

# Valva Tricúspide: Fundamentos Anatômicos e Critérios de Seleção de Pacientes para Intervenções Estruturais Transcateter

*Tricuspid Valve: Anatomical Basis and Patient Selection Criteria for Transcatheter Structural Interventions*

Alexandre Costa Souza,<sup>1,2</sup> Halsted Alarcão Gomes Pereira da Silva,<sup>3</sup> Alex dos Santos Felix<sup>4</sup>

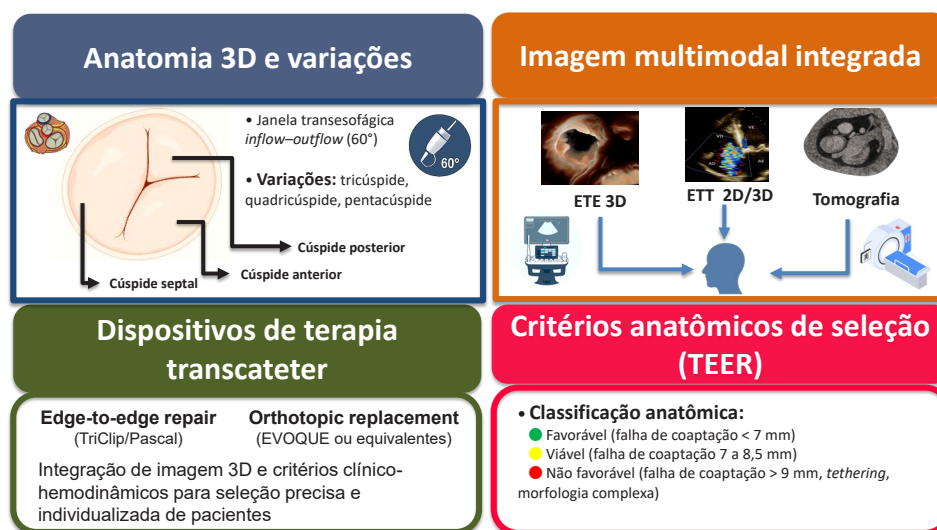
Hospital São Rafael/RedeD'Or,<sup>1</sup> Salvador, BA – Brasil

Instituto D'Or de Pesquisa e Ensino (IDOR),<sup>2</sup> Rio de Janeiro, RJ – Brasil

Instituto Dante Pazzanese de Cardiologia,<sup>3</sup> São Paulo, SP – Brasil

Instituto Nacional de Cardiologia (INC),<sup>4</sup> Rio de Janeiro, RJ – Brasil

**Figura Central:** Valva Tricúspide: Fundamentos Anatômicos e Critérios de Seleção de Pacientes para Intervenções Estruturais Transcateter



Arq Bras Cardiol: Imagem cardiovasc. 2025;38(3):e20250064

ETE: ecocardiograma transefágico; ETT: ecocardiograma transtorácico; RBBT: reparo borda a borda transcater; 2D: bidimensional; 3D: tridimensional.

## Resumo

A insuficiência tricúspide vem sendo reconhecida como entidade clínica relevante, com impacto direto na morbidade e mortalidade. Avanços recentes na imagem cardiovascular

## Palavras-chave

Valva Tricúspide; Insuficiência da Valva Tricúspide; Ecocardiografia Tridimensional; Ecocardiografia Transefágica

**Correspondência:** Alexandre Costa Souza •

Hospital São Rafael – Ecocardiografia. Av. São Rafael, 2152. CEP: 41253-190, Salvador, BA – Brasil

E-mail: alexandrecoastahr@gmail.com

Artigo recebido em 21/08/2025; revisado em 29/08/2025;

aceito em 29/08/2025

Editor responsável pela revisão: Marcelo Tavares

**DOI:** <https://doi.org/10.36660/abcimg.20250064>

multimodal permitiram avaliação anatômica e funcional mais detalhada do aparelho tricúspide, orientando a indicação e o planejamento de intervenções transcater. Revisar os fundamentos anatômicos da valva tricúspide e discutir critérios ecocardiográficos e clínicos para seleção de candidatos a terapias transcater. Revisão narrativa sobre a variabilidade anatômica da valva tricúspide e de seu aparelho subvalvar, incorporando recomendações recentes de sociedades de ecocardiografia e evidências clínicas. Ênfase especial foi dada à ecocardiografia tridimensional, ao ecocardiograma transefágico e à tomografia computadorizada para caracterização morfológica e funcional da insuficiência tricúspide. Evidências contemporâneas demonstram que até 45% dos pacientes apresentam morfologias não clássicas (valvas quadricúspides ou pentacúspides), com repercussão na viabilidade e nos resultados do reparo borda a borda. A integração da ecocardiografia tridimensional aprimora a

acurácia na graduação da gravidade da regurgitação, possibilita mensuração precisa da área da vena contracta e auxilia na decisão quanto à escolha do dispositivo. Fatores clínicos como função ventricular direita, pressão sistólica da artéria pulmonar e presença de dispositivos intracardíacos também influenciam a seleção dos pacientes. A seleção adequada de candidatos para terapias transcater de valva tricúspide requer abordagem sistemática com uso integrado de métodos de imagem e parâmetros clínicos. A caracterização ecocardiográfica detalhada da morfologia dos folhetos, da falha de coaptação e da geometria do anel é fundamental para o planejamento do procedimento, escolha do dispositivo e previsão de desfechos.

## Introdução

A valva tricúspide constitui um complexo anatômico-funcional que exerce papel fundamental para uma mecânica cardíaca adequada, influenciando a hemodinâmica em ambos os ventrículos. A nomenclatura “tricúspide” se dá pela descrição anatômica tradicional, composta pelas cúspides anterior, septal e posterior, muito embora saibamos que em até 45% dos casos podem ser bicúspides ou mesmo ter mais de três cúspides, com grande variabilidade anatômica.<sup>1</sup> A área valvar tricúspide normal varia entre 7 e 9 cm<sup>2</sup>, sendo a valva anatomicamente mais inferior do coração. A posição mais apical em relação à valva mitral, associada à geometria elíptica e em forma de “sela” do anel valvar (*saddle-shaped*), além da proximidade de estruturas como o seio coronário e o feixe de His, impõem desafios particulares a procedimentos estruturais transcater, tornando a definição por métodos de imagem de extrema importância. Além da valva tricúspide, o complexo tricúspideo é composto pelo anel fibromuscular e aparelho subvalvar (cordoalhas tendíneas e músculos papilares), cuja interação dinâmica garante a correta coaptação valvar durante o ciclo cardíaco. Estudos de reconstrução tridimensional (3D), seja por ecocardiografia (ECO) 3D transtorácica ou transesofágica, ou mesmo por tomografia computadorizada, permitem a visualização mais detalhada das cúspides (visão *en face* pelo ECO 3D) e a mensuração precisa das dimensões valvares, reduzindo a subjetividade inerente às abordagens bidimensionais.<sup>1,2</sup>

Complementando a visualização anatômica, a avaliação funcional da valva tricúspide é fundamental para o entendimento do mecanismo de disfunção, assim como para o planejamento da melhor opção terapêutica. A ECO 3D emergiu como ferramenta útil para este propósito, permitindo obter imagens volumétricas em tempo real, com o uso de técnicas específicas para quantificação de medidas e função do anel valvar. Além disso, possibilita a análise renderizada e realística das estruturas cardíacas, permitindo “navegar” livremente pelo *dataset*, obtendo cortes anatômicos que evidenciam a relação entre a valva, o aparato subvalvar e outras estruturas adjacentes.<sup>3</sup> A medida direta da área da vena contracta (VC) ao ECO 3D eleva a precisão da quantificação da regurgitação tricúspide, superando limitações técnicas e erros de aferição dos métodos bidimensionais, por conseguir captar a geometria irregular do orifício regurgitante valvar e reduzir a necessidade de pressupostos geométricos.<sup>3</sup> A integração de Doppler 3D permite também estimar com maior fidelidade o volume regurgitante por meio de técnicas como o raio da área de superfície isovelocidade proximal (PISA) 3D e avaliar alterações

dinâmicas do fluxo ao longo do ciclo cardíaco, conferindo maior consistência na graduação do refluxo e, consequentemente, suportando decisões terapêuticas mais precisas.<sup>4</sup>

