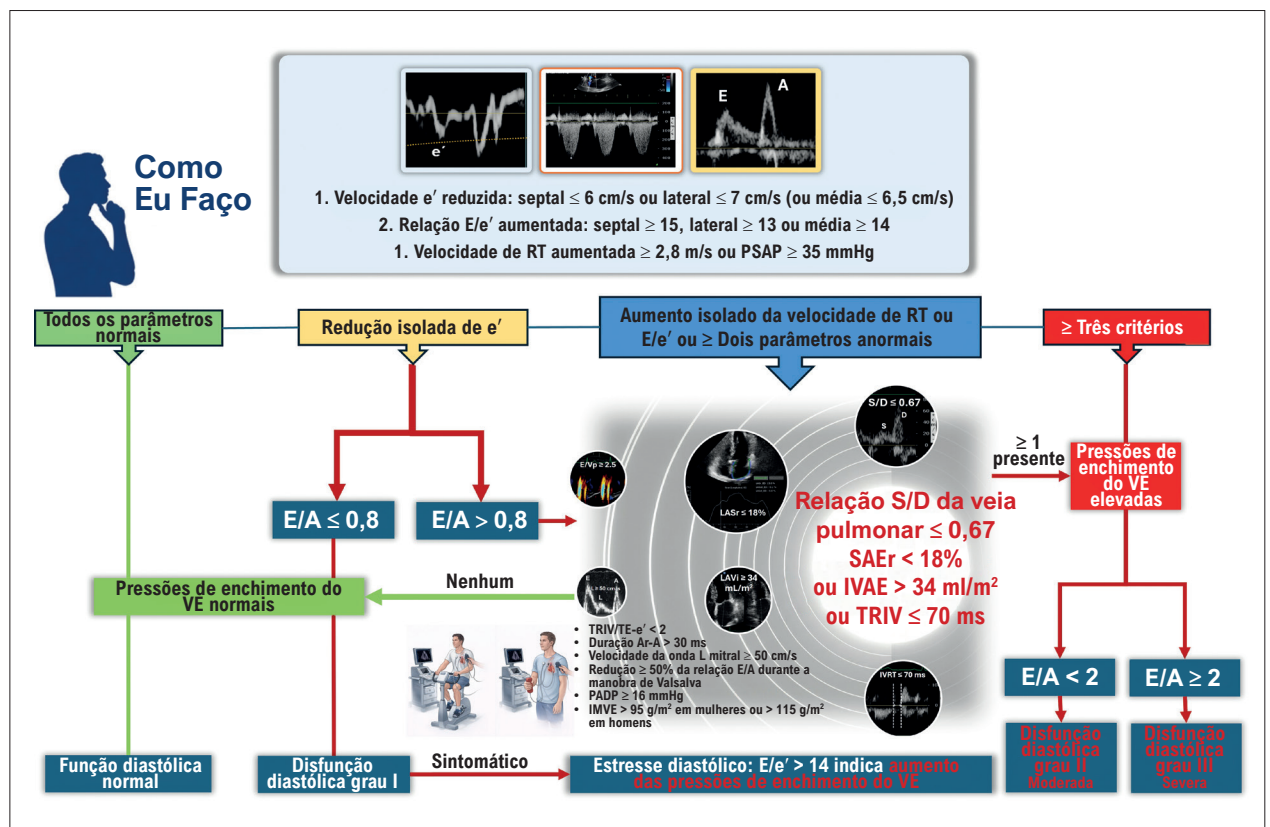


Figura 2 – Algoritmo de decisão para estimativa das pressões de enchimento do VE. Fluxograma prático baseado na diretriz da ASE de 2025. A Etapa 1 baseia-se em parâmetros centrais de relaxamento miocárdico e avaliação das pressões de enchimento. Em casos de discordância (por exemplo, um único parâmetro alterado ou valores limítrofes), aplica-se a Etapa 2, priorizando SAEr e TRIV. A integração desses achados permite tanto a graduação da disfunção diastólica quanto a classificação definitiva do estado das pressões de enchimento do VE. ASE: American Society of Echocardiography; IMVE: índice de massa do ventrículo esquerdo; IVAE: índice de volume do átrio esquerdo; PADP: pressão diastólica da artéria pulmonar; PSAP: pressão sistólica da artéria pulmonar; SAE: strain atrial esquerdo; SAEr: strain de reservatório do átrio esquerdo; TR: regurgitação tricúspide; TRIV: tempo de relaxamento isovolumétrico; VE: ventrículo esquerdo.

