

Insuficiência Mitral com Múltiplos Jatros: Uma Abordagem Integrada e Hierarquizada

Mitral Regurgitation with Multiple Jets: An Integrated and Hierarchical Approach

Gracielly Barros,¹ Tatiane Mascarenhas Santiago Emerich,² Eliza Gripp^{3,4}

Hospital Santa Casa de Misericórdia de Vitória,¹ Vitória, ES – Brasil.

Universidade de São Paulo, Instituto do Coração,² São Paulo, SP – Brasil

Hospital Pró-Cardíaco,³ Rio de Janeiro, RJ – Brasil

Universidade Federal Fluminense,⁴ Rio de Janeiro, RJ – Brasil

Resumo

A insuficiência mitral (IM) com múltiplos jatros representa um cenário de alta complexidade diagnóstica, frequente na doença de Barlow e em fenótipos funcionais por remodelamento ventricular. Os métodos bidimensionais convencionais, incluindo largura da vena contracta (VCW), área do jato colorido e PISA hemisférico, apresentam limitações relevantes quando há orifícios múltiplos, jatros excêntricos, efeito Coanda, zonas de convergência sobrepostas ou geometria anular não circular, com possível subestimação da sobrecarga volumétrica. A ecocardiografia tridimensional (eco 3D) reduz parte dessas limitações ao permitir caracterização em face da valva, planimetria da área da vena contracta (VCA) por reconstrução multiplanar (MPR) e aplicação de métodos volumétricos com áreas anatômicas diretamente medidas. A equação de continuidade 3D (3D-CE), especialmente em prolapso mitral/Barlow, mostrou concordância promissora com o volume regurgitante (VR) por ressonância magnética cardíaca (CMR), embora sua evidência ainda deva ser interpretada no contexto de estudos recentes e amostras selecionadas. A CMR permanece referência volumétrica quando há discordância eco-clínica, janela acústica limitada ou decisão pré-intervenção com parâmetros limítrofes. Esta revisão propõe uma abordagem hierarquizada, multiparamétrica e tecnicamente reproduzível para avaliação da IM com múltiplos jatros.

Introdução

A insuficiência mitral (IM) com múltiplos jatros representa um dos cenários mais desafiadores da ecocardiografia valvar. Frequentemente observada na doença de Barlow e em formas complexas de IM funcional, sua quantificação desafia pressupostos fundamentais dos métodos bidimensionais convencionais, originalmente desenvolvidos para orifícios

regurgitantes únicos e geometrias mais simplificadas, o que representa uma fonte relevante de erro diagnóstico com potencial para mascarar sobrecarga volumétrica significativa.^{1,2}

Na presença de múltiplos orifícios, jatros excêntricos e anéis mitrais não circulares, parâmetros clássicos como a largura da vena contracta (VCW) e o PISA hemisférico podem subestimar significativamente a gravidade da regurgitação e sua repercussão volumétrica. Nesse contexto, a ecocardiografia tridimensional (eco 3D) e os métodos volumétricos avançados emergem como ferramentas capazes de avaliar de forma mais direta a geometria real do orifício regurgitante e integrar fenótipos anatômicos complexos.³⁻⁵

Esta revisão discute os fundamentos físicos e geométricos das limitações dos métodos bidimensionais, o papel das ferramentas tridimensionais e da ressonância magnética cardíaca (CMR) em uma abordagem multiparamétrica, além de propor uma estratégia prática e hierarquizada para avaliação sistemática da IM com múltiplos jatros. A abordagem proposta está resumida na Figura Central e as principais limitações dos métodos bidimensionais estão resumidas na Tabela 1.

Fundamentos: Por que Jatros Múltiplos Comprometem a Quantificação

A quantificação da IM baseia-se principalmente na estimativa da área efetiva do orifício regurgitante (EROA) e do volume regurgitante (VR). A vena contracta — região de maior aceleração e menor secção transversal do fluxo — representa o marcador ecocardiográfico mais próximo do orifício regurgitante efetivo. Entretanto, na presença de múltiplos orifícios regurgitantes, os pressupostos geométricos que sustentam os métodos bidimensionais convencionais frequentemente deixam de ser válidos. Essas limitações decorrem principalmente de três mecanismos físicos:^{1,2}

Relação quadrática entre diâmetro e área: como a área cresce com o quadrado do raio ($A = \pi r^2$), a soma das larguras lineares de múltiplos jatros ao Doppler bidimensional não corresponde à soma de suas áreas efetivas. Assim, dois jatros com 3 mm de largura correspondem a uma área total aproximada de 14 mm², enquanto um único jato de 6 mm apresenta área de cerca de 28 mm². Como consequência, a simples soma de medidas lineares pode levar à subestimação substancial do EROA global e, consequentemente, da gravidade da IM.^{1,3-5}

Efeito Coanda: jatros excêntricos que aderem à parede atrial sofrem dissipação de energia cinética ao longo da superfície, reduzindo artificialmente a área aparente do jato ao Doppler colorido. Esse fenômeno favorece subestimação qualitativa

Palavras-chave

Insuficiência da Valva Mitral; Ecocardiografia Tridimensional; Imageamento Multimodal

Correspondência: Gracielly Barros

Hospital Santa Casa de Misericórdia de Vitória. Rua Humberto Martins De Paula. CEP: 29050-225. Vitória, ES – Brasil

