

Modificação de Cálcio

Dr. Sávio Marques de Souza
Hemodinâmica e Cardiologia Intervencionista
HCI Ribeirão Preto - 2026

Lesões calcificadas

INTRODUÇÃO

20%

das ICPs têm doença coronária calcificada relevante (State-of-the-Art EuroIntervention 2025)

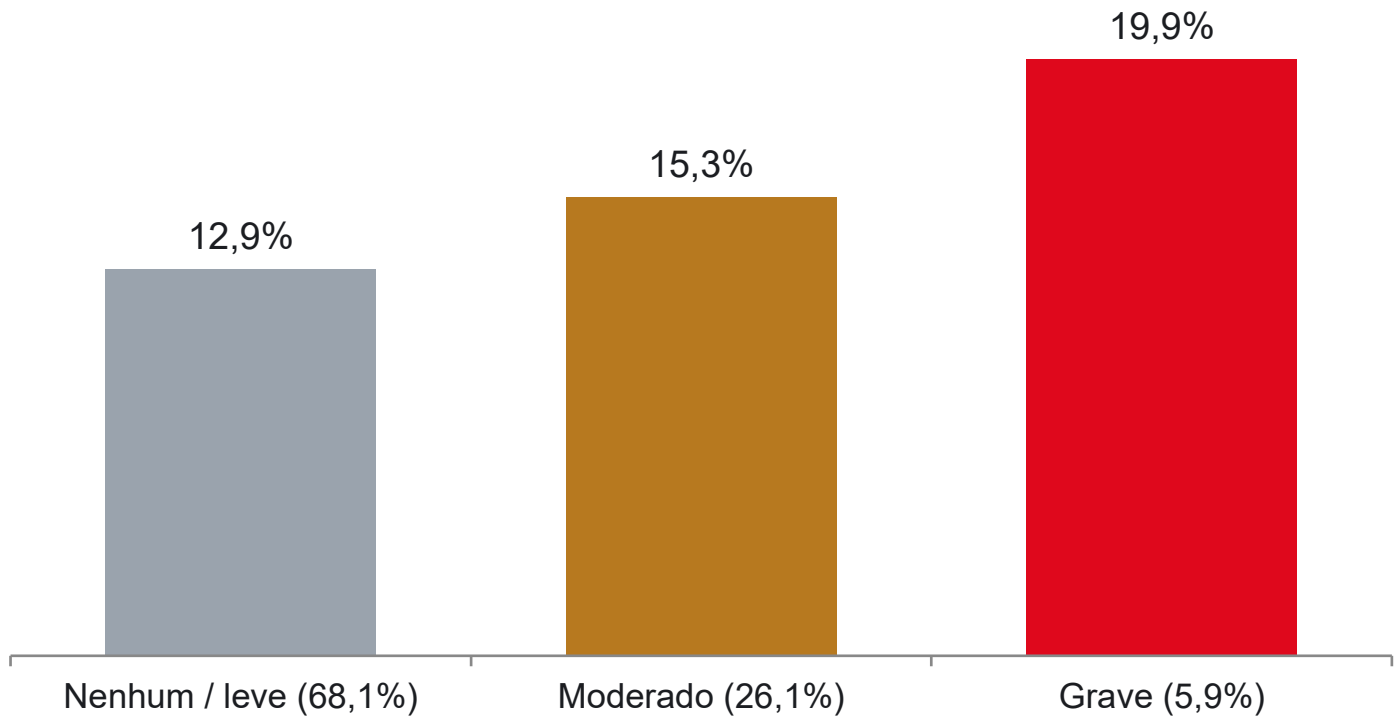
HR 1,62

trombose de stent definitiva em 1 ano com cálcio moderado/grave (TLR isquêmica: HR 1,44)

- Associado a **idade, DRC, diabetes** e doença difusa
- Marcador de **aterosclerose avançada** — não só de dificuldade técnica

MACE em 1 ano após ICP na SCA, por grau de cálcio

Análise combinada HORIZONS-AMI + ACUITY (n = 6.855) — dado observacional (post hoc)
Morte + reinfarto + revascularização não planejada por isquemia



Pesarini G et al. EuroIntervention 2025;21:e339-55 · Généreux P et al. J Am Coll Cardiol 2014 (análise combinada HORIZONS-AMI + ACUITY)

Dificuldades em lesões calcificadas

INTRODUÇÃO

Aumenta o risco

Dissecção e perfuração: a força do balão se concentra na transição cálcio/tecido não calcificado

↓

Complicações

Dificulta a entrega

Lesão não cruzável, perda de revestimento do stent, deslocamento do stent

↓

Falha do procedimento

Impede a expansão

Subexpansão, má aposição e expansão assimétrica do stent

↓

Trombose, reestenose, TLF/MACE

Fisiopatologia

- **Cálcio da íntima**: ligado à placa aterosclerótica — microcalcificação → cálcio em lâmina ("sheet") → fratura → nódulo
- **Cálcio da média**: mais circunferencial, associado a DRC e diabetes

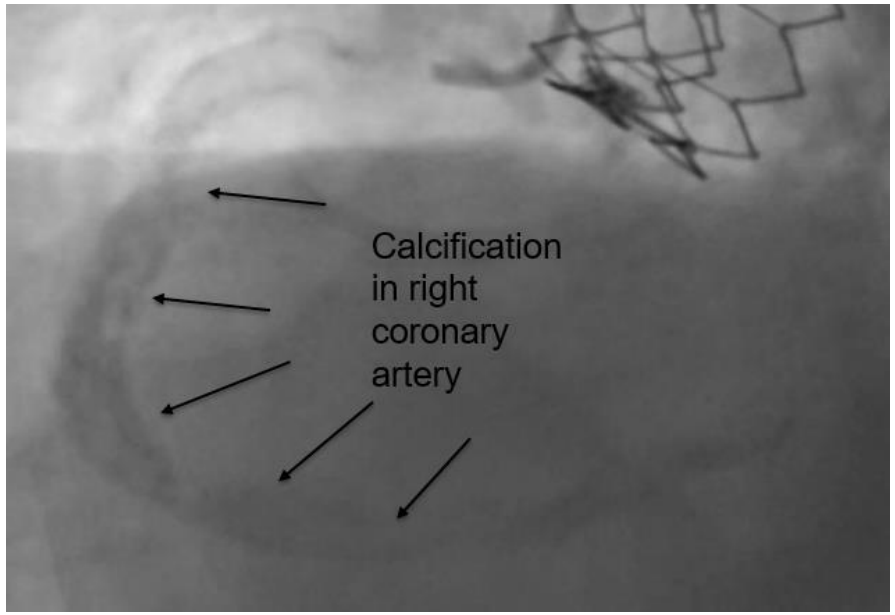
Conceito-chave

A área mínima do stent é o preditor mais forte de desfechos tardios — e o cálcio é o principal inimigo da expansão. Modificar o cálcio não é o objetivo em si: o objetivo é expandir o stent.