Tabela 3 – Condições clínicas que exigem adaptação do algoritmo padrão de função diastólica

Condição clínica	Considerações-chave para a avaliação das pressões de enchimento do VE
FA	Média de 5-10 batimentos consecutivos com frequência cardíaca controlada. Considerar $E \geq 100$ cm/s, E/e' septal ≥ 11 , velocidade de RT $\geq 2,8$ m/s e TD ≤ 160 ms. SAEr $< 18\%$ apoia pressões elevadas. O volume do AE isoladamente não é diagnóstico.
Estenose mitral	A relação E/e' não deve ser utilizada. Priorizar TRIV, relação TE- e' e velocidade da onda A mitral. As pressões de enchimento devem ser interpretadas com cautela devido à obstrução transmitral.
RM	A onda E frequentemente está aumentada por sobrecarga de volume, e não por aumento de pressão. E/e' pode superestimar as pressões. Duração Ar-A e TRIV podem fornecer informações complementares.
Calcificação do anel mitral	Restrição mecânica reduz a confiabilidade do e' . Deve-se dar maior ênfase ao TRIV e ao padrão global de enchimento, em vez de E/e' isoladamente.
Amiloidose cardíaca	Velocidades anulares marcadamente reduzidas ("sinal 5-5-5": s' , e' , a' < 5 cm/s) associadas a padrão transmitral restritivo. Apical sparing no strain longitudinal apoia o diagnóstico.
Taquicardia sinusal/estados de alto débito	Velocidades transmitrais aumentadas podem refletir aumento do débito cardíaco e não das pressões de enchimento. TRIV e E/e' devem ser interpretados no contexto clínico.
Transplante cardíaco	Geometria atrial alterada, desnervação e taquicardia sinusal frequente modificam os padrões Doppler. Predominância diastólica precoce pode ser fisiológica, especialmente em doadores jovens.
DAVE	A fisiologia de fluxo contínuo altera os índices Doppler convencionais. E/A, E/e' e pressões pulmonares devem ser interpretados conforme os parâmetros do dispositivo e o estado clínico.
Cardiomiopatia restritiva vs pericardite constrictiva	e' medial preservado ou aumentado (> 8 cm/s) favorece constrição, enquanto e' reduzido (< 6 cm/s) apoia cardiomiopatia restritiva. Avaliar annulus reversus e variação respiratória.
Cardiomiopatia hipertrófica	Obstrução da VSVE e regurgitação mitral significativa podem aumentar a pressão do AE. Duração Ar-A, IVAE e velocidade de RT devem ser integradas à avaliação.
Hipertensão pulmonar	E/e' septal pode ser enganoso na sobrecarga de pressão do VD. Preferir e' lateral e SAE para diferenciar mecanismos pré e pós-capilares.
Alterações de condução (BRE, estimulação de VD, TRC)	Movimento septal anormal reduz a confiabilidade de e' e E/e' . Maior peso deve ser dado à velocidade de RT, tamanho do AE e SAE.
Coração de atleta	Aumento fisiológico das câmaras e do volume diastólico pode simular disfunção diastólica. Valorizar ausência de sintomas, peptídeos natriuréticos normais e SAE preservado. Evitar classificação automática.

AE: átrio esquerdo; BRE: bloqueio de ramo esquerdo; DAVE: dispositivo de assistência ventricular esquerda; IVAE: índice de volume do AE; SAE: strain do AE; SAEct: strain contrátil do AE; SAEr: strain de reservatório do AE; TR: regurgitação tricúspide; TRC: terapia de ressincronização cardíaca; TRIV: tempo de relaxamento isovolumétrico; VD: ventrículo direito; VSVE: via de saída do ventrículo esquerdo; FA: fibrilação atrial; RM: regurgitação mitral.