O especialista em imagem cardiovascular deve dominar, de forma integrada, três pilares fundamentais na seleção de candidatos a intervenções percutâneas da valva tricúspide:

1. Morfologia valvar: variações anatômicas, que fogem ao padrão “tricúspide” clássico podem influenciar diretamente a escolha de dispositivos borda a borda (*edge-to-edge*), técnicas de anuloplastia ou próteses.
2. Quantificação precisa da gravidade da regurgitação, hoje com o benefício de métodos 3D para medir a área da VC, o volume regurgitante e avaliar jatos dinâmicos e múltiplos jatos, evitando subestimações que retardem o tratamento.
3. Perfil clínico-funcional do paciente, que inclui avaliação do ventrículo direito (VD), pressão sistólica de artéria pulmonar, presença de dispositivos intracardíacos e comorbidades que alteram a relação risco-benefício.

A conjunção desses elementos, obtidos por ECO convencional ou 3D, tomografia, ressonância magnética e correlações hemodinâmicas, orienta a definição do momento ideal, da estratégia mais apropriada e do prognóstico de cada paciente, alicerçando uma prática intervencionista segura e centrada na individualização para cada paciente.

## Classificação de gravidade e correlação com a seleção do candidato

A quantificação da insuficiência tricúspide (IT) pode ser difícil por várias razões: múltiplos jatos regurgitantes, mudanças relacionadas à respiração ou condições de volemia. A caracterização da gravidade da IT depende de uma avaliação integrativa de múltiplos parâmetros.

As recomendações atuais da Associação Europeia de Imagem Cardiovascular (EACVI) e da Sociedade Americana de Ecocardiografia (ASE) sugerem o uso de parâmetros qualitativos, semiquantitativos e quantitativos para classificar a gravidade da IT em 3 graus.

A IT importante é definida por:

- Parâmetros qualitativos: Cúspides com uma grande falha de coaptação, sinal denso ao Doppler contínuo, frequentemente triangular com pico precoce
- Parâmetros semiquantitativos: Padrão de fluxo sistólico reverso na veia hepática, uma onda E dominante ( $\geq 1$  m/s), raio da PISA  $> 9$  mm, largura da VC  $> 7$  mm
- Parâmetros quantitativos: Área de orifício regurgitante efetivo (ERO)  $\geq 40$  mm<sup>2</sup>, volume regurgitante  $\geq 45$  ml ou uma fração regurgitante  $\geq 50\%$ .

Mais recentemente, um esquema de classificação em 5 graus foi proposto por Hahn et al., adicionado os padrões de IT massiva e torrencial: IT massiva (VC: 14 a 20 mm, ERO: 60 a 79 mm<sup>2</sup>, área da VC 3D 95 a 114 mm<sup>2</sup>) e IT torrencial (VC:  $\geq 21$  mm, ERO  $\geq 80$  mm<sup>2</sup>, área da VC 3D  $\geq 115$  mm<sup>2</sup>). Esta classificação demonstrou melhor estratificação de risco de pacientes com IT antes e depois da intervenção percutânea da válvula tricúspide<sup>5,6</sup> (Tabela 1).

## Artigo de Revisão

**Tabela 1 – Critérios ecocardiográficos para graduação da insuficiência tricúspide**

|                                                | Discreta               | Moderada            | Importante                            | Massiva                               | Torrencial                            |
|------------------------------------------------|------------------------|---------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| <b>Avaliação 2D (Semiquantitativa)</b>         |                        |                     |                                       |                                       |                                       |
| Vena contracta, mm                             | < 3                    | 3 a 6,9             | 7 a 13,9                              | 14 a 20,9                             | ≥ 21                                  |
| Raio da PISA, mm                               | ≤ 5,4                  | 5,5 a 8,9           | ≥ 9                                   | ≥ 9                                   | ≥ 9                                   |
| Fluxo da veia hepática                         | Predominante sistólico | Atenuação sistólica | Fluxo sistólico reverso               | Fluxo sistólico reverso               | Fluxo sistólico reverso               |
| Influxo tricúspide                             | Onda A dominante       | Variável            | Onda E dominante (velocidade ≥ 1 m/s) | Onda E dominante (velocidade ≥ 1 m/s) | Onda E dominante (velocidade ≥ 1 m/s) |
| <b>Avaliação 2D (Quantitativa)</b>             |                        |                     |                                       |                                       |                                       |
| ERO, mm <sup>2</sup>                           | < 20                   | 20 a 39             | 40 a 59                               | 60 a 79                               | ≥ 80                                  |
| Volume regurgitante, mL                        | < 30                   | 30 a 44             | 45 a 59                               | 60 a 74                               | ≥ 75                                  |
| Fração regurgitante                            | < 15%                  | 16% a 49%           | ≥ 50%                                 | ≥ 50%                                 | ≥ 50%                                 |
| ERO pelo Doppler quantitativo, mm <sup>2</sup> | –                      | –                   | 75 a 94,9                             | 95 a 114,9                            | ≥ 115                                 |
| <b>Avaliação 3D</b>                            |                        |                     |                                       |                                       |                                       |
| Área da vena contracta, mm <sup>2</sup>        | –                      | –                   | 75 a 94,9                             | 95 a 114,9                            | ≥ 115                                 |

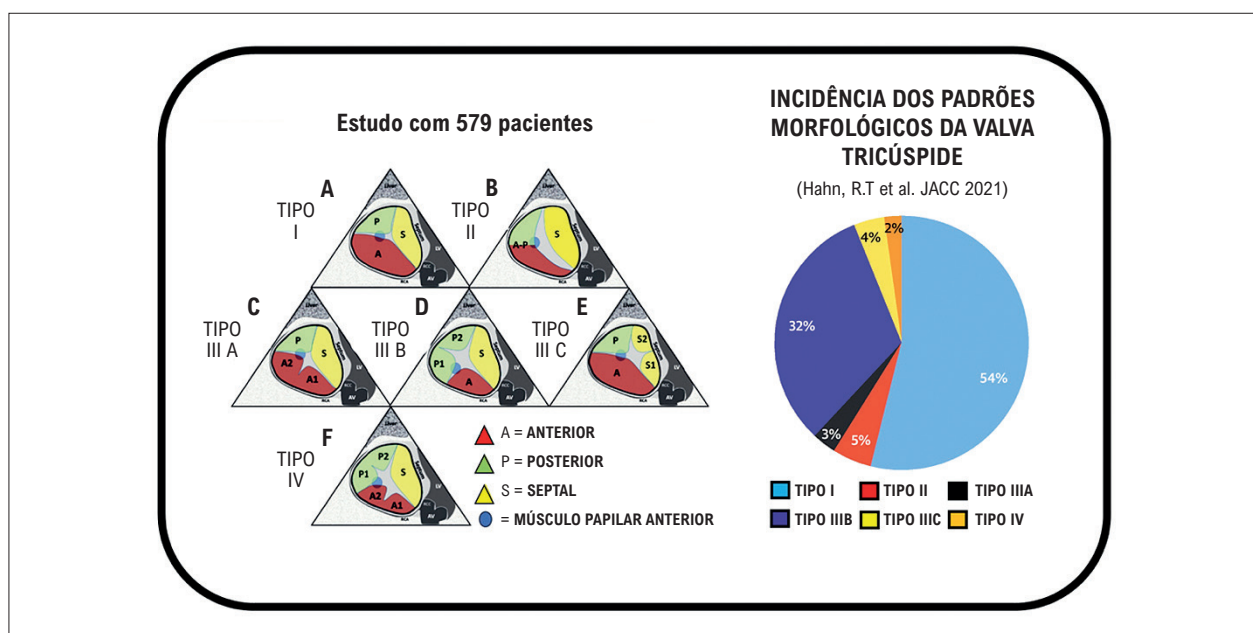
*Adaptado de Badano et al.<sup>5</sup> ERO: orifício regurgitante efetivo; PISA: área de superfície isovelocidade proximal; 2D: bidimensional; 3D: tridimensional.*