Riley RF et al. SCAI Expert Consensus. JSCAI 2024;3:101259 · Lawton JS et al. 2021 ACC/AHA/SCAI Revascularization Guideline · Fitzgerald PJ et al. Circulation 1992;86:64-70 · ECLIPSE OCT substudy, Circ Cardiovasc Interv 2025

Angiografia

RECONHECIMENTO



Radiopacidade visível sem contraste, "traçado duplo" dos dois lados do lúmen

38% vs 73%

cálcio detectado pela angiografia vs IVUS (1.155 lesões)

~50% / ~95%

sensibilidade / especificidade do critério angiográfico

Critério angiográfico para modificação (SCAI)

Radiopacidades vistas na fluoroscopia sem movimento cardíaco, antes do contraste, envolvendo os dois lados da parede arterial em ≥ 1 local e com comprimento total de cálcio ≥ 15 mm

Moderada

Radiopacidade vista apenas com o movimento cardíaco, antes da injeção de contraste

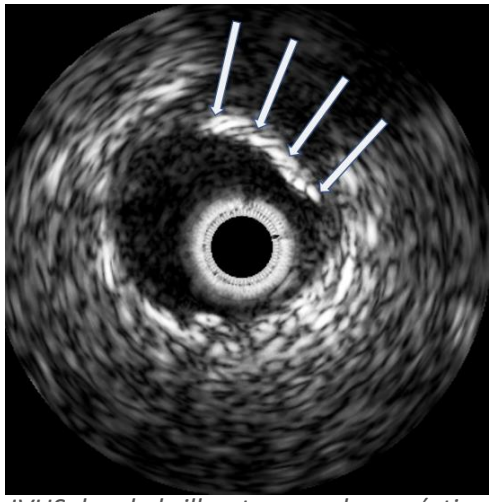
Grave

Radiopacidade vista sem movimento cardíaco, dos dois lados do lúmen ("trilho de trem")

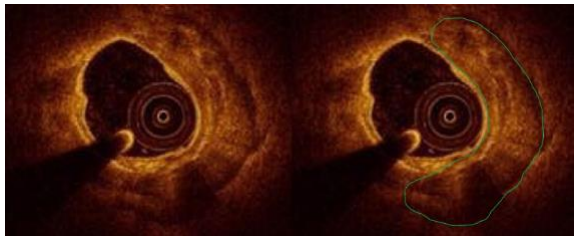
Mintz GS et al. Circulation 1995;91:1959 · Riley RF et al. SCAI Expert Consensus. JSCAI 2024;3:101259

IVUS vs OCT na avaliação do cálcio

RECONHECIMENTO



IVUS: borda brilhante + sombra acústica



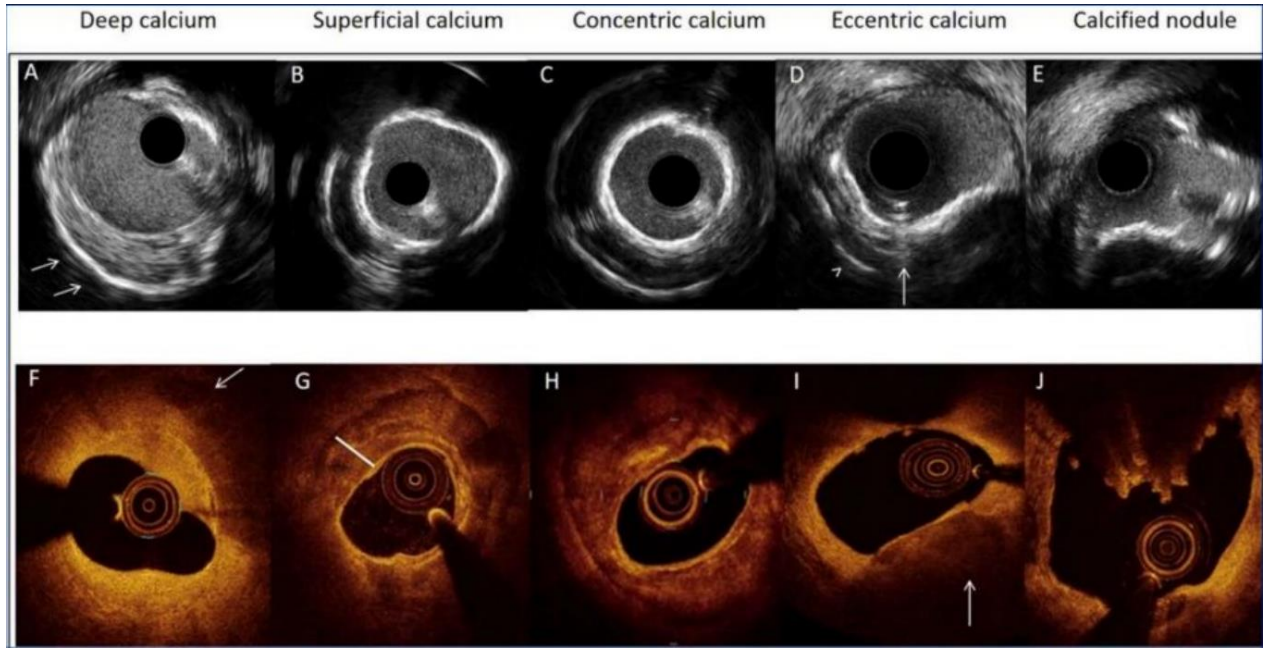
OCT: área de baixo sinal com bordas nítidas