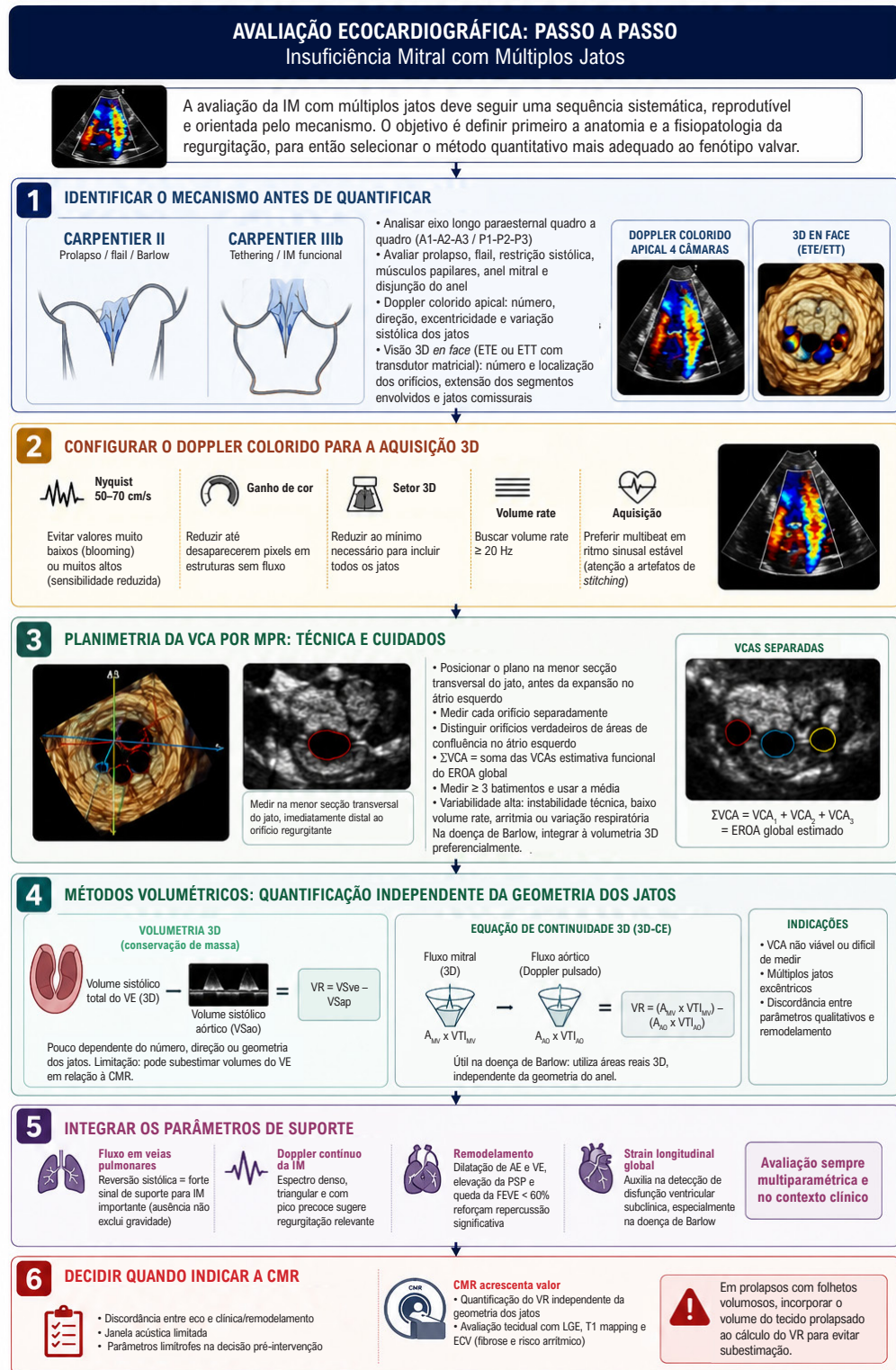
E-mail: graciellybarros@gmail.com

Artigo recebido em 01/06/2026; revisado em 15/06/2026; aceito em 16/06/2026.

Editor responsável pela revisão: Marcelo Tavares

DOI: <https://doi.org/10.36660/abcimg.20260083>

Figura Central: Insuficiência Mitral com Múltiplos Jatos: Uma Abordagem Integrada e Hierarquizada



Artigo de Revisão

sistemática da gravidade, particularmente em jatos posteriores e naqueles de origem comissural. A Figura 1 exemplifica padrões distintos de jatos regurgitantes ao Doppler colorido tridimensional, incluindo a presença de jatos separados.^{1,2,5}

Limitações do pressuposto geométrico do PISA bidimensional: o método PISA assume uma zona de convergência única, central e hemisférica, condição frequentemente ausente na presença de múltiplos orifícios regurgitantes. Zonas de convergência adjacentes, assimétricas ou parcialmente sobrepostas comprometem a estimativa do fluxo total e reduzem a acurácia do método. Na doença de Barlow, a presença de anel mitral grande e não circular amplifica ainda mais essas distorções geométricas.¹⁻⁵

Eco 3D: Ferramentas e Papel na Abordagem Multiparamétrica

A principal contribuição da eco 3D é possibilitar uma avaliação mais direta e anatômica da geometria do orifício regurgitante, reduzindo a dependência dos pressupostos geométricos inerentes às técnicas bidimensionais convencionais. Apesar dessas vantagens, o método permanece sujeito a limitações, como menor resolução espacial e temporal, dificuldade na delimitação das bordas ao Doppler colorido, influência da não planaridade do orifício regurgitante e dependência da qualidade da janela acústica. A Figura 2 apresenta, como exemplo, uma anatomia degenerativa complexa avaliada por imagens bidimensionais e tridimensionais.³⁻⁶

A Tabela 2 resume as principais ferramentas tridimensionais atualmente disponíveis, seus potenciais papéis e respectivas limitações na avaliação da IM com múltiplos jatos. Nesse contexto, merece destaque a incorporação da área tridimensional real do anel mitral à equação de continuidade (3D-CE). Ao evitar o pressuposto geométrico de circularidade

do anel, especialmente inadequado na doença de Barlow, caracterizada por anéis mitrais frequentemente dilatados e não circulares, essa estratégia apresentou excelente concordância com a CMR, superando o desempenho dos métodos bidimensionais convencionais. A aplicação da reconstrução multiplanar (MPR) para mensuração individual das áreas é exemplificada na Figura 3.³⁻⁷

Crítérios Integrados de Gravidade

Além da planimetria da vena contracta e da equação de continuidade tridimensional, avanços recentes em softwares dedicados de eco 3D permitem a quantificação volumétrica da IM por conservação de massa, utilizando a volumetria automática do ventrículo esquerdo combinada à mensuração do volume sistólico aórtico. Essa abordagem reduz a dependência da geometria do orifício regurgitante, do número de jatos e de sua excentricidade, aproximando-se conceitualmente da metodologia empregada pela CMR. A Figura 4 ilustra essa estratégia volumétrica por eco 3D, enquanto a Figura 5 apresenta o método volumétrico indireto pela CMR, atualmente considerado referência quando há discordância entre os métodos ecocardiográficos.

Os novos softwares de eco 3D possibilitam a obtenção automatizada dos volumes ventriculares e do volume sistólico do ventrículo esquerdo, permitindo calcular o VR pela diferença entre o volume sistólico ventricular e o volume sistólico efetivo ejetado para a aorta. Assim como na CMR, trata-se de um método volumétrico baseado no princípio da conservação de massa, menos influenciado pela geometria do orifício regurgitante, pela presença de múltiplos jatos ou pelo efeito Coanda. Embora ainda dependa da qualidade da aquisição tridimensional e necessite de maior validação clínica, essa tecnologia representa um avanço importante na avaliação integrada da IM complexa.