Cuidado: SAEct não está presente na FA; no entanto, o SAEr permanece informativo. Valores muito baixos ($< 16\%$) indicam redução da complacência atrial e pressões de enchimento elevadas (Vídeo 2).

ii. Doença valvar mitral

Na estenose mitral, a relação E/e' não deve ser utilizada. Na RM significativa, a onda E pode estar aumentada devido à sobrecarga de volume, e não necessariamente por aumento das pressões de enchimento.^{3,4,15}

Como Eu Faço na doença valvar mitral: na RM, maior ênfase deve ser dada aos padrões de fluxo venoso pulmonar e ao TRIV. O SAE deve ser interpretado com

cautela, pois o volume regurgitante pode aumentar artificialmente o SAEr.

iii. Amiloidose cardíaca

Nesse contexto, valores numéricos isolados podem não refletir adequadamente a fisiopatologia subjacente; o fenótipo bidimensional e o padrão funcional global são determinantes centrais. A presença de aumento da espessura da parede do VE associada a padrão de *apical sparing* no strain longitudinal deve motivar a avaliação de um padrão restritivo de enchimento diastólico.^{3,16}

Como Eu Faço na amiloidose cardíaca: frequentemente observa-se uma dissociação característica, com velocidades

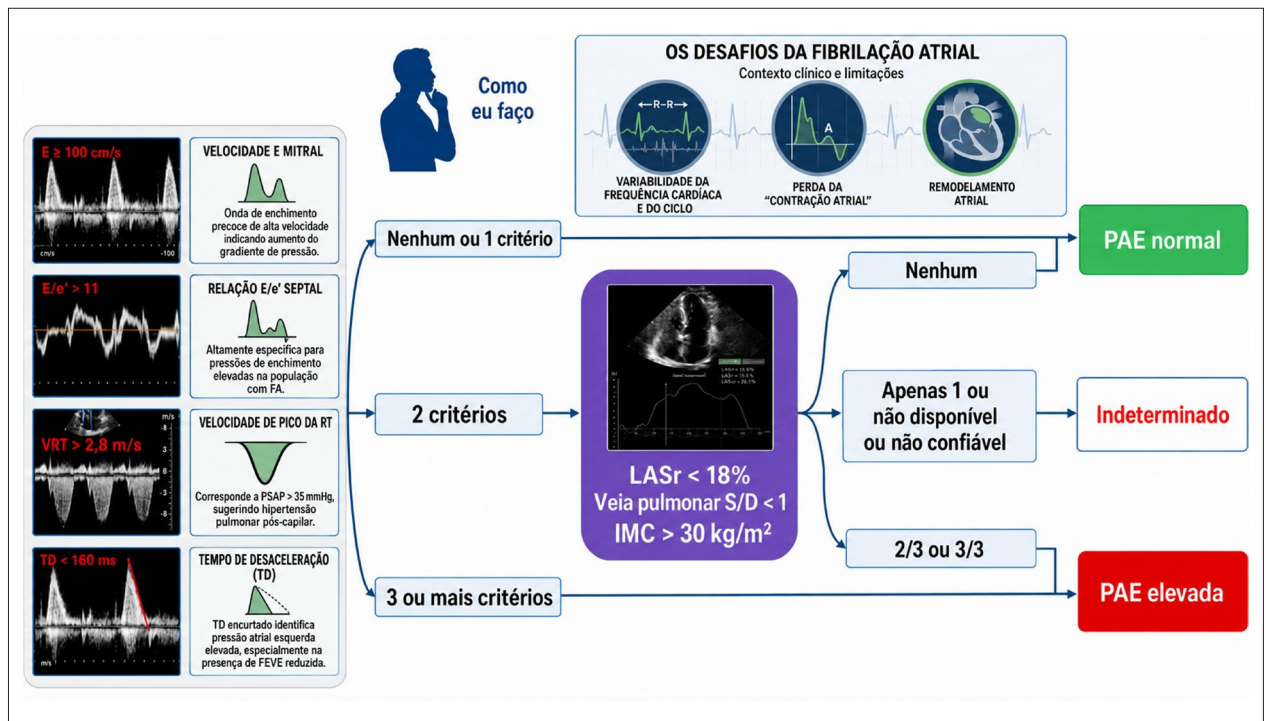


Figura 3 – Algoritmo para estimativa da pressão média do AE na FA. A avaliação inicial baseia-se em quatro parâmetros: velocidade E mitral ≥ 100 cm/s, E/e' septal > 11 , velocidade de RT $> 2,8$ m/s (ou $PASP > 35$ mmHg) e $TD \leq 160$ ms. A ausência de parâmetros alterados ou a presença de apenas um parâmetro anormal sugere pressão atrial esquerda normal. Quando dois parâmetros estão alterados, marcadores adicionais, incluindo $SAEr < 18\%$, $S/D < 1$ e $IMC > 30$ kg/m², são utilizados para refinar a classificação como PAE normal, elevada ou indeterminada. AE: átrio esquerdo; FEVE: fração de ejeção do ventrículo esquerdo; IMC: índice de massa corporal; PSAP: pressão sistólica da artéria pulmonar; SAE: strain do AE; SAEr: strain de reservatório do AE; TD: tempo de desaceleração; TR: regurgitação tricúspide; VE: ventrículo esquerdo; PAE: pressão do AE.

e' marcadamente reduzidas (septal e lateral < 5 cm/s) em contraste com onda E mitral elevada e TD reduzido. Esse padrão restritivo clássico apoia fortemente a presença de pressões de enchimento elevadas, muitas vezes dispensando avaliação algorítmica complexa.

iv. Hipertensão pulmonar

A relação E/e' , particularmente a medida septal, pode ser enganosa na hipertensão pulmonar pré-capilar. Nesses casos, deve-se dar maior ênfase ao E/e' lateral e ao SAE, especialmente na distinção entre mecanismos pré e pós-capilares em cenários limitrofos^{3,4,17} (Vídeo 3).

O papel do teste de estresse diastólico e da avaliação hemodinâmica invasiva

Em pacientes com dispneia aos esforços (classes II e III da classificação funcional da *New York Heart Association*) e ecocardiografia de repouso normal ou indeterminado, mesmo após a incorporação do SAE, a avaliação não deve ser interrompida.^{3,4,18}