	IVUS	OCT
Resolução axial	~100–200 µm	~10–20 µm
Aparência do cálcio	Borda hiperecoica com sombra acústica (reverberações se fino)	Baixo sinal, bordas bem delimitadas
Espessura do cálcio	Não mede (o som não atravessa)	Mede espessura, área e volume
Arco e comprimento	Sim	Sim
Penetração	Maior em tecidos moles; limitada atrás do cálcio	Menor (~1–2 mm), mas a luz atravessa o cálcio
Diâmetro do vaso (EEL)	Bom, mesmo em placas volumosas	Limitado em placas lipídicas/volumosas
Exigências	Sem limpeza de sangue	Precisa de flush (contraste); difícil em óstio

Riley RF et al. SCAI Expert Consensus. JSCAI 2024;3:101259 · Shlofmitz E et al. Circ Cardiovasc Interv 2020;13:e008686

Tipos de calcificação

RECONHECIMENTO



Profundo

Longe do lúmen: ablação não alcança → favorece IVL

Superficial

Em contato com o lúmen: aterectomia; balões escorregam. No IVUS pode conter reverberações.

Concêntrico

Anel de alta resistência: maior risco de subexpansão. IVL.

Excêntrico

Balão expande para o lado sadio → dissecção/perfuração; atenção ao viés do fio *(wire bias)* na aterectomia

Nódulo

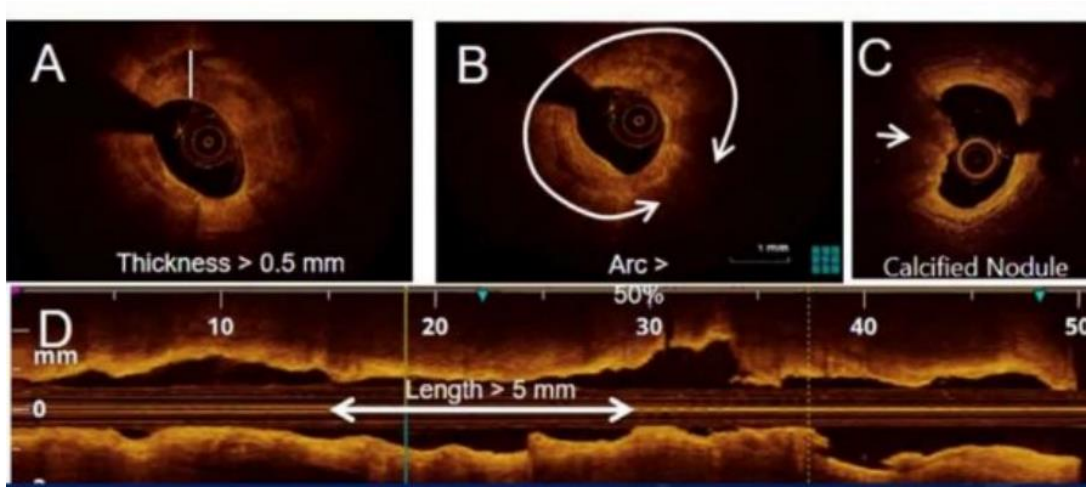
Protrusão para o lúmen: fenótipo próprio

Imagens: Shlofmitz E et al. Circ Cardiovasc Interv 2020;13:e008686 (IVUS acima, OCT abaixo) · Riley RF et al. JSCAI 2024;3:101259

Escores de cálcio por OCT

RECONHECIMENTO

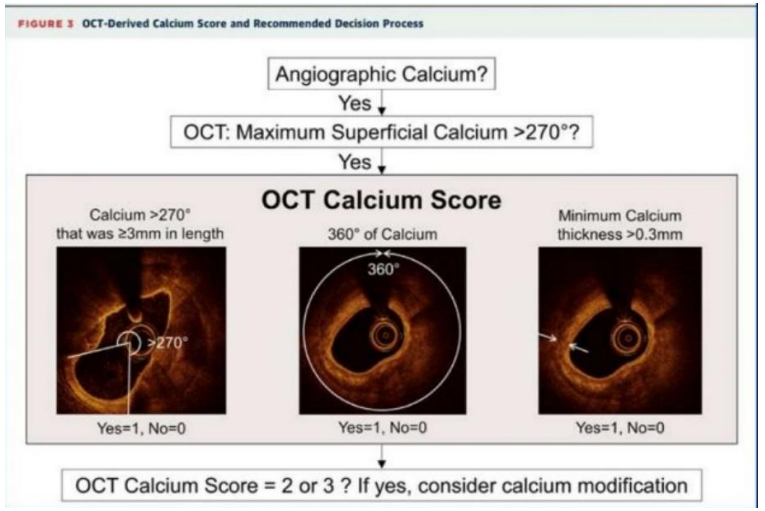
Escore original (Fujino 2018)



Critério	Pontos
Arco máximo de cálcio: ≤ 90° / 90–180° / > 180°	0 / 1 / 2
Espessura máxima > 0,5 mm	1
Comprimento > 5 mm	1

Escore 4 = alto risco de subexpansão → modificar

Escore revisado (Sato 2025)



- Só para lesões com **arco superficial > 270°**
- 1 ponto cada: **arco de 360°** · **espessura mínima > 0,3 mm** · **arco > 270° por ≥ 3 mm**
- **2–3 pontos** → preparo avançado

Corte ≥ 2 (derivação)	Valor
AUC	0,90
Sensibilidade / especificidade	78% / 88%
VPP / VPN	62,5% / **94,4%**

Fujino A et al. EuroIntervention 2018;13:e2182-9 · Sato T et al. JACC Cardiovasc Interv 2025;18:622-33 · Imagens: Riley RF et al. JSCAI 2024;3:101259; Sato 2025