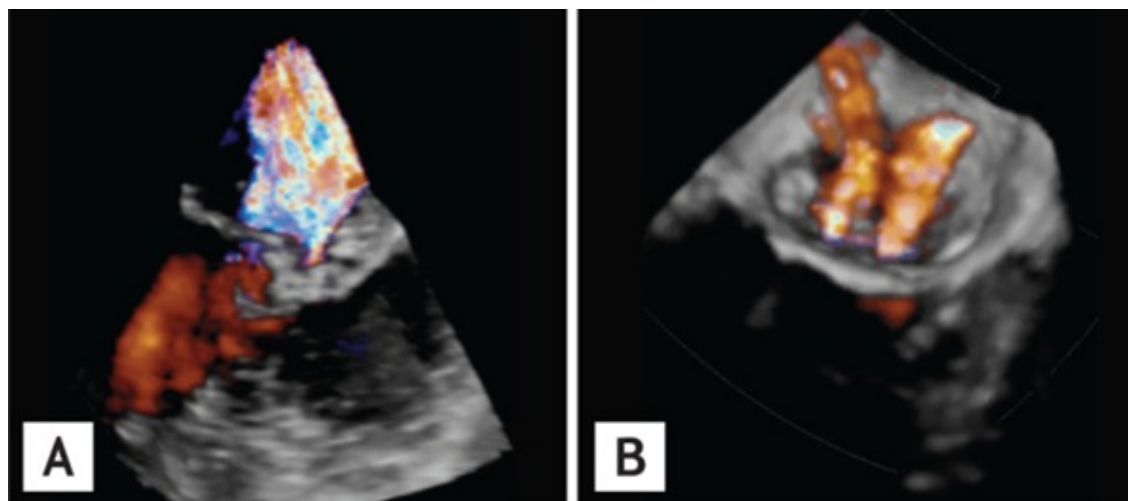


Figura 1 – Exemplos clínicos de dois padrões de IM funcional avaliados por Doppler colorido tridimensional transesofágico: jato contínuo (A) e dois jatos separados (B).

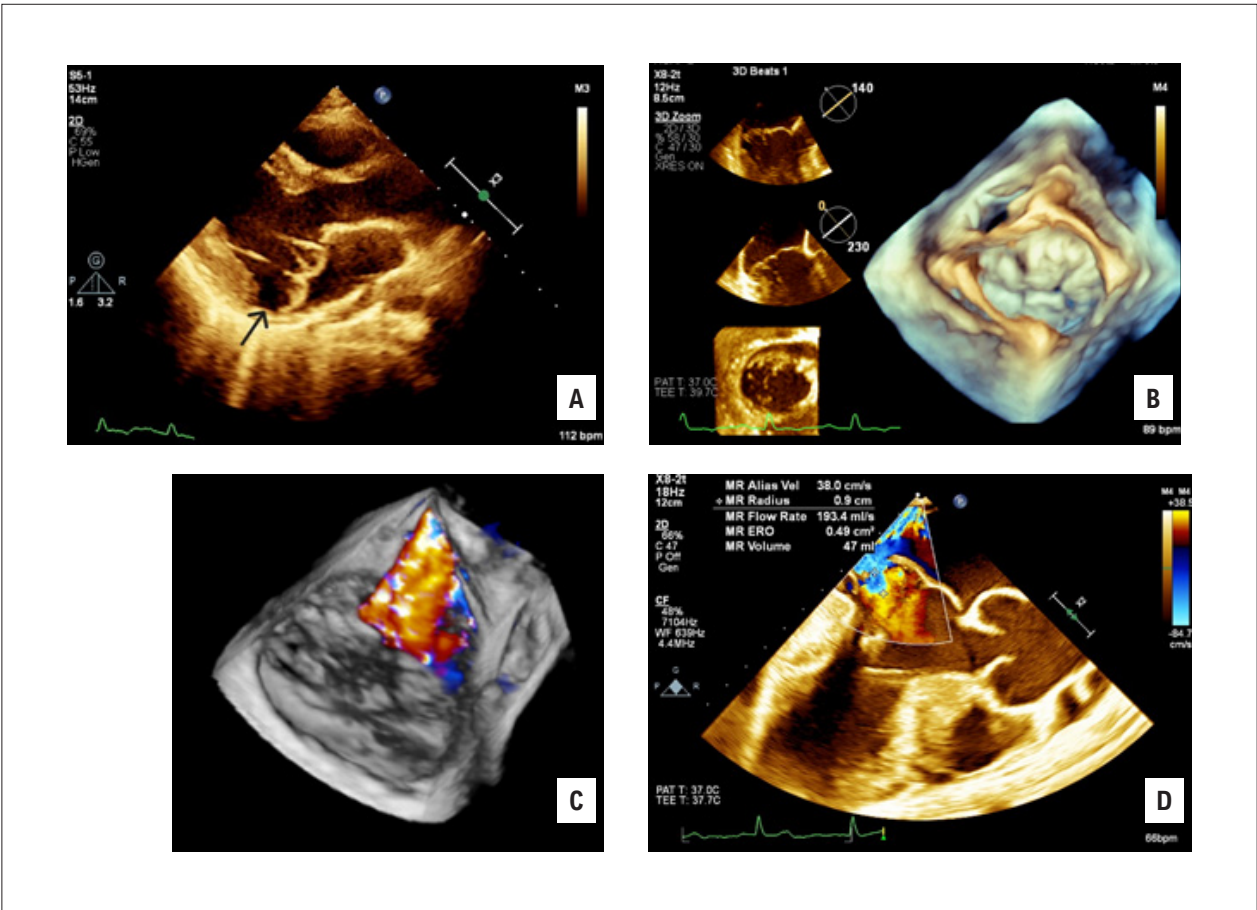


Figura 2 – Exemplo clínico de IM degenerativa com anatomia complexa. A — Plano paraesternal longitudinal, evidenciando doença de Barlow, com prolapse de ambos os folhetos e disjunção do anel mitral (seta). B — Imagem tridimensional com zoom 3D da valva mitral, vista a partir do átrio esquerdo (AE), com prolapse de múltiplos segmentos, configurando doença de Barlow. C — Imagem tridimensional com zoom 3D e Doppler colorido. D — Corte a 110°, evidenciando a excentricidade do jato e dificultando a correta mensuração do PISA, da EROA e do VR, com subestimação da gravidade da IM. EROA de 0,49 cm², entretanto com VR de 47 mL: parâmetros discordantes.