O ecocardiograma transesofágico (ETE) tornou-se também parte integrante da avaliação de candidatos a terapias transcaterter da valva tricúspide, complementando as informações fornecidas pelo ecocardiograma transtorácico (ETT). Enquanto o ETT permite quantificar de maneira inicial o grau de insuficiência e mensurar parâmetros funcionais, o ETE, especialmente em sua versão 3D, oferece resolução espacial muito superior, o que possibilita caracterizar com precisão tanto a etiologia (primária, funcional ou relacionada a dispositivo cardíaco implantável) quanto a morfologia dos folhetos e das comissuras. Essa definição anatômica mais detalhada facilita a confirmação do grau de gravidade da regurgitação, sobretudo em situações de múltiplos jatos ou de variabilidade hemodinâmica relacionada à volemia e à respiração. Por meio do ETE, também é possível mensurar com exatidão a falha valvar e avaliar a relação da valva tricúspide com estruturas adjacentes, particularmente fios de dispositivos cardíacos eletrônicos implantáveis (DCEI), informação fundamental para a seleção do dispositivo transcaterter (clipes borda a borda versus próteses ortotópicas) e para definir seu posicionamento e diâmetro adequados. Além disso, ao fornecer imagens em tempo real durante o planejamento e a execução do procedimento, o ETE orienta o alinhamento preciso dos braços do clipe ou o assentamento da prótese, contribuindo para reduzir complicações mecânicas e melhorar a eficácia da intervenção. Dessa forma, a incorporação do ETE ao protocolo de avaliação do *heart team* expande significativamente a segurança, a acurácia e o sucesso clínico das terapias transcaterter da valva tricúspide.

O ETE 3D aprimora a avaliação anatômica e funcional da valva tricúspide, permitindo reconstruções volumétricas do aparelho valvar e a visualização em tempo real de sua dinâmica ao longo de todo o ciclo cardíaco. Essa precisão 3D orienta a escolha do ponto ideal de captura no procedimento borda a borda e contribui para determinar o tamanho adequado da prótese ortotópica, reduzindo o risco de *oversizing*. Adicionalmente, o ETE 3D facilita o acompanhamento intraprocedimento do posicionamento dos dispositivos, permitindo ajustes imediatos na angulação e profundidade de implantação, o que se traduz em maior eficácia e redução de complicações periprocedimento.

### Anatomia e relações do complexo valvar tricúspide

Estudos recentes de ETE 3D propuseram um sistema de classificação morfológica capaz de refletir a variabilidade real dos folhetos tricúspides e orientar o planejamento intervencionista. Hahn et al. identificaram seis configurações valvares distintas (Figura 1) desde o padrão clássico de três folhetos (tipo I) até variantes quadricúspides com folhetos adicionais anterior (IIIA), posterior (IIIB) ou septal (IIIC), passando por formas bicúspides (tipo II) e mesmo pentacúspides (tipo IV) e demonstraram que menos de 55% dos pacientes exibem o arranjo tricúspide habitual, sendo o tipo IIIB (dois folhetos posteriores) o subtipo mais prevalente entre os quadricúspides. Essa nomenclatura padronizada não apenas facilita a comunicação entre equipes de imagem e intervencionistas, mas também realça a necessidade de protocolos 3D dedicados para mapeamento *en face* e



**Figura 1** – Nomenclatura ecocardiográfica padronizada dos folhetos da válvula tricúspide. Adaptado de Hahn et al.<sup>6</sup>

avaliação precisa da morfologia valvar antes de qualquer tentativa de intervenção transcaterter.<sup>6</sup>

Nesse contexto, a descrição do subtipo morfológico deixa de ser exercício taxonômico e passa a ter impacto operacional direto sobre a estratégia de reparo *edge to edge* (T-TEER). Quanto maior a complexidade anatômica, sobretudo em valvas quadricúspides e pentacúspides em que incisões superiores a 10 mm definem comissuras verdadeiras e podem existir folhetos duplicados em posições críticas, torna-se mais difícil alinhar os braços do clipe, garantir coaptação adequada e evitar regurgitação residual significativa. Estudos multicêntricos indicam que valvas com quatro ou mais folhetos exibem maior IT residual após o procedimento, pois a escolha de pontos de clipagem seguros, o número de cliques necessários e o risco de tensionamento desigual dos folhetos variam conforme o padrão morfológico. Assim, a nova classificação morfológica proposta orienta decisões táticas desde a seleção de candidatos até o planejamento do trajeto do cateter e do número de cliques a serem utilizados, o que aumenta a probabilidade de um T-TEER tecnicamente bem-sucedido.<sup>6-8</sup>

Dados retrospectivos multicêntricos reforçam essa relação entre anatomia e eficácia do reparo *edge to edge*. Em coorte de 145 pacientes submetidos ao T-TEER, Sugiyama et al. identificaram configuração com quatro folhetos em 29% dos casos e demonstraram que essa morfologia elevou em 2,6 vezes a probabilidade de regurgitação tricúspide residual  $\geq$  moderada (TR  $\geq$  3+) mesmo após ajuste para gravidade basal, largura da falha de coaptação e localização do jato. Além disso, a presença de IT  $\geq$  3+ aos 30 dias dobrou o risco combinado de mortalidade ou hospitalização por insuficiência cardíaca em um ano (56,1% versus 27,7%), evidenciando que reduzir a regurgitação abaixo de moderada é determinante para o prognóstico. O estudo também propôs avaliação sequencial que combina morfologia, falha de coaptação  $>$  7 mm e