Escore de cálcio por IVUS

RECONHECIMENTO

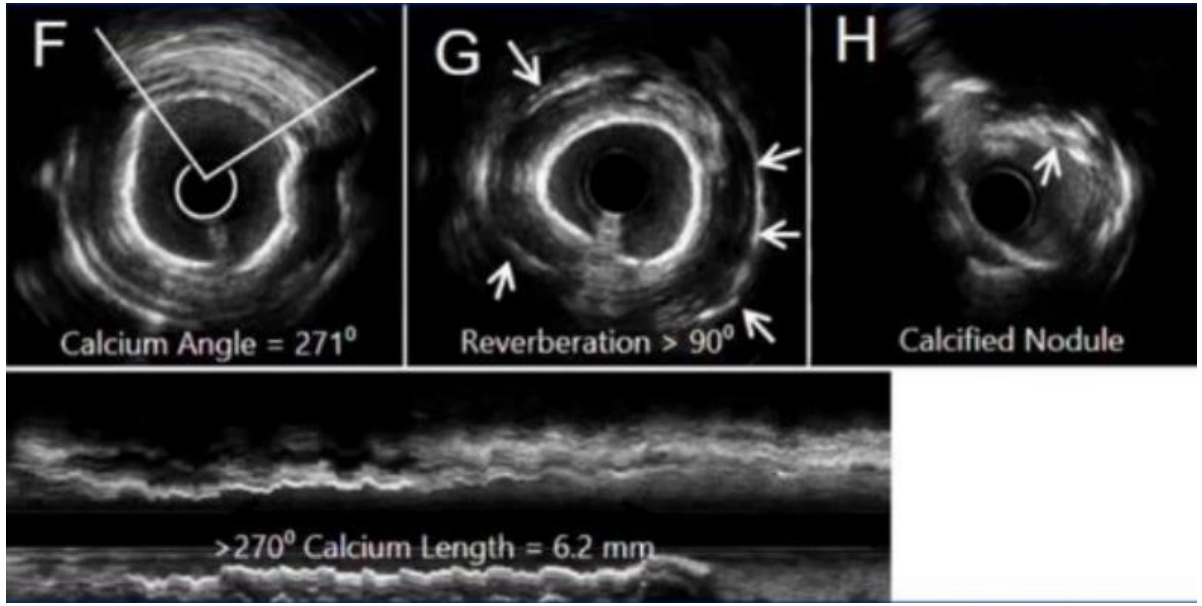


Figura do consenso SCAI: F arco 271° · G reverberações (sugerem cálcio fino) · H nódulo · I arco > 270° por 6,2 mm

- O IVUS **não mede espessura** — por isso o escore usa arco, comprimento, nódulo e calibre do vaso

Escore IVUS (Zhang 2021)

Critério (1 ponto cada)
Cálcio superficial > 270° por > 5 mm
Cálcio superficial de 360°
Nódulo calcificado
Diâmetro do vaso < 3,5 mm

Escore ≥ 2 → considerar modificação

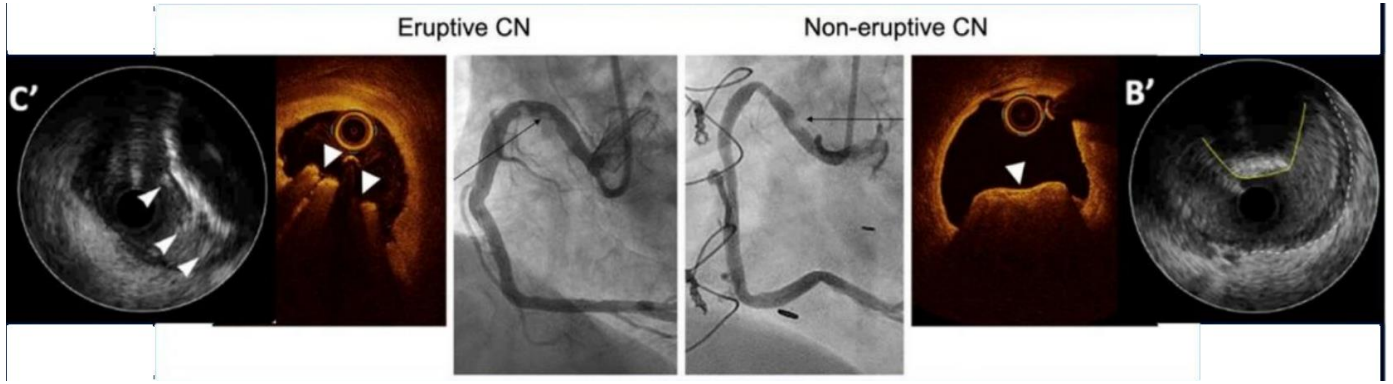
VPN 0,94

para expansão do stent < 70% com escore < 2

Zhang M et al. Circ Cardiovasc Interv 2021;14:e010296 · Imagens: Riley RF et al. JSCAI 2024;3:101259

Nódulo calcificado: eruptivo x não eruptivo

RECONHECIMENTO



Epidemiologia

- **< 5%** das lesões obstrutivas, mas **32%** das lesões com cálcio grave (arco > 270°)
- Pontos de flexão: **CD média** e **CX proximal**
- Mais comum em **dialíticos**