Tabela 1 – Limitações dos métodos bidimensionais na avaliação da IM com múltiplos jatos

Método	Limitação Principal	Consequência Clínica
VCW 2D	Soma de larguras lineares não corresponde à soma das áreas efetivas (relação quadrática: $A = \pi r^2$)	Subestimação do EROA global; IM importante pode ser classificada como moderada
PISA 2D hemisférico	Pressupõe zona de convergência única, central e hemisférica; premissa frequentemente ausente em múltiplos orifícios regurgitantes	Redução da acurácia em jatos múltiplos e excêntricos; EROA total impreciso
Área do jato ao Doppler colorido	Efeito Coanda reduz artificialmente a área visível do jato	Subestimação qualitativa da gravidade; método inadequado para quantificação
Método volumétrico com medidas 2D (Δ VS)	Propagação de erros geométricos pela estimativa bidimensional das áreas valvares e do TSVE	VR impreciso com medidas 2D; métodos com áreas 3D tornam-se mais confiáveis para quantificação volumétrica

VCW: vena contracta width; PISA: proximal isovelocity surface area; EROA: área efetiva do orifício regurgitante; TSVE: trato de saída do ventrículo esquerdo; VR: volume regurgitante; FED: degeneração fibroelástica; Δ VS: diferença entre volumes sistólicos.

Tabela 2 – Ferramentas tridimensionais e seu papel na avaliação da IM com múltiplos jatos

Parâmetro 3D	Papel e Limitações na IM com Múltiplos Jatos
VCA 3D por MPR (planimetria direta)	Permite estimativa mais direta da área de cada orifício regurgitante; a soma das VCAs fornece aproximação do EROA global. Apresenta boa correlação com VR por CMR. Limitações: resolução temporal e espacial, definição das bordas ao Doppler colorido e não planaridade do orifício.
PISA 3D	Avalia a superfície real de convergência do fluxo, reduzindo os pressupostos geométricos do PISA bidimensional. Limitações: frame rate reduzido e sobreposição de zonas de convergência em jatos adjacentes. Papel complementar, não primário.
Volumetria 3D — Simpson (VS total VE — VS aórtico)	O VR é calculado pela diferença entre o VS total do VE obtido por volumetria 3D direta e o VS aórtico anterógrado. Método menos dependente da geometria do anel mitral e, em grande parte, independente do número e da excentricidade dos jatos. Limitação principal: subestimação sistemática dos volumes ventriculares em relação à CMR.
Anatomia 3D en face	Permite avaliação anatômica detalhada do aparato mitral, incluindo número e localização dos orifícios de coaptação, extensão do prolapso, flail, tethering e dilatação anular. Ferramenta essencial para planejamento cirúrgico e intervencionista.
3D-CE — Área do anel × IVT	O VR é calculado utilizando áreas tridimensionais reais do anel mitral e do TSVE, reduzindo os erros decorrentes do pressuposto de circularidade do método bidimensional. Particularmente útil na doença de Barlow, em que o anel mitral é frequentemente grande e não circular. Em grande parte independente do número, excentricidade e duração sistólica dos jatos. Demonstrou excelente concordância com a CMR em comparação com os métodos bidimensionais convencionais. Limitação principal: aplicabilidade reduzida na presença de outras valvopatias significativas.

VCA: vena contracta area; MPR: reconstrução multiplanar; EROA: área efetiva do orifício regurgitante; VS: volume sistólico; CMR: ressonância magnética cardíaca; IVT: integral velocidade-tempo; MAD: disjunção do anel mitral; 3D-CE: equação de continuidade com área 3D.⁷



Figura 3 – Exemplo clínico de determinação da área da vena contracta (VCA) por ecocardiografia transesofágica tridimensional e MPR. Após o reparo percutâneo, os jatos residuais são mensurados separadamente e suas áreas são somadas. Fonte: Dietl et al.⁸

A CMR permanece o método volumétrico de referência para quantificação da IM. O VR é calculado pela diferença entre o volume sistólico do ventrículo esquerdo obtido por cine-RM e o fluxo aórtico anterógrado mensurado por phase-contrast. Por ser praticamente independente do número, direção e geometria dos jatos regurgitantes, essa abordagem mantém elevada acurácia em anatomias complexas, constituindo importante

método complementar quando existe discordância entre os achados ecocardiográficos e o contexto clínico ou quando a decisão terapêutica depende de quantificação mais precisa.⁹⁻¹²

Em pacientes com prolapso mitral bivalvar e folhetos volumosos, o volume do tecido prolapsado deve ser incorporado ao cálculo do VR para evitar subestimação da regurgitação.^{14,15}

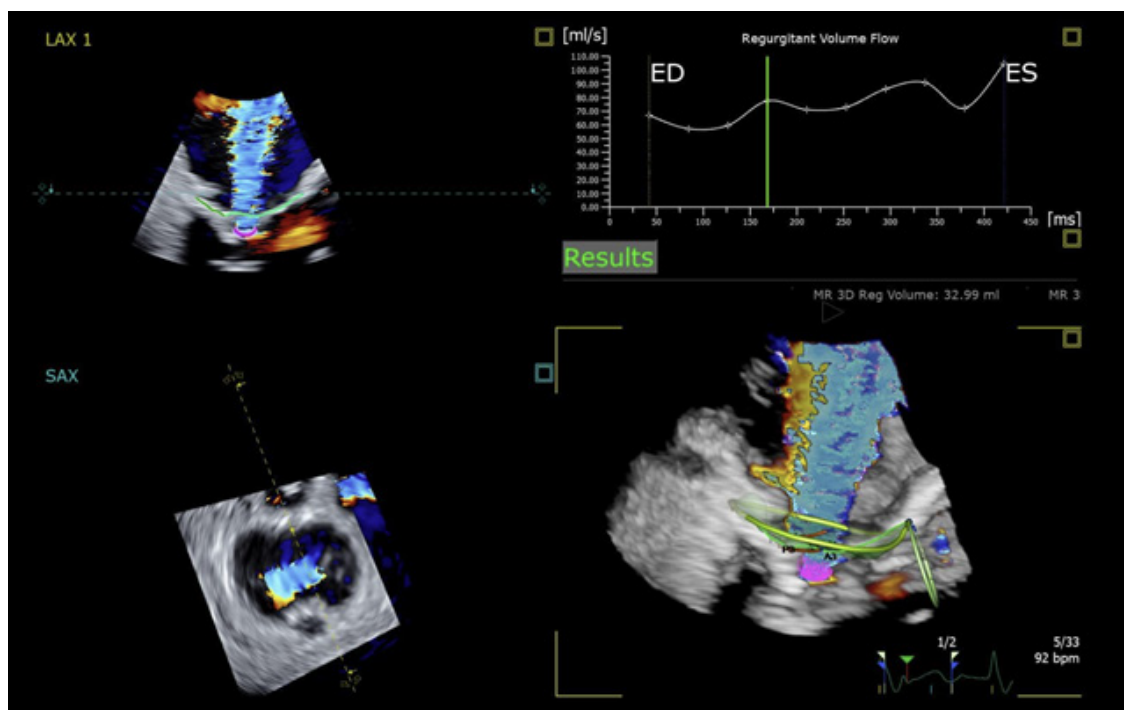


Figura 4 – Quantificação automática do fluxo colorido 3D utilizando inteligência artificial para medir o VR mitral.