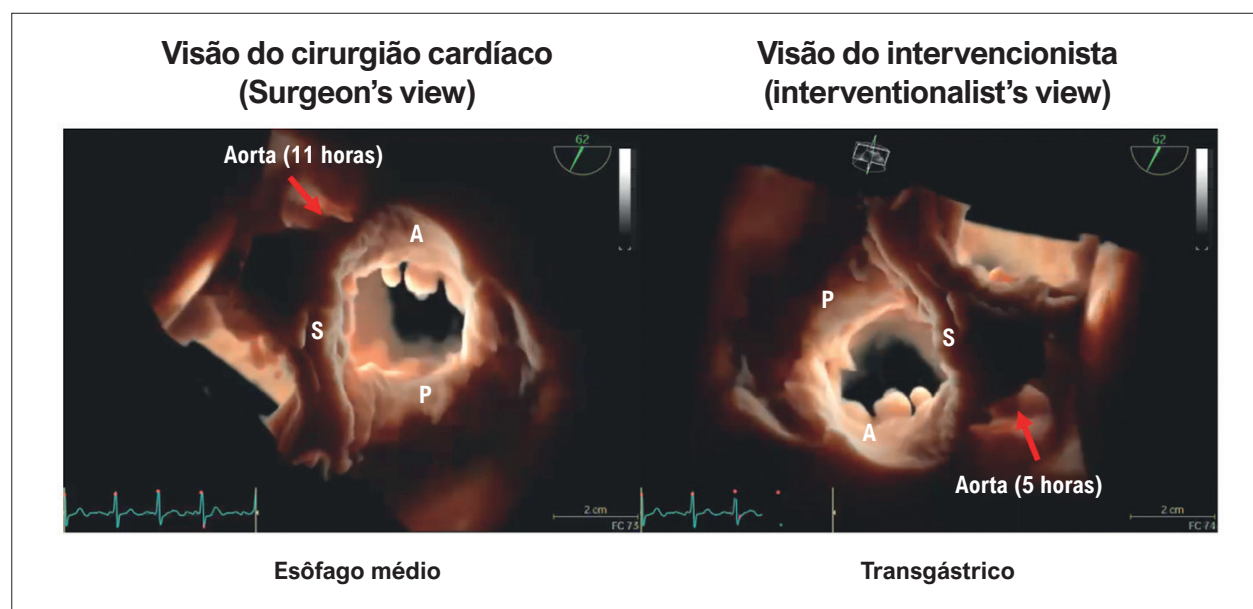
jatos não centrais, identificando subgrupos com até 45% de IT residual  $\geq$  moderada aos 30 dias, marcador de desfecho clínico adverso. Esses achados complementam a classificação de Hahn ao fornecer dados prognósticos claros, apoiando a seleção criteriosa de pacientes e, quando necessário, a consideração de abordagens alternativas como anuloplastia ou substituição valvar, no caso de morfologias mais complexas.<sup>6,8</sup>

#### Técnicas de imagem para seleção de candidatos e planejamento de intervenções percutâneas da válvula tricúspide

A avaliação ecocardiográfica deve incluir a janela *transgastric short-axis view*, adquirida no plano transgástrico profundo com rotação de aproximadamente 30° a 50°. Nessa janela, a válvula tricúspide é visualizada *en face* e a aorta situa-se às 5 h, fornecendo ao intervencionista referência anatômica direta para inspecionar a linha de coaptação, estimar *tethering*, classificar a morfologia e identificar as comissuras.<sup>6</sup>

Para o estudo volumétrico 3D, duas reconstruções 3D são particularmente úteis. A *surgeon's view* (aorta às 11 h) deriva de aquisição no esôfago médio e utiliza o septo interatrial e a aorta como marcos anatômicos. A *interventionalist's view*, gerada a partir da mesma aquisição 3D e com rotação da aorta para a posição de 5 h, reproduz a orientação da janela transgástrica e, portanto, coincide com a perspectiva fluoroscópica no laboratório de hemodinâmica. A equivalência entre *transgastric* e *interventionalist view* padroniza o sentido horário e anti-horário dos folhetos, reduzindo erros de orientação intraprocedimento e na avaliação anatômica do candidato a dispositivos dedicados (Figura 2).

A reconstrução 3D do anel tricúspide, complementada pela tomografia cardíaca, permite confirmar diâmetros, área e perímetro do anel, avaliar a relação com a artéria



**Figura 2** – Reconstruções tridimensionais da valva tricúspide com aplicação do recurso de transluminescência em ecocardiografia transesofágica tridimensional, destacando duas orientações complementares. À esquerda, a surgeon's view exibe a valva em face com a aorta posicionada às 11 horas, replicando a perspectiva operatória. À direita, a interventionalist's view resulta da rotação do volume tridimensional para posicionar a aorta às 5 horas, correspondendo à visualização fluoroscópica no laboratório de hemodinâmica. As cúspides anterior, posterior e septal estão delimitadas em ambas as projeções. A: anterior; P: posterior; S: septal.

coronária direita e definir projeções fluoroscópicas ideais, encerrando o ciclo de seleção e planejamento guiado por imagem multimodal.

Complementando as vistas transgástricas e as reconstruções 3D *surgeon* e *interventionalist* descritas acima, a janela ecocardiográfica *inflow-outflow* do VD, adquirida no esôfago médio a cerca de 60° com anteriorização progressiva da sonda até abranger simultaneamente a via de entrada (folhetos septal e anterior) e a via de saída (trato de saída do VD e valva pulmonar), fornece uma visão longitudinal relevante para a seleção de candidatos à intervenção transcatereter da valva tricúspide. Nessa projeção é possível mensurar o ângulo entre o anel tricúspide e o trajeto do cateter, estimando a coaxialidade de sistemas de RBBT; avaliar o grau de *tethering* do folheto anterior, parâmetro decisivo para elegibilidade sem sobreposição do folheto posterior; e delinear o curso da artéria coronária direita, bem como a posição de eletrodos intracavitários em relação ao anel, reduzindo o risco de conflito com dispositivos implantados. Durante o procedimento, a mesma vista atua como guia dinâmico para o intervencionista, permitindo ajustes finos na rotação do clipe ou do sistema de substituição ortotópica, monitorando a coaptação dos folhetos em tempo real e confirmando que o dispositivo não invada o trato de saída do VD nem distorça a valva pulmonar. Dessa forma, a projeção *inflow-outflow* conecta a caracterização anatômica pré-procedimento ao *feedback* intraprocedimento, aumentando a precisão na navegação, ancoragem e verificação imediata dos resultados hemodinâmicos.

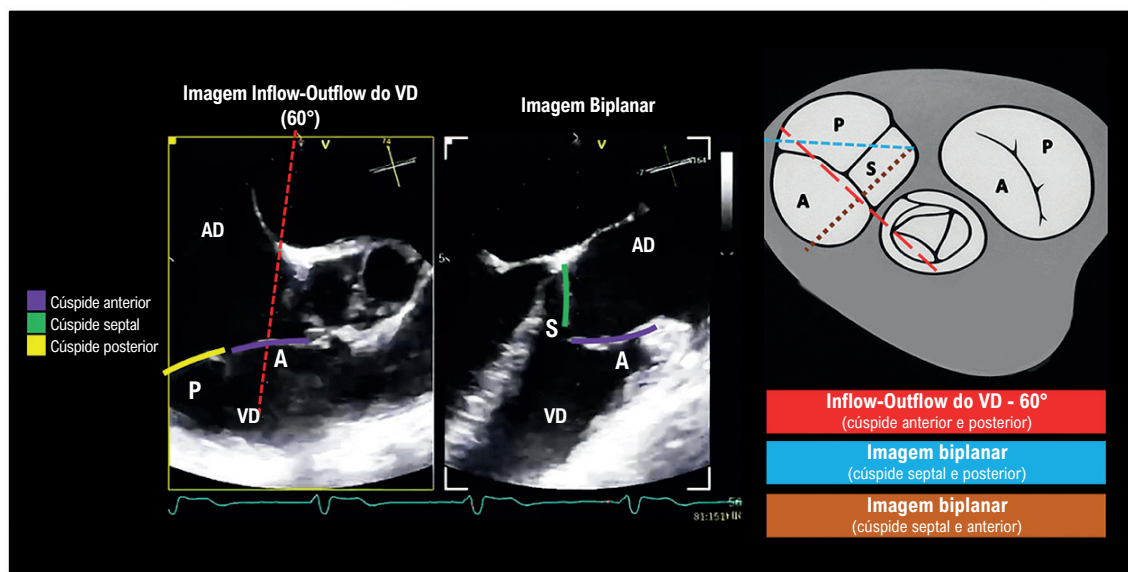
De forma ilustrativa para um melhor entendimento da janela ecocardiográfica *inflow-outflow* no esôfago médio a 60° e dos planos de corte relacionados ao mesmo, a cúspide

anterior será representada com a cor roxa, a cúspide septal em verde e a cúspide posterior em amarelo. Nessa janela a cúspide anterior se apresentará na posição mais próxima à valva aórtica com a cúspide posterior em posição oposta. Ao adicionar a tecnologia biplanar como o X-plane (Philips) ou Multi-D (GE) é possível a aquisição de um corte ortogonal com o plano de análise sendo direcionado tanto para a cúspide anterior quanto para a posterior. Na Figura 3 pode-se observar o corte biplanar a partir da cúspide anterior, com a formação de uma imagem simultânea correspondente à janela apical 4 câmaras invertida com o VD à esquerda e o ventrículo esquerdo à direita. Se o óstio do seio coronário ou o septo interventricular forem visibilizados, é mais provável que a cúspide adjacente seja a cúspide septal. A cúspide anterior se apresentará na imagem biplanar em posição mais distal ao transdutor.