A ecocardiografia de estresse diastólico com bicicleta ergométrica em posição supina ou esteira é recomendada.^{3,4} Manobras que aumentam a pré-carga do VE, como elevação passiva dos membros inferiores, também podem ajudar a

evidenciar pressões de enchimento elevadas em pacientes com complacência ventricular reduzida. Essas abordagens podem servir como alternativas quando o teste de exercício formal não está disponível, embora um resultado negativo não exclua disfunção diastólica clinicamente relevante.³

Alguns estudos também propuseram o *handgrip* para aumentar a pós-carga.¹⁹ Em casos selecionados, a ecocardiografia de estresse pode ser combinada com avaliação hemodinâmica invasiva simultânea para confirmar aumentos dinâmicos da pressão capilar pulmonar, apoiando o diagnóstico de ICFep quando os achados não invasivos são inconclusivos.

Como Eu Faço no teste de estresse: avalio as alterações na relação E/e' e na VRT no pico do exercício. Um aumento da E/e' média > 14 ou da VRT $> 2,8$ m/s (ou $> 3,2$ m/s em alguns estudos para aumentar a especificidade) durante o esforço indica aumento dinâmico das pressões de enchimento e apoia o diagnóstico de ICFep não evidente em repouso (Tabela 4; Vídeo 4; Vídeo 5).

Ultrassonografia pulmonar (USP) e ultrassonografia de excesso venoso

A USP e o escore de ultrassonografia de excesso venoso (VExUS) emergiram como ferramentas complementares para

Artigo de Revisão

Tabela 4 – Indicações para teste de estresse diastólico e avaliação hemodinâmica invasiva

Condição clínica	Indicação/Objetivo
Dispneia com IC indeterminada, apesar do refinamento basal	Esclarecer o comportamento das pressões de enchimento do VE sob condições de estresse
Intolerância ao exercício (classes II/III da NYHA) com ecocardiografia de repouso normal ou inconclusivo	Detectar elevação dinâmica das pressões de enchimento do VE
Sintomas persistentes após reparo valvar mitral ou RBBT	Avaliar aumento residual ou induzido pelo exercício das pressões de enchimento
Achados clínicos sutis discordantes com ecocardiografia de repouso “normal”	Avaliar aumento residual ou induzido pelo exercício das pressões de enchimento
Quando considerar avaliação hemodinâmica invasiva	Objetivo
Achados ecocardiográficos indeterminados com alta probabilidade pré-teste	Confirmar o diagnóstico por meio de cateterismo cardíaco
Suspeita clínica persistente apesar de testes não invasivos	Documentar aumento dinâmico da pressão capilar pulmonar

IC: insuficiência cardíaca; NYHA: New York Heart Association; RBBT: reparo borda a borda transcatereter; VE: ventrículo esquerdo.

a avaliação de congestão. A USP identifica linhas B como marcadores de edema intersticial, enquanto o VExUS integra a avaliação da veia cava inferior com a análise Doppler de veias intra-abdominais para caracterizar a congestão venosa sistêmica.