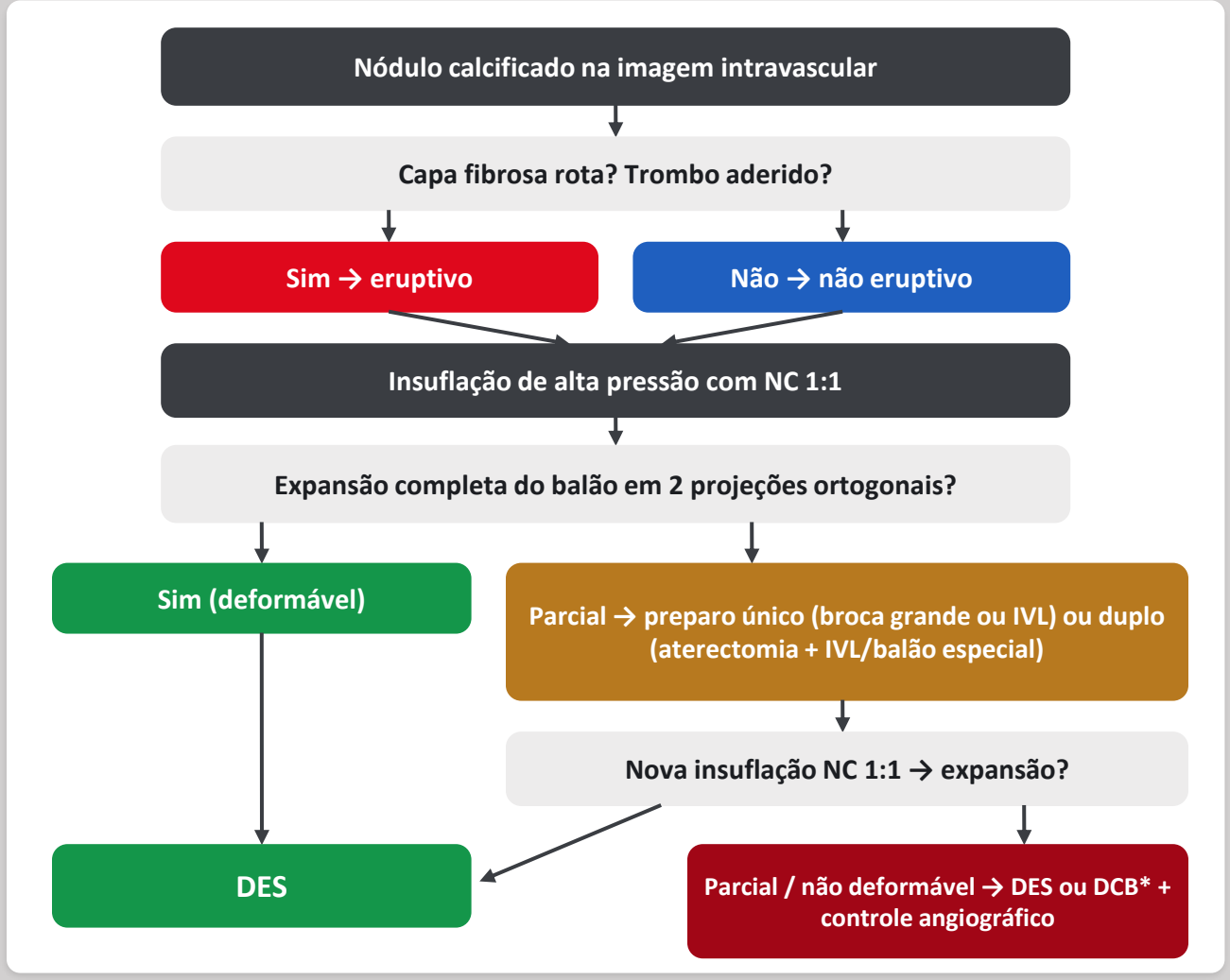
	Eruptivo	Não eruptivo
Morfologia	Capa fibrosa rota, trombo aderido	Capa íntegra, sem trombo
Apresentação	Ativo, pode causar SCA	Estável
Resposta ao balão	Quase sempre deformável	Pode não deformar
Expansão do stent	89,2%	81,5% (p = 0,003)
TLR em 2 anos	18,3%	9,6% (p = 0,04)

"Paradoxo que vale lembrar: o eruptivo expande melhor, mas volta mais."

Riley RF et al. JSCAI 2024;3:101259 · Sato T et al. JACC Cardiovasc Interv 2023 (eruptivo vs não eruptivo) · Shin D et al. JACC Cardiovasc Interv 2024;17:1187-99 · Imagens adaptadas de Riley 2024 / Mohan N, AIMS Med Sci 2024

Nódulo calcificado: estratégia guiada por imagem

RECONHECIMENTO



- **Eruptivo**: balão NC/IVL; aterectomia raramente necessária; evitar embolização de trombo
- **Não eruptivo**: pode exigir **terapia combinada** (aterectomia + IVL/cutting)
- *DCB no nódulo: **evidência ainda incerta**

Algoritmo e imagens adaptados de Shin D et al. JACC Cardiovasc Interv 2024;17:1187-99 · Riley RF et al. JSCAI 2024;3:101259

Dispositivos e mecanismo de ação

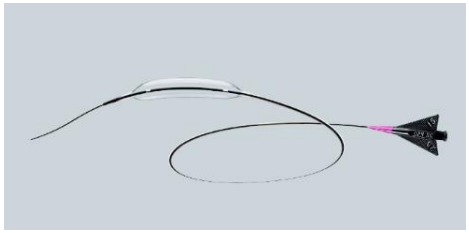
DISPOSITIVOS



Síntese didática baseada em Riley RF et al. JSCAI 2024;3:101259 e Barbato E et al. Eur Heart J 2023;44:4340-56 — a extensão das barras é conceitual, não quantitativa

Balões semicomplacentes e não complacentes

DISPOSITIVOS



- **NC**: pouco ganho de diâmetro com a pressão → força mais focal
- **SC**: cresce com a pressão → mais "dog-bone"

"Dog-bone": expande onde há menos resistência; a tensão se concentra na transição cálcio/parede → dissecção

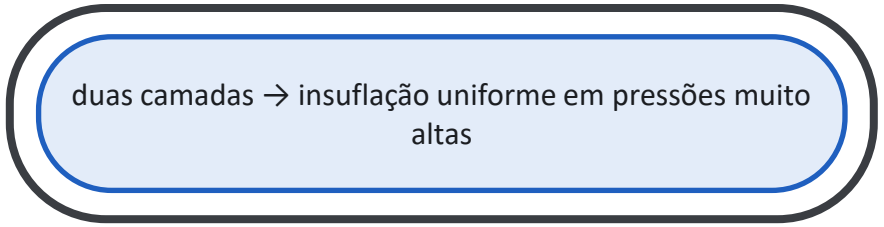
- **Papel**: cálcio leve/focal, ou pós-dilatação/teste após qualquer outro dispositivo
- Não removem cálcio: dependem de **fraturar** o anel
- Riscos: expansão excêntrica → **ruptura/perfuração**; balão **escorrega** ("watermelon seeding")
- Evitar balões **muito curtos** em lesão longa (migram)
- **Teste de preparo**: NC 1:1 com expansão completa em **2 projeções ortogonais** antes do stent
- ECLIPSE: em lesões cruzáveis por balão e com imagem, a **estratégia balão** teve desfechos semelhantes à orbital

Riley RF et al. SCAI Expert Consensus. JSCAI 2024;3:101259 · Kirtane AJ et al. (ECLIPSE) Lancet 2025;405:1240-51

Balão de super-alta pressão (OPN NC)

DISPOSITIVOS

Mecanismo: dupla camada



Diâmetro quase constante mesmo em pressões extremas: a força vai para o cálcio, não para o crescimento do balão

35 atm

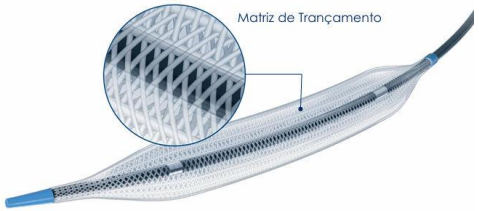
pressão de rupture (RBP)