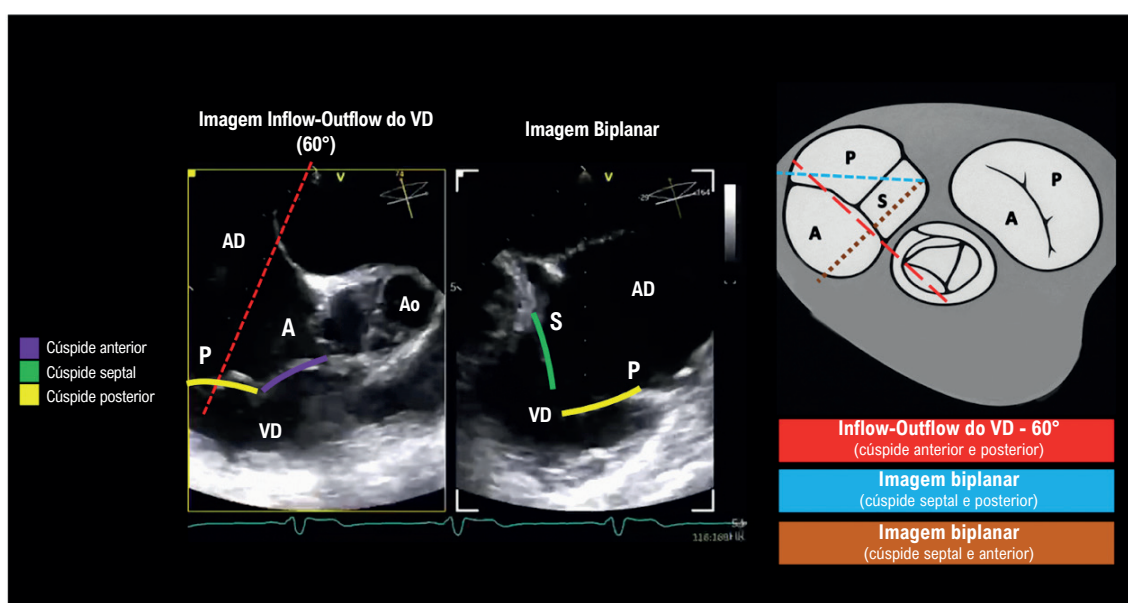
Na Figura 4 pode-se observar o corte biplanar, porém, a partir da cúspide posterior. A cúspide septal nesse caso se apresentará mais próxima ao seio coronário e a cúspide posterior em posição mais distal ao transdutor.

Na Figura 5, ao adicionar um plano de análise 3D com a valva tricúspide em posição aberta e fechada, com o corte biplanar em posição ortogonal à cúspide anterior, evidencia-se de forma clara e precisa a correlação entre os planos ecocardiográficos e, desta maneira, o correto entendimento espacial das cúspides analisadas sem a necessidade, às vezes falha, de memorizar ou inferir a posição de cada um dos componentes da valva tricúspide.

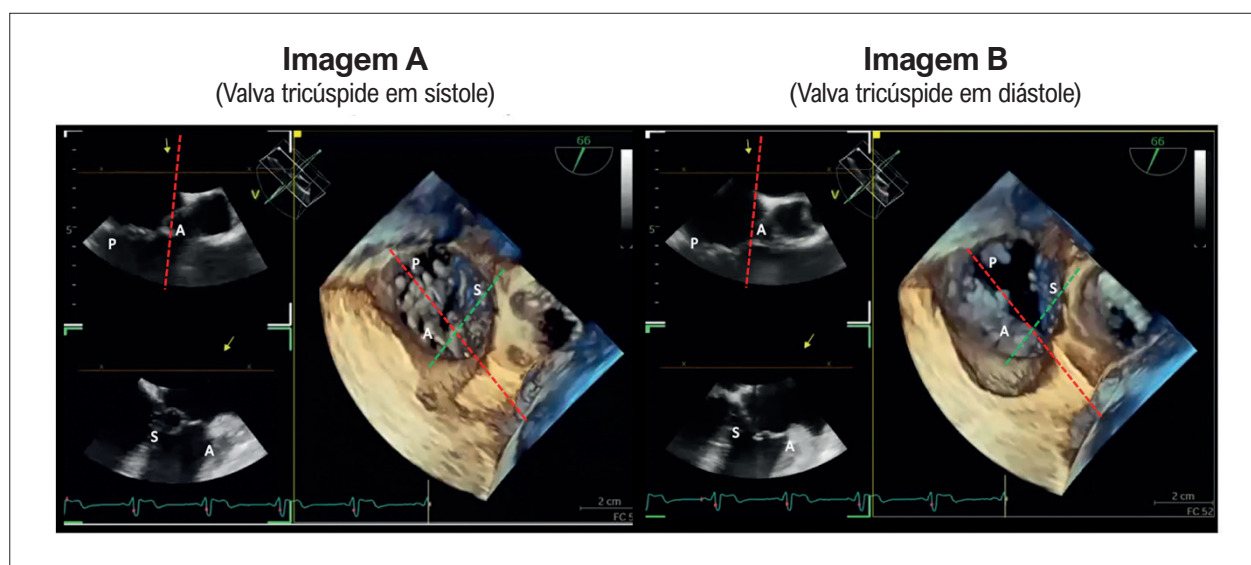
A janela transgástrica fornece uma visão de eixo curto que integra o plano valvar tricúspide com suas cúspides septal,



**Figura 3** – Representação ecocardiográfica da valva tricúspide na janela transesofágica inflow–outflow do ventrículo direito, com complementaridade pelo modo biplanar. À esquerda, a imagem obtida a 60° mostra as cúspides anterior e posterior, útil na seleção de candidatos a terapias transcater. Ao centro, o modo biplanar permite a avaliação simultânea do plano ortogonal, identificando a cúspide septal em combinação com a cúspide anterior. À direita, diagrama esquemático relacionando os planos de corte ecocardiográficos com as cúspides correspondentes, indicando os diferentes pares de folhetos visualizados conforme o ângulo e a orientação do transdutor. A: anterior; AD: átrio direito; P: posterior; S: septal; VD: ventrículo direito.



**Figura 4** – Imagem da via de entrada-via de saída do ventrículo direito (inflow-outflow) no plano a 60° com o corte ortogonal a partir da cúspide posterior com a imagem concomitante das cúspides anterior e posterior e em paralelo das cúspides septal e posterior, permitindo um melhor detalhamento anatômico da valva tricúspide. A: anterior; AD: átrio direito; Ao: aorta; P: posterior; S: septal; VD: ventrículo direito.