Embora esses métodos não substituam a análise da função diastólica, eles ampliam a avaliação hemodinâmica à beira do leito e podem reforçar a suspeita de pressões de enchimento elevadas em cenários clínicos complexos.⁴

Inteligência artificial (IA) na avaliação da função diastólica do VE

A IA tem emergido como uma ferramenta promissora na avaliação da disfunção diastólica e da ICFEp, particularmente por sua capacidade de integrar múltiplas variáveis ecocardiográficas e clínicas em modelos preditivos que superam parâmetros isolados.

Algoritmos de aprendizado de máquina podem identificar padrões fenotípicos sutis, reduzir a taxa de casos indeterminados e melhorar a estimativa das pressões de enchimento. Embora ainda em processo de validação ampla, espera-se que a IA atue principalmente como ferramenta de suporte à decisão, refinando algoritmos tradicionais sem substituir o julgamento clínico do ecocardiografista.^{4,20}

O que deve ser incluído no laudo?

O laudo ecocardiográfico da função diastólica deve responder a uma pergunta clínica clara, em vez de apenas reproduzir um algoritmo. A classificação como grau I, II, III ou indeterminado, isoladamente, é insuficiente; é essencial declarar explicitamente se há evidência consistente de pressões de enchimento elevadas e descrever o raciocínio que fundamenta essa conclusão.

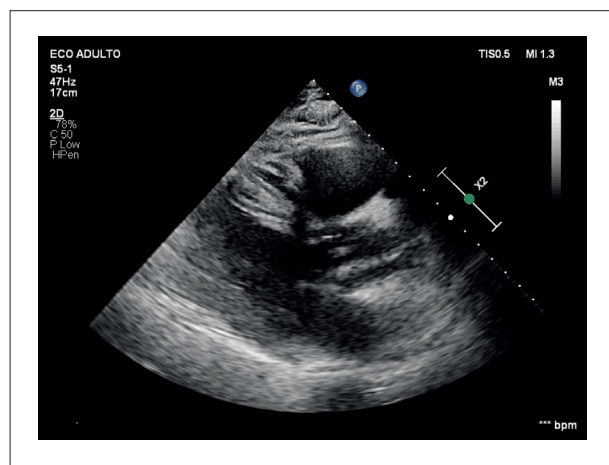
O ecocardiografista deve integrar os parâmetros disponíveis e explicitar claramente a lógica interpretativa, apresentando os dados-chave juntamente com uma conclusão direta e responsável. Um laudo de alta qualidade é aquele que orienta a conduta clínica: o rigor técnico só tem valor quando se traduz em clareza e aplicabilidade prática.

Conclusão

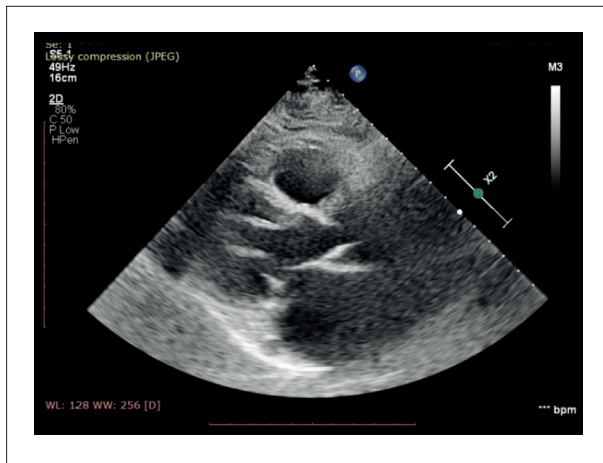
A avaliação das pressões de enchimento do VE evoluiu de um exercício rígido, baseado em algoritmos, para uma interpretação fisiológica integrada. A atualização da ASE de 2025 oferece maior flexibilidade, permitindo adaptar a avaliação conforme idade e comorbidades.