10 atm

pressão nominal

VICTORY (TCT 2025, n = 282): expansão do stent por OCT semelhante à IVL em cálcio grave; segurança semelhante em 30 dias

- **Indicações**: lesão calcificada ou fibrótica resistente, não dilatável; subexpansão de stent; reestenose
- **Dimensionamento**: considerar **subdimensionar ~0,5 mm** em relação ao vaso
- **Perfuração** é o grande risco: pressão extrema em vaso com expansão excêntrica
- **Navegabilidade** menor que a de um NC comum
- **Perfil aumenta após a primeira insuflação** → recruzar fica mais difícil
- Insuflação lenta e progressiva; observar a "cintura" do balão desaparecer



Athletis™ - Balão de pressão ultra-alta

SIS Medical — OPN NC (RBP 35 atm) · Riley RF et al. JSCAI 2024;3:101259 · VICTORY: Bossard M, TCT 2025 (apresentação)

Cutting balloon

DISPOSITIVOS



3–4 microlâminas (aterótomos) longitudinais sobre um balão pouco complacente

Mecanismo

- A força se concentra na **aresta das lâminas** → incisões radiais controladas
- A placa fratura em **pontos previsíveis** em vez de rasgar ao acaso
- Lâminas **ancoram** o balão → não escorrega
- Menor **recolhimento elástico**

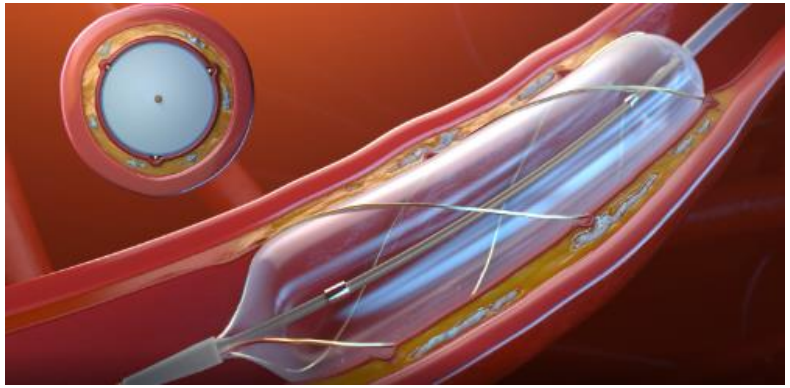
Técnica (SCAI) e evidência

- Considerar **subdimensionar ~0,5 mm**
- Insuflação **lenta**, pressões moderadas
- Múltiplas insuflações **deslocando** o balão proximal/distal
- Depois: **NC 1:1**
- **COPS** (RCT): área mínima do stent **8,2 vs 7,3 mm²** vs NC (p = 0,035)
- **Short-CUT**: não inferior à IVL (com imagem) e mais barato

Riley RF et al. JSCAI 2024;3:101259 · Mangieri A et al. (COPS) Catheter Cardiovasc Interv 2023;101:798-805 · Baron SJ, Short-CUT, TCT 2025 · Dados de altura da lâmina: Boston Scientific (fabricante)

Scoring balloon vs cutting balloon

DISPOSITIVOS



Balão semicomplacente envolto por elementos de "scoring" (fios/espirais de nitinol ou nylon)

- Os fios servem de **âncora** e concentram a força em linhas
- Perfil geralmente **mais baixo** e **mais flexível** que o cutting
- Força de incisão **menor** que a de lâminas

	Cutting	Scoring
Elemento	Microlâminas metálicas	Fios / espirais (nitinol, nylon)
Balão-base	Pouco complacente	Semicomplacente
Força focal	Maior	Menor
Navegabilidade	Menor (mais rígido)	Maior
Deslizamento	Mínimo	Reduzido
Evidência principal	COPS, Short-CUT, ROTA-CUT	Braço "balões modificados" do PREPARE-CALC

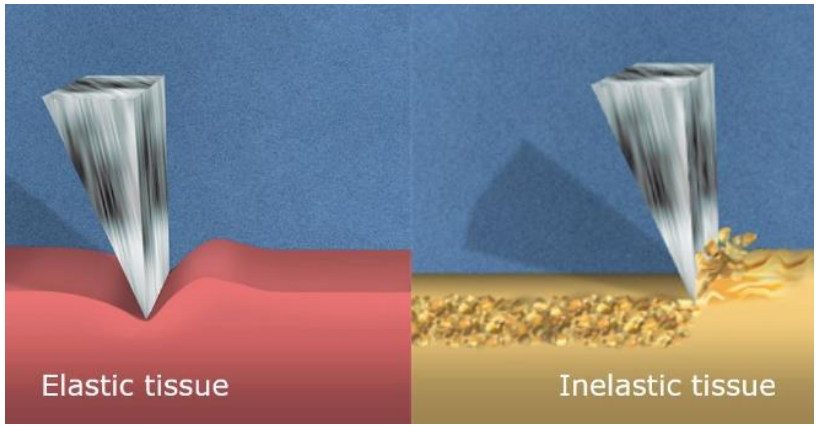
Combinação com Rota — ROTA-CUT (RCT, n = 60): Rota + cutting vs Rota + NC → área mínima do stent semelhante (6,7 vs 6,9 mm²; p = 0,685), apesar de mais fraturas de cálcio com o cutting

Abdel-Wahab M et al. (PREPARE-CALC) Circ Cardiovasc Interv 2018 · Sharma SK et al. (ROTA-CUT) EuroIntervention 2023 · Riley RF et al. JSCAI 2024;3:101259