O 4D Flow CMR amplia ainda mais essa capacidade ao permitir avaliação tridimensional dos padrões de fluxo regurgitante. Entretanto, apesar de resultados promissores, sua aplicação clínica rotineira ainda permanece limitada.¹¹

Nenhum parâmetro isolado, incluindo a Σ VCA 3D, deve ser utilizado como árbitro único da gravidade da IM. As diretrizes contemporâneas convergem para abordagem multiparamétrica, integrando dados anatômicos, quantitativos e de repercussão hemodinâmica. Nesse contexto, os valores de corte apresentados na Tabela 3 devem ser interpretados conforme etiologia, qualidade técnica do exame e contexto clínico, particularmente nos fenótipos complexos de IM multijato.^{1,2,16,17}

Avaliação Ecocardiográfica: Passo a Passo

A avaliação da IM com múltiplos jatos deve seguir uma sequência sistemática, reproduzível e orientada pelo mecanismo. O objetivo é definir primeiro a anatomia e a fisiopatologia da regurgitação, para então selecionar o método quantitativo mais adequado ao fenótipo valvar.^{1,2,16,17}

O algoritmo está resumido na Figura Central.

Passo 1 — Identificar o Mecanismo Antes de Quantificar

A primeira etapa é definir o mecanismo da IM pela classificação de Carpentier. Nos fenótipos multijato, os achados mais frequentes são Tipo II, por prolapso ou

flail em doença de Barlow ou degeneração fibroelástica multissegmentar, e Tipo IIIb, por restrição sistólica secundária ao tethering do aparato subvalvar na IM funcional isquêmica ou dilatada.^{1,2,16,17}

A análise deve iniciar pela janela paraesternal em eixo longo, com avaliação quadro a quadro dos segmentos A1–A2–A3 e P1–P2–P3, presença de prolapso, flail, restrição sistólica, deslocamento apical dos músculos papilares, dilatação e morfologia do anel mitral, além de eventual disjunção do anel mitral. Nas janelas apicais, o Doppler colorido permite mapear número, direção, excentricidade e variação sistólica dos jatos.^{1,2,6}

A visão 3D em face, por ETE ou ETT com transdutor matricial, complementa a avaliação ao demonstrar número e localização dos orifícios de coaptação, a extensão dos segmentos envolvidos e a presença de jatos comissurais, frequentemente difíceis de caracterizar apenas pelo 2D. Essa etapa define a hierarquia dos métodos quantitativos subsequentes.⁶

Passo 2 — Configurar o Doppler Colorido para a Aquisição 3D

A planimetria da VCA 3D exige aquisição colorida cuidadosamente ajustada. A velocidade de Nyquist deve ser mantida, em geral, entre 50 e 70 cm/s. Valores muito baixos favorecem blooming e superestimam a área colorida; valores muito altos reduzem a sensibilidade do Doppler colorido e podem subestimar a VCA.³⁻⁵

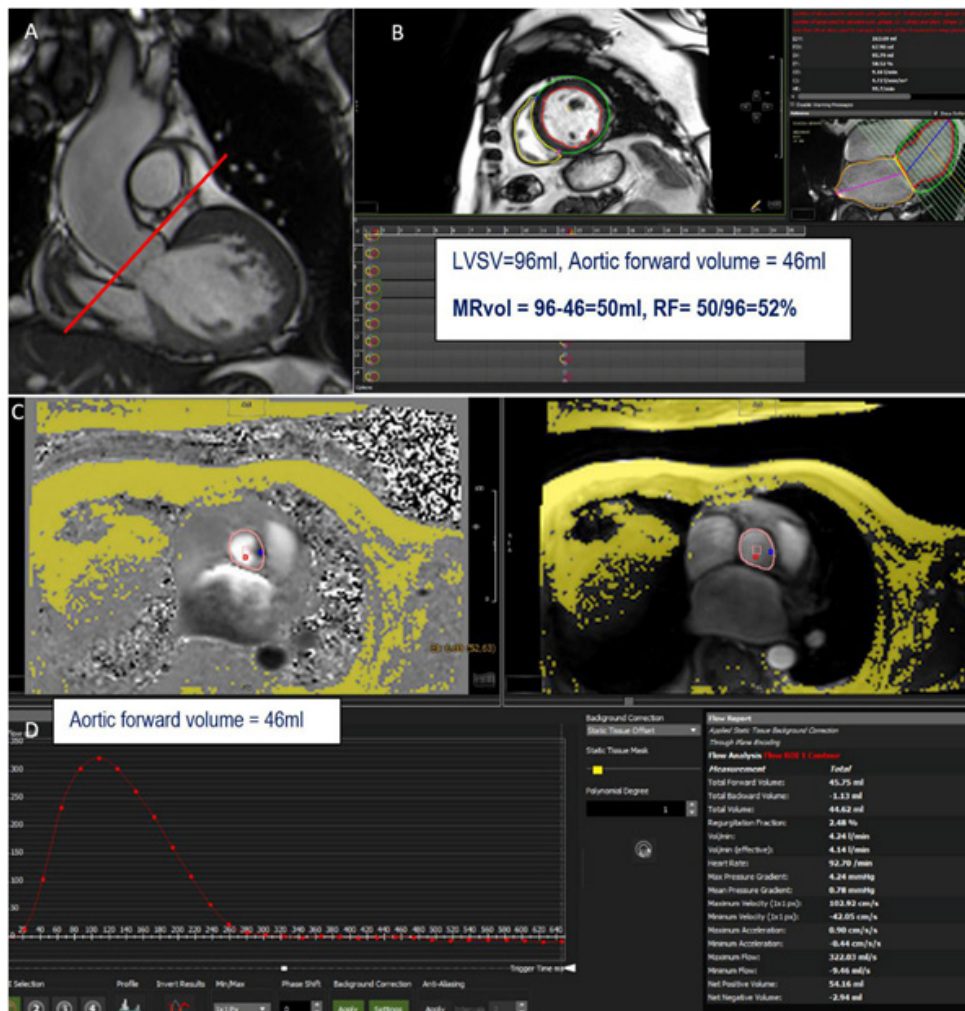


Figura 5 – Exemplo clínico de avaliação da IM por CMR utilizando método indireto. O plano para phase-contrast é posicionado acima da valva aórtica e o VR mitral é calculado pela diferença entre o volume sistólico do ventrículo esquerdo e o fluxo aórtico anterógrado. LVSv: volume sistólico do ventrículo esquerdo; MRvol: volume regurgitante mitral; RF: fração regurgitante. Fonte: Vermes et al.¹³