Mais do que a aplicação mecânica de critérios predefinidos, essa avaliação deve ser compreendida como a integração estruturada de dados fisiológicos para apoiar a tomada de decisão clínica. Medimos velocidades e deformação, mas o objetivo final é compreender os mecanismos hemodinâmicos subjacentes aos sintomas.

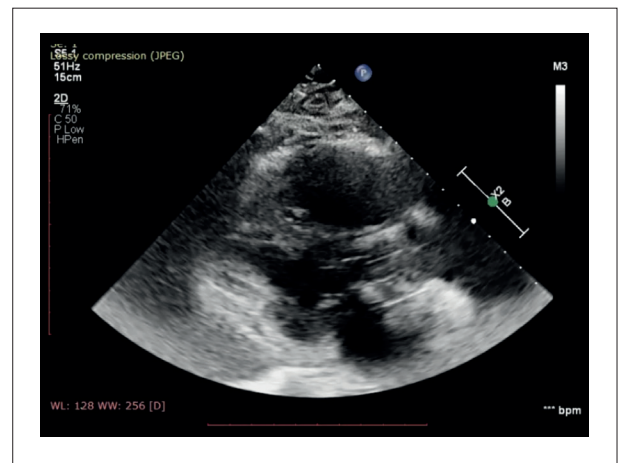
Quando realizada com rigor técnico e interpretação contextualizada, a ecocardiografia não apenas estima as pressões de enchimento, mas também elucida os mecanismos subjacentes. Essa capacidade de traduzir dados quantitativos em informação clinicamente relevante fundamenta seu papel central na prática cardiológica contemporânea.



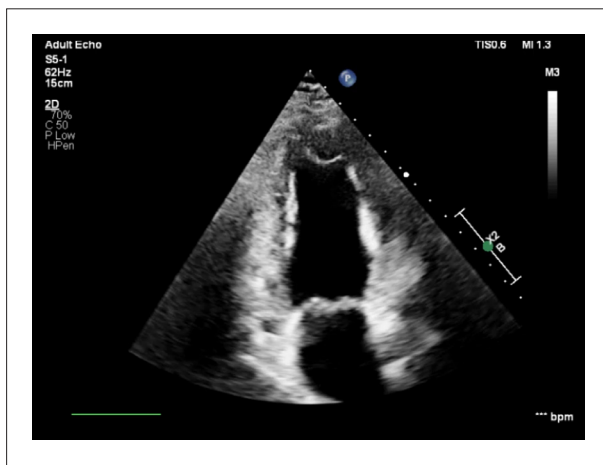
Vídeo 1 – ICFEp com avaliação de repouso inconclusiva, esclarecida pelo SAE. Vídeo em: http://abcimaging.org/supplementary-material/2026/3902/ABCImag-2026-0026_AR_Video_1.mp4



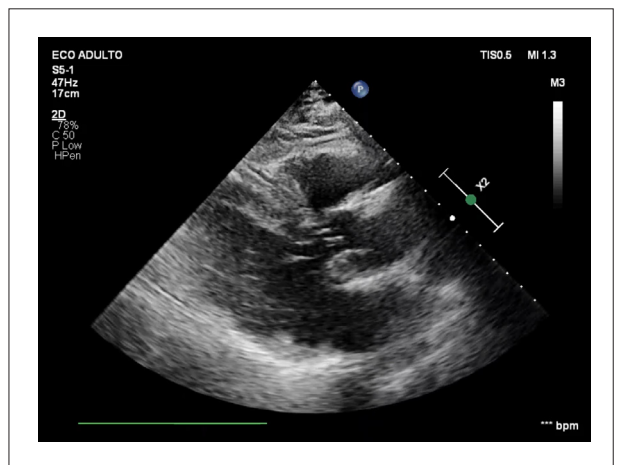
Video 2 – FA: importância da média de batimentos e do uso do TRIV e do SAE para refinamento. Vídeo em: http://abcimaging.org/supplementary-material/2026/3902/ABCImag-2026-0026_AR_Video_2.mp4



Video 3 – Hipertensão pulmonar pré-capilar com parâmetros limitrofes e SAE preservado. Vídeo em: http://abcimaging.org/supplementary-material/2026/3902/ABCImag-2026-0026_AR_Video_3.mp4