**Figura 5 – Ecocardiograma transesofágico tridimensional.** Avaliação da valva tricúspide com reconstrução biplanar nas fases de sístole (Imagem A) e diástole (Imagem B), orientada segundo a interventionalist's view, com a aorta posicionada às 5 horas. As imagens centrais apresentam reconstrução volumétrica, exibindo a valva em face. As linhas tracejadas indicam os planos ortogonais utilizados para análise multiplanar. À esquerda de cada bloco, os cortes bidimensionais correspondem ao plano inflow-outflow (superior), destacando as cúspides anterior e posterior, e ao plano ortogonal (inferior), evidenciando a cúspide anterior em relação à cúspide septal. A comparação entre as fases do ciclo cardíaco permite avaliar a dinâmica de abertura e coaptação dos folhetos. A: anterior; P: posterior; S: septal.

anterior e posterior e a cavidade ventricular direita, permitindo mensurar a falha entre folhetos, caracterizar a morfologia e quantificar o *tethering* sem pressupostos geométricos. Essa perspectiva também facilita a identificação de fendas residuais, oferecendo informações fundamentais para o planejamento de estratégia transcaterter, como demonstrado na Figura 6.

Partindo desta base anatômica, em candidatos a RBBT a janela transgástrica exibe, *en face*, todas as cúspides, orientando o ponto ideal de *grasping* e assegurando a coaxialidade do clipe em relação ao septo interventricular. Essa orientação perpendicular ao plano de coaptação maximiza a área de coaptação e reduz a tensão nos folhetos; o clipe só é liberado após confirmação da captura adequada das bordas, o que contribui para a reprodutibilidade técnica e o sucesso do procedimento.

Para o implante de próteses ortotópicas, a janela transgástrica permite mensurar diretamente o diâmetro do anel tricúspide, orientando a seleção do tamanho adequado da prótese e seu alinhamento ao longo do eixo aorto-tricúspide. Durante o procedimento, o monitoramento em tempo real possibilita ajustes precisos de angulação e profundidade do dispositivo, reduzindo o risco de contato indesejado com estruturas adjacentes e assegurando posição estável da prótese.

#### **Critérios de elegibilidade para intervenção transcaterter**

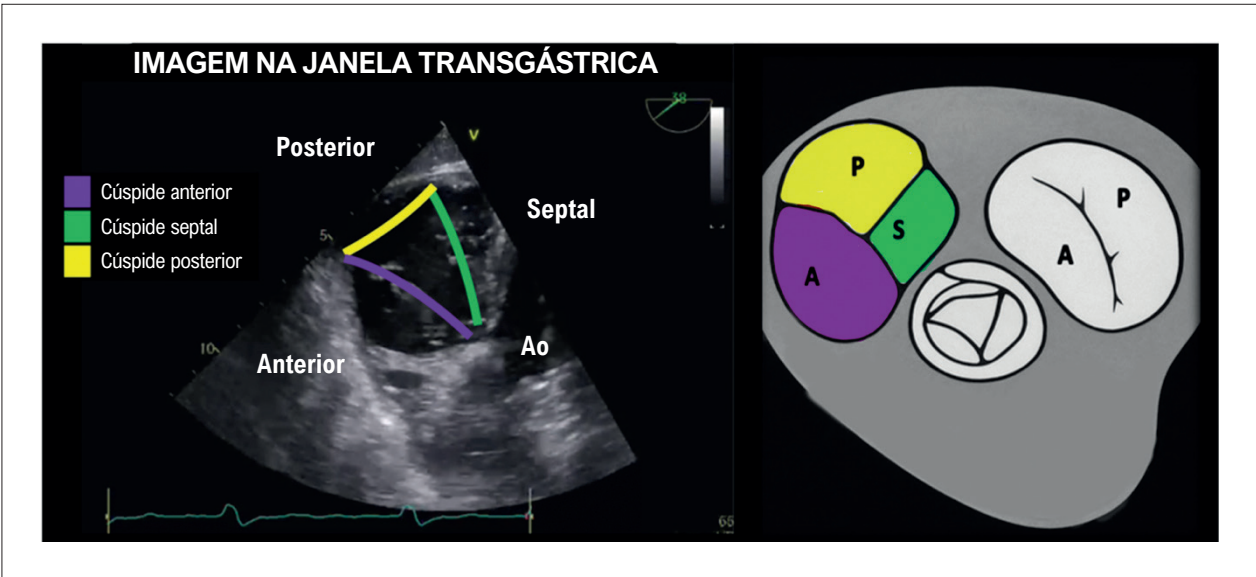
O Consórcio Acadêmico da Válvula Tricúspide (TVARC) em sua mais recente publicação define os critérios necessários para que o implante de um dispositivo transcaterter seja considerado um implante bem sucedido.<sup>9</sup>

- Ausência de estenose tricúspide significativa (área da valva tricúspide  $\geq 1,5 \text{ cm}^2$  ou sua área indexada  $\geq 0,9 \text{ cm}^2/\text{m}^2$  [ $\geq 0,75$  se índice de massa corporal  $> 30 \text{ kg/m}^2$ ])
- Índice Doppler (VTI)  $< 2,2$
- Gradiente transvalvar médio  $< 5 \text{ mmHg}$
- Redução da IT total para níveis considerados como ótimos (IT residual discreta  $\leq 1+$ ) ou aceitáveis (IT residual discreta  $\leq 2+$ )

Vários estudos demonstraram piores desfechos em pacientes com maior gravidade da IT residual. De acordo com o consenso atual, a elegibilidade para reparo transcaterter é classificada em 3 grupos anatômicos: favorável, viável e não favorável. Essa categorização advém de dados ecocardiográficos avaliados que demonstram uma maior ou menor possibilidade de sucesso terapêutico do procedimento e são apresentados na Tabela 2.<sup>10</sup> Com o desenvolvimento de novos dispositivos e melhorias em sua estrutura, os parâmetros de factibilidade tendem a se expandir ao longo do tempo.

#### **Reparo borda a borda (T- TEER - Tricuspid transcatheter edge-to-edge repair)**

T-TEER é uma técnica de reparo da válvula tricúspide por cateter que reduz a IT ao restaurar a coaptação através da aproximação das cúspides, o que indiretamente reduz ou estabiliza o anel valvar. T-TEER é o reparo transcaterter atualmente mais realizado da válvula tricúspide. Pode ser realizado com TriClip (Abbott) ou Pascal (Edwards Lifesciences), dois sistemas orientáveis que utilizam uma



**Figura 6** – Visão transgástrica bidimensional de ecocardiograma transesofágico em corte de eixo curto (ângulo de insonação de 30°), demonstrando a valva tricúspide em posição anterior ao plano aórtico. Nota-se a morfologia dos folhetos tricúspides, com coaptação completa em diástole, e o contorno da raiz aórtica logo acima do plano valvar. A: anterior; Ao: aorta; P: posterior; S: septal.