Tabela 3 – Critérios quantitativos de gravidade e parâmetros de suporte na IM primária

Parâmetro	IM Moderada	IM Importante
EROA (ΣVCA 3D)	0,20 – 0,39 cm ²	≥ 0,40 cm ² *
VR	30 – 59 mL	≥ 60 mL
FR	30 – 49%	≥ 50%
Fluxo sistólico reverso em VP	Ausente ou embotado	Presente (sinal de suporte)
Dilatação de AE / VE	Leve a moderada	Dilatação significativa; possível repercussão ventricular subclínica

EROA: área efetiva do orifício regurgitante; VCA: vena contracta area; VR: volume regurgitante; FR: fração regurgitante; VP: veia pulmonar; AE: átrio esquerdo; VE: ventrículo esquerdo. * Valores derivados de literatura predominantemente baseada em IM primária e não especificamente validados para todos os fenótipos de IM multijato. Os parâmetros devem ser interpretados de forma multiparamétrica, considerando etiologia, qualidade técnica e contexto clínico. Na IM secundária, o limiar de gravidade para EROA é geralmente menor (≥ 0,20 cm²). Fonte: Zoghbi WA et al.; Vahanian A et al.^{1,16}

O ganho de cor deve ser reduzido progressivamente até desaparecerem pixels coloridos em estruturas sem fluxo, preservando o sinal verdadeiro do jato. Ganho excessivo expande as bordas por artefato e é o erro mais comum na prática. O setor 3D deve ser restrito ao mínimo necessário para incluir todos os jatos, aumentando o volume rate. Idealmente, deve-se buscar volume rate ≥ 20 Hz. Em ritmo sinusal estável, aquisições multibeam podem melhorar a resolução espacial, embora aumentem o risco de artefatos de stitching.^{1,3-6}

Passo 3 — Planimetria da VCA por MPR: Técnica e Cuidados

Após a aquisição do volume 3D colorido, o conjunto de dados deve ser analisado em MPR. O plano de medida deve ser posicionado na menor secção transversal do jato, imediatamente distal ao orifício regurgitante, antes da expansão do fluxo no átrio esquerdo.³⁻⁶

O erro técnico mais comum é medir a área distalmente, já na zona de expansão do jato, superestimando a VCA. Cada orifício deve ser planimetrado separadamente. Em jatos adjacentes, deve-se distinguir orifícios verdadeiros de áreas de confluência no átrio esquerdo. A soma das VCAs fornece uma estimativa funcional do EROA global.³⁻⁶

Recomenda-se medir pelo menos três batimentos e utilizar a média. Variabilidade elevada sugere instabilidade técnica, baixo volume rate, arritmia ou variação respiratória significativa. Na doença de Barlow, a VCA deve ser integrada preferencialmente a métodos volumétricos 3D, devido à geometria complexa e não circular do anel mitral.³⁻⁶

Passo 4 — Métodos Volumétricos: Quantificação Independente da Geometria dos Jatos

Os métodos volumétricos são particularmente úteis quando a planimetria da VCA não é viável, quando há múltiplos jatos excêntricos ou quando existe discordância entre parâmetros qualitativos e remodelamento cardíaco.⁹⁻¹²

A volumetria 3D por conservação de massa calcula o VR pela diferença entre o volume sistólico total do VE, obtido por volumetria 3D direta, e o volume sistólico aórtico anterógrado. Essa abordagem é pouco dependente do número, direção ou geometria dos jatos, embora mantenha a limitação de subestimar volumes ventriculares em relação à CMR.⁹⁻¹²

A equação de continuidade 3D (3D-CE) calcula o VR pela diferença entre o volume sistólico mitral e o volume sistólico aórtico, utilizando áreas tridimensionais reais. É especialmente útil em fenótipos como a doença de Barlow, nos quais o anel mitral é grande, não circular e mal representado por medidas lineares bidimensionais. Em ambos os métodos, as medidas devem ser obtidas em múltiplos ciclos, com especial atenção ao posicionamento correto do Doppler pulsado no plano do anel mitral.⁷

Passo 5 — Integrar os Parâmetros de Suporte

A quantificação deve ser interpretada em conjunto com marcadores de repercussão hemodinâmica e remodelamento cardíaco. A reversão sistólica do fluxo em veias pulmonares é um forte sinal de suporte para IM importante, embora sua

ausência não exclua gravidade em jatos excêntricos ou com efeito Coanda.^{1,2,16,17}

O Doppler contínuo da IM acrescenta informação qualitativa pela densidade e morfologia do envelope. Espectro denso, triangular e com pico precoce sugere regurgitação hemodinamicamente relevante. A dilatação progressiva do átrio esquerdo e do ventrículo esquerdo, a elevação da pressão sistólica pulmonar e a queda da fração de ejeção do ventrículo esquerdo (FEVE) abaixo de 60% reforçam repercussão significativa. Na doença de Barlow, o strain longitudinal global pode auxiliar na identificação de disfunção ventricular subclínica.^{1,2,16,17}

Passo 6 — Decidir Quando Indicar a CMR

A CMR deve ser considerada quando houver discordância entre a gravidade estimada ao ecocardiograma e os sintomas ou o remodelamento cardíaco, janela acústica limitada ou parâmetros limítrofes para uma decisão pré-intervenção.⁹⁻¹²

Na doença de Barlow, a CMR acrescenta valor por quantificar o VR de forma menos dependente da geometria dos jatos e por permitir avaliação tecidual com LGE, mapeamento T1 e ECV, relevantes para a detecção de fibrose miocárdica e estratificação de risco arritmico. Em prolapsos com folhetos volumosos, o volume do tecido prolapsado deve ser incorporado ao cálculo para evitar subestimação do VR.^{14,15,18}