Video 4 – Elevação passiva dos membros inferiores demonstrando aumento das pressões de enchimento em paciente com dispnéia aos esforços. Vídeo em: http://abcimaging.org/supplementary-material/2026/3902/ABCImag-2026-0026_AR_Video_4.mp4



Video 5 – Teste de estresse diastólico com handgrip confirmando aumento das pressões de enchimento em dispnéia sem causa definida. Vídeo em: http://abcimaging.org/supplementary-material/2026/3902/ABCImag-2026-0026_AR_Video_5.mp4

Contribuição dos Autores

Concepção e desenho da pesquisa: Alves MSL, Bonotto EH; obtenção de dados: Alves MSL, Vosgerau LM, Dreckmann MV, Bonotto EH; análise e interpretação dos dados: Alves MSL, Dreckmann MV, Bonotto EH; redação do manuscrito: Alves MSL, Vosgerau LM, Dreckmann MV, Martins RD, Zanlorensi CB; revisão crítica do manuscrito quanto ao conteúdo intelectual importante: Alves MSL, Vosgerau LM, Dreckmann MV, Zanlorensi CB, Bonotto EH.

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.

Uso de Inteligência Artificial

Durante a preparação deste trabalho, o(s) autor(es) usaram ChatGPT para melhorar a legibilidade e a qualidade da linguagem do manuscrito. O autor revisou e editou o conteúdo conforme necessário e assume total responsabilidade pelo conteúdo do artigo publicado. Após o uso desta ferramenta/serviço, o(s) autor(es) revisaram e editaram o conteúdo

conforme necessário e assumem total responsabilidade pelo conteúdo do artigo publicado.

Disponibilidade de Dados

Os conteúdos subjacentes ao texto da pesquisa estão contidos no manuscrito.