**Tabela 2** – Critérios ecocardiográficos de elegibilidade para reparo percutâneo borda a borda da valva tricúspide (TriClip)

|                       | Reparo por dispositivo transcater (TriClip)                                         |                                                                                   |                                                                                                                                                                    |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                       | Favorável                                                                           | Factível/viável                                                                   | Não favorável                                                                                                                                                      |
| Morfologia valvar     | 3 cúspides                                                                          | Morfologia não tricúspide                                                         | Morfologia não tricúspide com complexo valvar e subvalvar espessados                                                                                               |
| Falha de coaptação    | < 7 mm                                                                              | 7 a 8,5 mm                                                                        | > 8,5 mm                                                                                                                                                           |
| Cúspides              | Comprimento normal das cúspides (≥ 7 mm), mobilidade normal, sem flail ou tethering | IT primária com flail gap (< 10 mm), IT secundária com altura do tethering < 9 mm | IT primária com flail gap (≥ 10 mm); cúspides curtas (< 7 mm) ou espessadas, perfuradas; IT secundária com altura do tethering ≥ 9 mm ou área do tenting > 2,1 cm² |
| Localização do jato   | Central e dentro da comissura anteroseptal                                          | Central mas não dentro da comissura anteroseptal                                  | IT massiva, torrencial, muito excêntrica ou multicomissural                                                                                                        |
| Eletrodos de MP       | Sem eletrodos                                                                       | Eletrodos que não participam da IT                                                | Eletrodos que causam impingement                                                                                                                                   |
| Janelas               | Janelas ecocardiográficas transesofágicas excelentes                                | Janelas adequadas com ecocardiograma transesofágico ou intracardiaco              | Janelas inadequadas                                                                                                                                                |
| Remodelamento do VD   | Normal ou discretamente dilatado ou disfuncional                                    | Moderada dilatação ou disfunção                                                   | Severa dilatação ou disfunção (FEVE < 45% na ECO 3D ou RNM)                                                                                                        |
| Hemodinâmica pulmonar | PSAP normal, GTP normal, TAPSE/PSAP > 0,41                                          | PSAP ≤ 60 a 65 mmHg, RVP ≤ 4 UW, PMAP ≤ 30 mmHg, GTP ≤ 17 mmHg                    | PSAP > 60 a 65 mmHg, RVP > 4 UW, PMAP > 30 mmHg, GTP > 17 mmHg, TAPSE/PSAP ≤ 0,41                                                                                  |

Adaptado de Hungerford et al.<sup>11</sup> ECO 3D: ecocardiograma tridimensional; FEVE: fração de ejeção do ventrículo esquerdo; GTP: gradiente transpulmonar; IT: insuficiência tricúspide; MP: marcapasso; PMAP: pressão média de artéria pulmonar; PSAP: pressão sistólica de artéria pulmonar; RNM: ressonância nuclear magnética; RVP: resistência vascular pulmonar; TAPSE: excursão sistólica do anel tricúspide; UW: unidades Wood.

abordagem transvenosa transfemoral para restaurar a coaptação da válvula tricúspide com um dispositivo de clipamento valvular.

Na maioria dos estudos de TEER, o sucesso do procedimento é definido como uma redução da IT para  $\leq$  moderada ou 2+. Neste contexto, os preditores de sucesso foram identificados em vários pequenos estudos e incluem o seguinte:

- Localização do jato
- Tamanho da falha de coaptação
- Morfologia das valvas (número de folhetos)
- Espessura ou calcificação das válvulas
- Mobilidade valvar
- Complexidade do aparato subvalvular
- Gravidade da IT
- Razão entre a válvula e o anel
- Localização e extensão da IT relacionada ao DCEI
- Altura de tenting
- Volume do apêndice atrial esquerdo.

Falhas de coaptação muito grandes, IT torrencial, valvas marcadamente espessadas ou imóveis e IT relacionada aos DCEI onde o dispositivo está aderente aos folhetos ou ao aparato subvalvar podem ser contraindicações relativas para o uso desta tecnologia. Além disso, a correta e adequada visualização dos folhetos durante o procedimento, através do uso de ETE (com ou sem imagem ecocardiográfica intracardiaca adjunta), também é um pré-requisito técnico importante para o planejamento da intervenção.

### TTVR ( Transcatheter tricuspid valve replacement)

A TTVR envolve a inserção de uma bioprótese através de uma abordagem transcatheter transvenosa. A TTVR pode ser ortotópica ou heterotópica, sendo esta última frequentemente utilizada como um procedimento paliativo em pacientes que não podem se submeter a T-TEER ou TTVR ortotópica para aliviar a congestão venosa sistêmica. Os requisitos anatômicos para TTVR estão principalmente relacionados à capacidade de posicionar o dispositivo dentro do plano anular e ao mecanismo de ancoragem. Assim, diferentes dispositivos terão diferentes restrições anatômicas. Os implantes iniciais de TTVR foram por meio da implantação de prótese expansível por balão dentro de uma prótese valvar cirúrgica ou em um anel protético. Devido à crescente demanda por implantes em doença valvar nativa, houve uma melhora progressiva dos dispositivos, além da otimização dos acessos que atualmente são via transfemoral ou transjugular. Ao contrário dos dispositivos T-TEER, grandes falhas de coaptação, IT torrencial, morfologias complexas, cúspides acentuadamente espessadas ou imóveis e IT relacionada a DCEI não são, tipicamente, critérios de exclusão. Para estes dispositivos, os principais determinantes de factibilidade são o tamanho dos dispositivos atuais, assim como a capacidade de direcionar o dispositivo de forma a obter uma trajetória de implantação coaxial, em grande

parte determinada pelo próprio tamanho do dispositivo de implante e pelo espaço disponível do átrio direito. Embora também tenha sido descrito para T-TEER, a mudança aguda da pré- e pós-carga do VD e a ocorrência de desacoplamento ventricular podem levar à falência do ventrículo esquerdo após a redução da IT massiva e torrencial, e devem ser uma preocupação para a TTVR, uma vez que IT  $\leq$  discreta pode ser alcançada em  $> 90\%$  dos pacientes.

Na Tabela 3 são apresentadas as principais considerações anatômicas e ecocardiográficas que devem ser avaliadas para o uso apropriado ou não de cada um destes tipos de implante, sabendo que esses critérios apresentam constante alteração pela evolução tecnológica das próteses.

#### Inovações e perspectivas futuras

A tendência de expansão das intervenções percutâneas na valva tricúspide reflete tanto os avanços tecnológicos quanto a crescente demanda por alternativas menos invasivas em pacientes com regurgitação significativa. Espera-se que esse crescimento seja favorecido pela redução das complicações associadas à cirurgia convencional, pelo aumento da familiaridade das equipes multiprofissionais com a anatomia valvar e pelo aprimoramento das técnicas de imagem utilizadas na avaliação pré-procedimento.

Nesse contexto, a seleção adequada do candidato requer uma análise integrada do perfil clínico e anatômico, considerando aspectos como idade, comorbidades, grau de disfunção ventricular direita e tolerância à anticoagulação ou ao uso de contraste, além das características estruturais da valva, como as dimensões do anel, grau de *tethering*, extensão da coaptação e número e integridade dos folhetos. Também devem ser levadas em conta as particularidades de cada dispositivo, incluindo a compatibilidade com o anel tricúspide, a viabilidade do acesso vascular e a complexidade técnica envolvida em sua implantação. Essa abordagem sistematizada contribui para a definição da estratégia terapêutica mais apropriada a cada perfil clínico-anatômico.

Nas próximas fases, prevê-se a introdução e expansão no Brasil de novos dispositivos de substituição transcatheter, como o EVOQUE (Edwards Lifesciences), já aprovado na Europa (CE Mark em outubro de 2023) e recentemente autorizado pela FDA nos Estados Unidos em fevereiro de 2024. Com design autoexpansível, múltiplos tamanhos e liberação transfemoral, o EVOQUE representa uma alternativa viável para casos com anatomia desfavorável ao RBBT.