Diagnóstico Diferencial: IM Primária versus Secundária

A etiologia da IM — primária (degenerativa) ou secundária (funcional) — influencia diretamente a interpretação dos parâmetros quantitativos, os limiares de gravidade e a estratégia terapêutica. Na IM secundária, o limiar de EROA associado à gravidade é menor em razão da reduzida reserva funcional do ventrículo esquerdo remodelado. A Tabela 4 resume as principais diferenças entre esses fenótipos relevantes para a avaliação por imagem.^{2,16,17}

Armadilhas Técnicas e Como Evitá-las

O domínio técnico da aquisição e análise tridimensional é fundamental para garantir acurácia na quantificação da IM com múltiplos jatos. Os erros mais frequentes incluem:^{1,3-6}

- **Somar larguras bidimensionais em vez de áreas:** a soma de diâmetros lineares não corresponde à soma das áreas efetivas dos orifícios regurgitantes. Sempre somar áreas (cm²), nunca larguras (mm). O erro ocorre invariavelmente na direção da subestimação do EROA global.³⁻⁵

- **Planimetria fora da verdadeira vena contracta:** a medida deve ser realizada na menor secção transversal do jato, imediatamente distal ao orifício regurgitante. Medidas mais distais, já na expansão do fluxo no átrio esquerdo, superestimam a VCA.³⁻⁵

- **Nyquist inadequado:** velocidades muito elevadas reduzem artificialmente a área colorida; valores muito baixos favorecem blooming e expansão artefactual das bordas do jato. Para planimetria da VCA 3D, recomenda-se Nyquist entre 50 e 70 cm/s.³⁻⁶

- **Frame rate insuficiente:** volume rate baixo pode capturar a vena contracta fora do pico sistólico e reduzir a reprodutibilidade da medida. Deve-se priorizar volume rate

Artigo de Revisão

Tabela 4 – Diferenças entre IM primária e secundária relevantes para a avaliação por imagem

Característica	IM Primária (Degenerativa)	IM Secundária (Funcional)
Mecanismo	Doença estrutural do folheto, cordoalhas ou anel mitral (prolapso, flail, doença de Barlow, FED)	Remodelamento do VE com tethering do aparato subvalvar
Padrão dos jatos	Frequentemente excêntricos; múltiplos na doença de Barlow por prolapso multissegmentar	Geralmente central; múltiplos em casos de tethering assimétrico
Limiar de EROA para gravidade	$\geq 0,40 \text{ cm}^2$	$\geq 0,20 \text{ cm}^2$ (menor reserva miocárdica do VE remodelado)
Papel da CMR	Árbitro em parâmetros limítrofes ou discordância eco-clínica; útil em Barlow/MAD (VR por balanço volumétrico)	Especialmente útil quando FEVE limítrofe ou decisão de revascularização concomitante
Estratégia de intervenção	Reparo/substituição; momento da intervenção baseado em sintomas, FEVE e diâmetro/volume do VE	Otimização clínica prioritária; cirurgia selecionada quando VR alto e boa candidatura a reparo

VCA: vena contracta area; EROA: área efetiva do orifício regurgitante; VE: ventrículo esquerdo; CMR: ressonância magnética cardíaca; MAD: disjunção do anel mitral; FED: degeneração fibroelástica; FEVE: fração de ejeção do ventrículo esquerdo.

$\geq 20\text{--}25 \text{ Hz}$, utilizando redução do setor e zoom valvar sempre que possível.³⁻⁶

- **Análise baseada em batimento único:** a planimetria deve ser realizada em múltiplos ciclos com utilização da média. Variabilidade superior a 20% entre batimentos sugere instabilidade técnica, arritmia ou aquisição inadequada.³⁻⁶

- **Subvalorização dos jatos comissurais:** particularmente frequentes na doença de Barlow, podem ser numerosos, pequenos e facilmente negligenciados ao 2D. A soma das VCAs é especialmente importante nesses casos, nos quais o EROA total pode ser significativamente maior do que o aparente.³⁻⁶

- **Ausência de documentação hemodinâmica:** pressão arterial, frequência cardíaca e ritmo cardíaco devem ser registrados durante o exame. Alterações agudas de pós-carga podem modificar substancialmente o EROA e o VR.^{1,2}

- **Posicionamento inadequado do Doppler pulsado mitral:** nos métodos volumétricos, o IVT mitral deve ser obtido ao nível do anel mitral. Amostragens supraválvares introduzem erro sistemático no cálculo do volume sistólico mitral.^{1,7}

- **Assumir circularidade do anel mitral na doença de Barlow:** o anel mitral frequentemente apresenta geometria ampla, dinâmica e não circular. A estimativa da área por diâmetro único subestima a área real do anel e pode superestimar o VR calculado. Nesses casos, deve-se preferir a mensuração direta da área tridimensional do anel mitral.^{7,14}

Conclusão

A quantificação da IM com múltiplos jatos exige métodos capazes de representar a geometria real dos orifícios regurgitantes e suas repercussões hemodinâmicas. Nesse contexto, a planimetria tridimensional da vena contracta por MPR representa ferramenta central quando tecnicamente viável, devendo sempre ser integrada à anatomia valvar, ao remodelamento cardíaco e aos parâmetros de suporte.^{1,3-5}

Na doença de Barlow, a geometria ampla, dinâmica e não circular do anel mitral limita substancialmente a acurácia dos métodos bidimensionais convencionais. A incorporação de áreas tridimensionais reais na equação de continuidade representa avanço importante nesse fenótipo anatômico complexo.^{7,14}

A CMR deve ser considerada método complementar de referência em cenários de discordância, parâmetros limítrofes ou incerteza diagnóstica, particularmente nos fenótipos multijato mais complexos.^{9,10-12}

Mais do que buscar um único parâmetro “ideal”, a avaliação da IM multijato requer uma hierarquia racional de métodos, selecionados conforme mecanismo valvar, geometria do orifício regurgitante, condições hemodinâmicas e qualidade técnica da aquisição. Em última análise, compreender as limitações físicas e geométricas de cada método é tão importante quanto dominar sua execução.^{1,2,16,19}

Contribuição dos Autores

Concepção e desenho da pesquisa, obtenção de dados, análise e interpretação dos dados, redação do manuscrito, revisão crítica do manuscrito quanto ao conteúdo intelectual importante: Emerich TMS; Barros G; Gripp EA.

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 Claude IA para revisão ortográfica e de referências bibliográficas.