Aterectomia rotacional: mecanismo

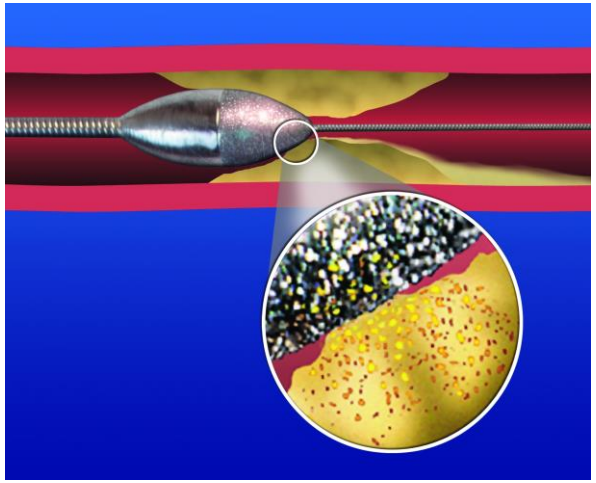
DISPOSITIVOS

1. Corte diferencial



2. Deslocamento ortogonal do atrito

Em altas rotações (> 60.000 rpm), o atrito longitudinal praticamente desaparece → a broca avança e recua sem "agarrar" na parede



- Broca **elíptica** de latão niquelado
- **Metade distal** com microcristais de diamante; **proximal lisa**
- → só abrasa **para frente**: não "desgasta de volta" ao recuar

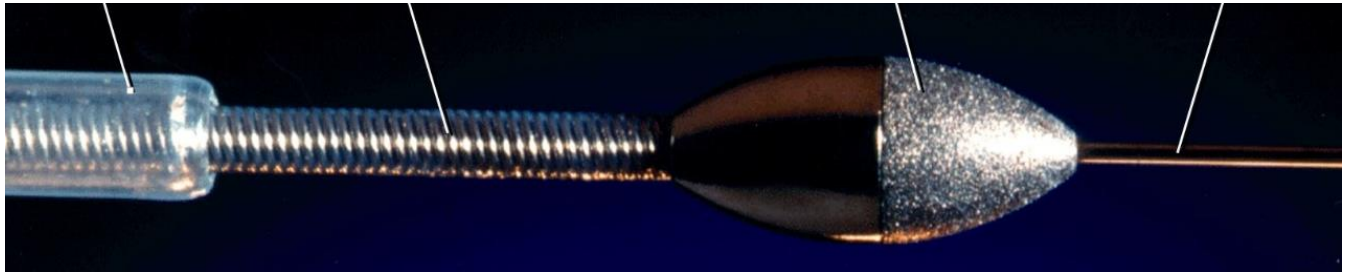
- Tecido **elástico se afasta**; cálcio (inelástico) é pulverizado
- Partículas de **~5–10 µm** passam pela microcirculação e são fagocitadas (fígado, baço, pulmão)
- Muitas partículas de uma vez → **slow-flow/no-reflow**
- Broca que passou "folgada" pode **ficar presa** atrás da lesão

Barbato E et al. European expert consensus on rotational atherectomy. EuroIntervention 2015 · Sharma SK et al. North American Expert Review of RA. Circ Cardiovasc Interv 2019;12:e007448

Aterectomia rotacional: componentes

DISPOSITIVOS

bainha **eixo de transmissão** **broca com diamante** **RotaWire**

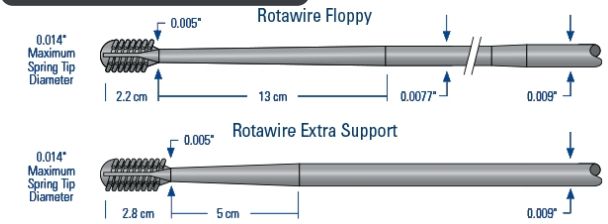


Brocas



1,25 a 2,5 mm — a maioria dos casos resolve com 1,25–1,5 mm

RotaWire



Corpo 0,009" com mola distal 0,014" · Floppy ou Extra Support



Broca × cateter-guia (mínimo)

Broca (mm)	Guia mínimo
1,25 · 1,5 · 1,75	6 Fr
2,0	6–7 Fr
2,15 · 2,25	7 Fr
2,38 · 2,5	8 Fr

- **Floppy**: maioria dos casos; menos viés
- **Extra Support**: retifica o vaso → mais viés do fio; útil em lesão **aorto-ostial**
- Guias de **curva simples** (EBU, XB, Judkins) reduzem atrito
- **RotaPro**: comandos digitais no avançador; modo de baixa rotação (Dynaglide) para avançar e retirar o sistema

Barbato E et al. European expert consensus on RA. EuroIntervention 2015 · Boston Scientific — Rotablator/RotaPro (instruções de uso) · Riley RF et al. JSCAI 2024;3:101259

Aterectomia rotacional: parâmetros do consenso europeu

DISPOSITIVOS

0,5–0,6

relação broca/artéria (1,5 mm na maioria)

135–180 mil

rpm (abaixo: risco de broca presa; acima: mais trombose/calor)

< 30 s

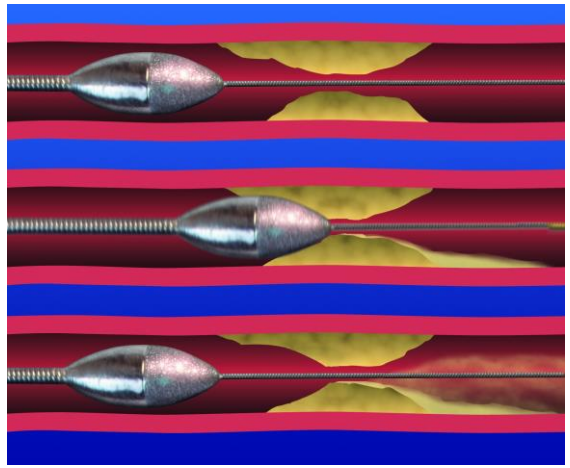
por corrida, com pausas entre elas

< 5.000

rpm de queda durante a ablação

Como ablacionar

- **Pecking**: avanço curto e recuo rápido — nunca empurrar contra a lesão
- Estratégia **step-up**: 1,25 → 1,5 mm (1,75 raramente)
- Mola do RotaWire **o mais distal possível**, fora de ramos finos (evita fratura do fio e perfuração)
- **Viés do fio**: a broca segue o fio — se o fio está longe do cálcio, a ablação é ineficaz
- Terminar com **corrida de polimento** sem queda de rotação



Farmacologia

- Lavagem: **verapamil + nitrato + heparina** (5 mg / 5 mg / 5.000 U em 500 mL SF)
- Rotaglide: evitar em **alergia a ovo/azeite**
- MP/aminofilina: considerar em **CD e CX dominante** (aminofilina: dado **observacional**)