Referências

1. Nagueh SF, Smiseth OA, Appleton CP, Byrd BF 3rd, Dokainish H, Edvardsen T, et al. Recommendations for the Evaluation of Left Ventricular Diastolic Function by Echocardiography: An Update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging. *J Am Soc Echocardiogr*. 2016;29(4):277-314. doi: 10.1016/j.echo.2016.01.011.
2. van de Bovenkamp AA, Enait V, de Man FS, Oosterveer FTP, Bogaard HJ, Vonk Noordegraaf A, et al. Validation of the 2016 ASE/EACVI Guideline for Diastolic Dysfunction in Patients with Unexplained Dyspnea and a Preserved Left Ventricular Ejection Fraction. *J Am Heart Assoc*. 2021;10(18):e021165. doi: 10.1161/JAHA.121.021165.
3. Robinson S, Ring L, Oxborough D, Harkness A, Bennett S, Rana B, et al. The Assessment of Left Ventricular Diastolic Function: Guidance and Recommendations from the British Society of Echocardiography. *Echo Res Pract*. 2024;11(1):16. doi: 10.1186/s44156-024-00051-2.
4. Nagueh SF, Sanborn DY, Oh JK, Anderson B, Billick K, Derumeaux G, et al. Recommendations for the Evaluation of Left Ventricular Diastolic Function by Echocardiography and for Heart Failure with Preserved Ejection Fraction Diagnosis: An Update from the American Society of Echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr*. 2025;38(7):537-69. doi: 10.1016/j.echo.2025.03.011.
5. Lababidi H, Rahi W, Smiseth OA, Billick K, Inoue K, Khan FH, et al. New Algorithm for Estimating Left Ventricular Filling Pressure by Echocardiography. *Circulation*. 2025;152(7):424-35. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.125.074974.
6. Nagueh SF, Middleton KJ, Kopelen HA, Zoghbi WA, Quiñones MA. Doppler Tissue Imaging: A Noninvasive Technique for Evaluation of Left Ventricular Relaxation and Estimation of Filling Pressures. *J Am Coll Cardiol*. 1997;30(6):1527-33. doi: 10.1016/s0735-1097(97)00344-6.
7. Nedios S, Koutalas E, Sommer P, Arya A, Rolf S, Husser D, et al. Asymmetrical Left Atrial Remodelling in Atrial Fibrillation: Relation with Diastolic Dysfunction and Long-Term Ablation Outcomes. *Europace*. 2017;19(9):1463-9. doi: 10.1093/europace/euw225.
8. Ahmeti A, Bytyçi FS, Bielecka-Dabrowa A, Bytyçi I, Henein MY. Prognostic Value of Left Atrial Volume Index in Acute Coronary Syndrome: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Clin Physiol Funct Imaging*. 2021;41(2):128-35. doi: 10.1111/cpf.12689.
9. Cameli M, Lisi M, Giacomini E, Caputo M, Navarri R, Malandrino A, et al. Chronic Mitral Regurgitation: Left Atrial Deformation Analysis by Two-Dimensional Speckle Tracking Echocardiography. *Echocardiography*. 2011;28(3):327-34. doi: 10.1111/j.1540-8175.2010.01329.x.
10. Inoue K, Khan FH, Remme EW, Ohte N, García-Izquierdo E, Chetrit M, et al. Determinants of Left Atrial Reservoir and Pump Strain and Use of Atrial Strain for Evaluation of Left Ventricular Filling Pressure. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 2021;23(1):61-70. doi: 10.1093/ehjci/jeaa415.
11. Lundberg A, Johnson J, Hage C, Bäck M, Merkely B, Venkateshvaran A, et al. Left Atrial Strain Improves Estimation of Filling Pressures in Heart Failure: A Simultaneous Echocardiographic and Invasive Haemodynamic Study. *Clin Res Cardiol*. 2019;108(6):703-15. doi: 10.1007/s00392-018-1399-8.
12. Appleton CP, Hatle LK, Popp RL. Relation of Transmitral Flow Velocity Patterns to Left Ventricular Diastolic Function: New Insights from a Combined Hemodynamic and Doppler Echocardiographic Study. *J Am Coll Cardiol*. 1988;12(2):426-40. doi: 10.1016/0735-1097(88)90416-0.
13. Kuecherer HF, Muhiudeen IA, Kusumoto FM, Lee E, Moulinier LE, Cahalan MK, et al. Estimation of Mean Left Atrial Pressure from Transesophageal Pulsed Doppler Echocardiography of Pulmonary Venous Flow. *Circulation*. 1990;82(4):1127-39. doi: 10.1161/01.cir.82.4.1127.
14. Khan FH, Zhao D, Ha JW, Nagueh SF, Voigt JU, Klein AL, et al. Evaluation of Left Ventricular Filling Pressure by Echocardiography in Patients with Atrial Fibrillation. *Echo Res Pract*. 2024;11(1):14. doi: 10.1186/s44156-024-00048-x.
15. Diwan A, McCulloch M, Lawrie GM, Reardon MJ, Nagueh SF. Doppler Estimation of Left Ventricular Filling Pressures in Patients with Mitral Valve Disease. *Circulation*. 2005;111(24):3281-9. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.104.508812.
16. Pagourelis ED, Mirea O, Duchenne J, Van Cleemput J, Delforge M, Bogaert J, et al. Echo Parameters for Differential Diagnosis in Cardiac Amyloidosis: A Head-to-Head Comparison of Deformation and Nondeformation Parameters. *Circ Cardiovasc Imaging*. 2017;10(3):e005588. doi: 10.1161/CIRCIMAGING.116.005588.
17. Inoue K, Andersen OS, Remme EW, Khan FH, Andreassen AK, Skulstad H, et al. Echocardiographic Evaluation of Left Ventricular Filling Pressure in Patients with Pulmonary Hypertension. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2024;17(5):566-7. doi: 10.1016/j.jcmg.2023.12.004.
18. Borlaug BA, Nishimura RA, Sorajja P, Lam CS, Redfield MM. Exercise Hemodynamics Enhance Diagnosis of Early Heart Failure with Preserved Ejection Fraction. *Circ Heart Fail*. 2010;3(5):588-95. doi: 10.1161/CIRCHEARTFAILURE.109.930701.
19. Samuel TJ, Beaudry R, Haykowsky MJ, Sarma S, Nelson MD. Diastolic Stress Testing: Similarities and Differences between Isometric Handgrip and Cycle Echocardiography. *J Appl Physiol*. 2018;125(2):529-35. doi: 10.1152/jappphysiol.00304.2018.
20. Akerman AP, Porumb M, Scott CG, Beqiri A, Chartsias A, Ryu AJ, et al. Automated Echocardiographic Detection of Heart Failure with Preserved Ejection Fraction Using Artificial Intelligence. *JACC Adv*. 2023;2(6):100452. doi: 10.1016/j.jacadv.2023.100452.



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