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. Zoghbi WA, Adams D, Bonow RO, Enriquez-Sarano M, Foster E, Grayburn PA, et al. Recommendations for Noninvasive Evaluation of Native Valvular Regurgitation: A Report from the American Society of Echocardiography Developed in Collaboration with the Society for Cardiovascular Magnetic Resonance. *J Am Soc Echocardiogr*. 2017;30(4):303-71. doi: 10.1016/j.echo.2017.01.007.
2. Lancellotti P, Tribouilloy C, Hagendorff A, Popescu BA, Edvardsen T, Pierard LA, et al. Recommendations for the Echocardiographic Assessment of Native Valvular Regurgitation: An Executive Summary from the European Association of Cardiovascular Imaging. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 2013;14(7):611-44. doi: 10.1093/ehjci/jet105.
3. Hyodo E, Iwata S, Tugcu A, Arai K, Shimada K, Muro T, et al. Direct Measurement of Multiple Vena Contracta Areas for Assessing the Severity of Mitral Regurgitation Using 3D TEE. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2012;5(7):669-76. doi: 10.1016/j.jcmg.2012.03.008.
4. Zeng X, Levine RA, Hua L, Morris EL, Kang Y, Flaherty M, et al. Diagnostic Value of Vena Contracta Area in the Quantification of Mitral Regurgitation Severity by Color Doppler 3D Echocardiography. *Circ Cardiovasc Imaging*. 2011;4(5):506-13. doi: 10.1161/CIRCIMAGING.110.961649.
5. Avenatti E, Mackensen GB, El-Tallawi KC, Reisman M, Gruye L, Barker CM, Little SH. Diagnostic Value of 3-Dimensional Vena Contracta Area for the Quantification of Residual Mitral Regurgitation After MitraClip Procedure. *JACC Cardiovasc Interv*. 2019;12(6):582-91. doi:10.1016/j.jcin.2018.12.006.
6. 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.
7. Abdelkader AEA, Alsaid A, Matar R, Phatak P, Manne JRR, Wang Z. Quantifying Mitral Regurgitation in MVP: The Added Value of Three-Dimensional Continuity Equation. *Eur Heart J Imaging Methods Pract*. 2026;4(1):qyag009. doi: 10.1093/ehjimp/qyag009.
8. Dietl A, Prieschenk C, Eckert F, Birner C, Luchner A, Maier LS, et al. 3D Vena Contracta Area after MitraClip® Procedure: Precise Quantification of Residual Mitral Regurgitation and Identification of Prognostic Information. *Cardiovasc Ultrasound*. 2018;16(1):1. doi: 10.1186/s12947-017-0120-9.
9. Uretsky S, Gillam L, Lang R, Chaudhry FA, Argulian E, Supariwala A, et al. Discordance between Echocardiography and MRI in the Assessment of Mitral Regurgitation Severity: A Prospective Multicenter Trial. *J Am Coll Cardiol*. 2015;65(11):1078-88. doi: 10.1016/j.jacc.2014.12.047.
10. Spampinato RA, Jahnke C, Crelier G, Lindemann F, Fahr F, Czaja-Ziolowska M, et al. Quantification of Regurgitation in Mitral Valve Prolapse with Four-Dimensional Flow Cardiovascular Magnetic Resonance. *J Cardiovasc Magn Reson*. 2021;23(1):87. doi: 10.1186/s12968-021-00783-8.
11. Myerson SG. CMR in Evaluating Valvular Heart Disease: Diagnosis, Severity, and Outcomes. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2021;14(10):2020-32. doi: 10.1016/j.jcmg.2020.09.029.
12. Lopez-Mattei JC, Ibrahim H, Shaikh KA, Little SH, Shah DJ, Maragiannis D, et al. Comparative Assessment of Mitral Regurgitation Severity by Transthoracic Echocardiography and Cardiac Magnetic Resonance Using an Integrative and Quantitative Approach. *Am J Cardiol*. 2016;117(2):264-70. doi: 10.1016/j.amjcard.2015.10.045.
13. Vermes E, Iacuzio L, Levy F, Bohbot Y, Renard C, Gerber B, et al. Role of Cardiovascular Magnetic Resonance in Native Valvular Regurgitation: A Comprehensive Review of Protocols, Grading of Severity, and Prediction of Valve Surgery. *Front Cardiovasc Med*. 2022;9:881141. doi: 10.3389/fcvm.2022.881141.
14. El-Tallawi KC, Kitkungvan D, Xu J, Cristini V, Yang EY, Quinones MA, et al. Resolving the Disproportionate Left Ventricular Enlargement in Mitral Valve Prolapse Due to Barlow Disease: Insights from Cardiovascular Magnetic Resonance. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2021;14(3):573-84. doi: 10.1016/j.jcmg.2020.08.029.
15. Vincenti G, Masci PG, Rutz T, De Blois J, Prša M, Jeanrenaud X, et al. Impact of Bileaflet Mitral Valve Prolapse on Quantification of Mitral Regurgitation with Cardiac Magnetic Resonance: A Single-Center Study. *J Cardiovasc Magn Reson*. 2017;19(1):56. doi: 10.1186/s12968-017-0362-6.
16. Vahanian A, Beyersdorf F, Praz F, Milojevic M, Baldus S, Bauersachs J, et al. 2021 ESC/EACTS Guidelines for the Management of Valvular Heart Disease. *Eur Heart J*. 2022;43(7):561-632. doi: 10.1093/eurheartj/ehab395.
17. Otto CM, Nishimura RA, Bonow RO, Carabello BA, Erwin JP 3rd, Gentile F, et al. 2020 ACC/AHA Guideline for the Management of Patients with Valvular Heart Disease: A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Joint Committee on Clinical Practice Guidelines. *J Am Coll Cardiol*. 2021;77(4):e25-e197. doi: 10.1016/j.jacc.2020.11.018.
18. Figliozzi S, Di Maio S, Georgiopoulos G, Vandenberg B, Chiribiri A, Francone M, et al. Cardiovascular Magnetic Resonance in Patients with Mitral Valve Prolapse. *J Cardiovasc Magn Reson*. 2025;27(1):101137. doi: 10.1016/j.jocmr.2024.101137.
19. Kim GY, Jo HH, Lim SM, Pack D, Lee HS, Lee JE, et al. Calculation of Regurgitant Volume Using Echocardiographic Volumetric Method for Accurate Diagnosis of Severe Mitral Regurgitation. *J Am Soc Echocardiogr*. 2025;38(8):671-81. doi: 10.1016/j.echo.2025.02.012.



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