Embora os resultados iniciais do estudo pivotal TRISCEND II indiquem redução do grau de regurgitação tricúspide e melhora funcional com o implante da prótese EVOQUE, será necessário monitorar o desempenho do dispositivo quanto à segurança, durabilidade e desfechos clínicos em populações locais. A eventual incorporação da tecnologia no cenário brasileiro deverá ser acompanhada por programas de capacitação e por protocolos estruturados de avaliação, a fim de assegurar sua aplicação adequada às realidades clínicas e institucionais.<sup>13</sup>

**Tabela 3 – Considerações anatômicas, técnicas e clínicas para seleção entre estratégias percutâneas de reparo borda a borda (TEER) e substituição valvar ortotópica na abordagem da insuficiência tricúspide**

|                                                                                                             | Reparo borda a borda (TEER)       | Substituição ortotópica           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| <b>Considerações anatômicas da valva tricúspide</b>                                                         |                                   |                                   |
| Flail ou prolapso                                                                                           | Uso apropriado                    | Uso apropriado                    |
| IT relacionado a DCEI                                                                                       | Uso não apropriado ou com cautela | Uso apropriado                    |
| Sem alternativa de estimulação possível (em caso de disfunção do marcapasso ou impossibilidade de implante) | Uso com cautela                   | Uso não apropriado ou com cautela |
| Falha de coaptação > 10 mm                                                                                  | Uso não apropriado ou com cautela | Uso apropriado                    |
| Tethering > 10 mm                                                                                           | Uso não apropriado ou com cautela | Uso apropriado                    |
| > 3 cúspides                                                                                                | Uso com cautela                   | Uso apropriado                    |
| Cúspides espessados, curtas ou com imobilidade                                                              | Uso não apropriado                | Uso apropriado                    |
| IT torrencial                                                                                               | Uso com cautela                   | Uso apropriado                    |
| <b>Considerações relacionadas especificamente ao dispositivo</b>                                            |                                   |                                   |
| Anel valvar largo                                                                                           | Uso apropriado                    | Uso com cautela                   |
| Cavidade ventricular direita pequena                                                                        | Uso apropriado                    | Uso com cautela                   |
| Disfunção sistólica do VD                                                                                   | Uso com cautela                   | Uso não apropriado ou com cautela |
| Acesso ou trajetória subótima                                                                               | Uso não apropriado ou com cautela | Uso não apropriado ou com cautela |
| <b>Outras considerações</b>                                                                                 |                                   |                                   |
| Contraindicação para anticoagulação ou alto risco de sangramento                                            | Uso apropriado                    | Uso não apropriado ou com cautela |
| Ecocardiograma transesofágica com imagens inadequadas                                                       | Uso não apropriado ou com cautela | Uso com cautela                   |

Adaptado de Madhavan et al.<sup>12</sup> DCEI: dispositivo cardíaco eletrônico implantável; IT: insuficiência tricúspide; VD: ventrículo direito.

## Conclusão

A adequada seleção de candidatos à intervenção percutânea na valva tricúspide requer uma abordagem ecocardiográfica sistematizada, centrada na análise funcional e morfológica do complexo valvar e suas estruturas adjacentes. A caracterização da anatomia dos folhetos, a identificação de pontos de coaptação efetiva, a quantificação do grau de *tethering* e a avaliação das dimensões do anel são etapas importantes para definir a viabilidade técnica e a expectativa de benefício clínico. O uso integrado de janelas multiplanares e reconstruções 3D, quando disponíveis, potencializa a acurácia diagnóstica e contribui para o planejamento individualizado da estratégia terapêutica. Dessa forma, a avaliação ecocardiográfica torna-se não apenas um instrumento diagnóstico, mas uma etapa relevante no processo decisório em terapias transcater da valva tricúspide.

## Contribuição dos autores

Concepção e desenho da pesquisa: Souza AC. Obtenção de dados: Souza AC. Análise e interpretação dos dados:

Silva H. Redação do manuscrito: Souza AC, Silva H. Revisão crítica do manuscrito quanto ao conteúdo intelectual importante: Felix AS.

### 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

Os autores não utilizaram ferramentas de inteligência artificial no desenvolvimento deste trabalho.

### Disponibilidade de Dados

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

## Referências

1. Dahou A, Levin D, Reisman M, Hahn RT. Anatomy and Physiology of the Tricuspid Valve. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2019;12(3):458-68. doi: 10.1016/j.jcmg.2018.07.032.
2. Pena JLB, Vieira MLC, editors. *Ecocardiografia e Imagem Cardiovascular*. Rio de Janeiro: Thieme Revinter; 2021.
3. Muraru D, Hahn RT, Soliman OI, Faletta FF, Basso C, Badano LP. 3-Dimensional Echocardiography in Imaging the Tricuspid Valve. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2019;12(3):500-15. doi: 10.1016/j.jcmg.2018.10.035.
4. Jost ZT, Nooli NP, Ali AE, Jaganathan V, Nanda NC. Three-Dimensional Echocardiography of the Tricuspid Valve. *Front Cardiovasc Med*. 2023;10:1114715. doi: 10.3389/fcvm.2023.1114715.
5. Badano LP, Tomaselli M, Muraru D, Gallo X, Li CHP, Marsan NA. Advances in the Assessment of Patients with Tricuspid Regurgitation: A State-of-the-Art Review on the Echocardiographic Evaluation Before and After Tricuspid Valve Interventions. *J Am Soc Echocardiogr*. 2024;37(11):1083-102. doi: 10.1016/j.echo.2024.07.008.
6. Hahn RT, Weckbach LT, Noack T, Hamid N, Kitamura M, Bae R, et al. Proposal for a Standard Echocardiographic Tricuspid Valve Nomenclature. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2021;14(7):1299-305. doi: 10.1016/j.jcmg.2021.01.012.
7. Stankovic I, Daraban AM, Jasaityte R, Neskovic AN, Claus P, Voigt JU. Incremental Value of the en Face View of the Tricuspid Valve by Two-Dimensional and Three-Dimensional Echocardiography for Accurate Identification of Tricuspid Valve Leaflets. *J Am Soc Echocardiogr*. 2014;27(4):376-84. doi: 10.1016/j.echo.2013.12.017.
8. Sugiura A, Tanaka T, Kavsar R, Öztürk C, Vogelhuber J, Wilde N, et al. Leaflet Configuration and Residual Tricuspid Regurgitation after Transcatheter Edge-to-Edge Tricuspid Repair. *JACC Cardiovasc Interv*. 2021;14(20):2260-70. doi: 10.1016/j.jcin.2021.07.048.
9. Hahn RT, Lawlor MK, Davidson CJ, Badhwar V, Sannino A, Spitzer E, et al. Tricuspid Valve Academic Research Consortium Definitions for Tricuspid Regurgitation and Trial Endpoints. *J Am Coll Cardiol*. 2023;82(17):1711-35. doi: 10.1016/j.jacc.2023.08.008.
10. American Society of Echocardiography. Key Echocardiographic Considerations for Transcatheter Edge-to-Edge Repair of the Tricuspid Valve (TriClip): Eligibility Criteria. *J Am Soc Echocardiogr*. 2023;36(11):1090-105. doi:10.1016/j.echo.2023.08.012.
11. Hungerford SL, Rye EE, Hansen PS, Bhindi R, Choong C. Key Echocardiographic Considerations for Tricuspid Valve Transcatheter Edge-to-Edge Repair. *J Am Soc Echocardiogr*. 2023;36(4):366-380.e1. doi: 10.1016/j.echo.2023.01.013.
12. Madhavan MV, Agarwal V, Hahn RT. Transcatheter Therapy for the Tricuspid Valve: A Focused Review of Edge-to-Edge Repair and Orthotopic Valve Replacement. *Curr Cardiol Rep*. 2024;26(6):459-74. doi: 10.1007/s11886-024-02051-4.
13. Hahn RT, Makkar R, Thourani VH, Makar M, Sharma RP, Haeffele C, et al. Transcatheter Valve Replacement in Severe Tricuspid Regurgitation. *N Engl J Med*. 2025;392(2):115-26. doi: 10.1056/NEJMoa2401918.



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