Barbato E et al. European expert consensus on RA. EuroIntervention 2015 · Sharma SK et al. Circ Cardiovasc Interv 2019 · Aminofilina: série observacional unicêntrica (JSCAI 2023)

Rota - passo a passo

DISPOSITIVOS

1. **Relação broca/artéria ~0,6**
2. **Cateter-guia (curva simples)**
3. **Troca por RotaWire (microcateter)**
4. **Vasodilatador / coquetel**
5. **DRAW**
6. **Entrar no guia com Dynaglide**
7. **Entrar na lesão: pecking**
8. **Retirar o sistema**
9. **Angiografia**
10. **Troca do fio (manter RotaWire se precisar)**
11. **Seguir com a ICP**

DRAW — antes de entrar no paciente

- **D**rip: solução gotejando na ponta da broca
- **R**otação: testar fora do paciente na velocidade-alvo
- **A**vançar o sistema sempre com Dynaglide ligado
- **W**ire: fio travado (wireClip/freio) antes de ativar

Dentro da lesão (passo 7)

- Ativar **proximal** à lesão, sem tensão acumulada no sistema
- Corridas curtas; **pausa** entre elas; vigiar **ECG e pressão**
- Quedas **< 5.000 rpm**; nunca parar a rotação com a broca dentro da lesão
- **Parar** se slow-flow/no-reflow, dissecção ou tempo excessivo
- Ao retirar: **corrida de polimento** e retirada com Dynaglide

Barbato E et al. European expert consensus on RA. EuroIntervention 2015 · Sharma SK et al. North American Expert Review of RA. Circ Cardiovasc Interv 2019 · Boston Scientific — RotaPro (IFU)

Aterectomia orbital: mecanismo

DISPOSITIVOS



Avanço lento (~1 mm/s)



Avanço rápido (> 10 mm/s)



Como funciona

- Coroa de **1,25 mm**, revestida de diamante, montada de forma **excêntrica** no eixo
- Gira a **80.000 ou 120.000 rpm** e descreve uma **órbita**: a força centrífuga pressiona a coroa contra a parede
- $F = m \cdot v^2/r$ → **quanto maior a velocidade, maior a órbita** e o lúmen obtido
- Lixa o cálcio; o tecido mole é defletido
- Diamante **na frente e atrás** → ablação **bidirecional** (menor risco de aprisionamento)
- Partículas muito finas (**~2 µm**)

Shlofmitz E et al. Atherectomy techniques: rotablation, orbital and laser. Interv Cardiol Rev (ICR) · Abbott — Diamondback 360 (instruções de uso) · Riley RF et al. JSCAI 2024;3:101259

Aterectomia orbital: técnica e evidência

DISPOSITIVOS

Técnica

- Guia **6 Fr**; fio **ViperWire Advance** (corpo 0,012", ponta 0,014"; versão ponta flexível)
- **GlideAssist** (~5.000 rpm) para posicionar e retirar
- Começar a **80 mil rpm**; 120 mil em vasos maiores
- Avanço **lento (1–3 mm/s)**, sempre com fluoroscopia; coroa em movimento enquanto ligada
- Corridas **curtas**, pausas entre elas; tempo total **≤ 5 min**
- Lubrificante **ViperSlide**: contém óleo de soja e fosfolipídeos de gema → cuidado com alergias

Contraindicações (IFU)

- ViperWire não cruza a lesão
- Lesão em enxerto ou **dentro de stent**
- Não candidato a cirurgia de revascularização
- Trombo angiográfico
- Vaso único patente
- Dissecção significativa no local
- Gestantes e crianças

Evidência

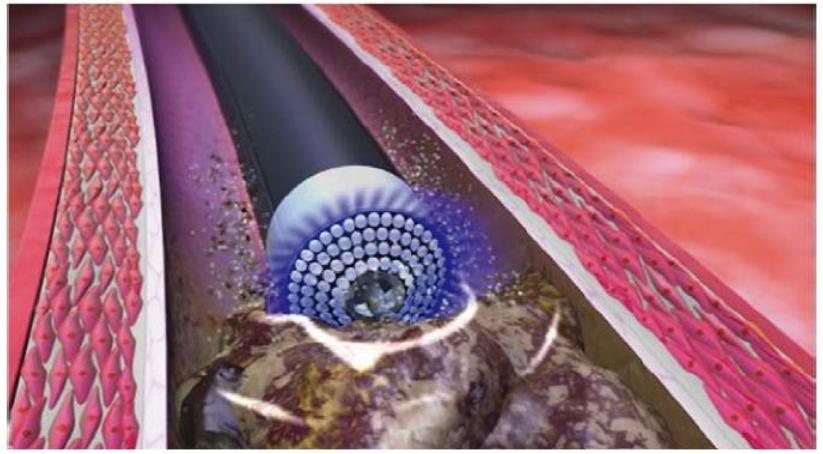
- **ORBIT II** (braço único, n = 443): livre de MACE em 30 dias **89,6%**; entrega do stent **97,7%**; perfuração **1,8%**
- **ECLIPSE** (RCT, n = 2.005): orbital **não superior** ao balão (TVF 11,5% vs 10,0%)
- **ORACLE** (RCT, n = 40): menor lesão microvascular aguda que a Rota (IMR 16 vs 25; p = 0,008), sem diferença após o stent

A orbital é eficaz e segura para preparar o cálcio grave, mas usada de rotina não supera o balão em lesões que o balão cruza, então deve ser reservada, com imagem, para cálcio superficial extenso ou quando o balão falha.

Chambers JW et al. (ORBIT II) JACC Cardiovasc Interv 2014 · Kirtane AJ et al. (ECLIPSE) Lancet 2025;405:1240-51 · ORACLE: EuroPCR 2026 · Abbott — Diamondback 360 (IFU)

Laser excimer (ELCA)

DISPOSITIVOS



308 nm

ultravioleta, cloreto de xenônio

30–80

mJ/mm² (fluência)

25–80 Hz

frequência de pulso

0,9–2,0 mm

cateteres; fio 0,014" comum

Mecanismo

- **Fotoquímico**: quebra de ligações moleculares
- **Fototérmico**: aquecimento da água intracelular
- **Fotomecânico**: bolha de vapor que expande e colapsa
- Penetração **superficial** (dezenas de µm) → não é um dispositivo para cálcio profundo

Técnica

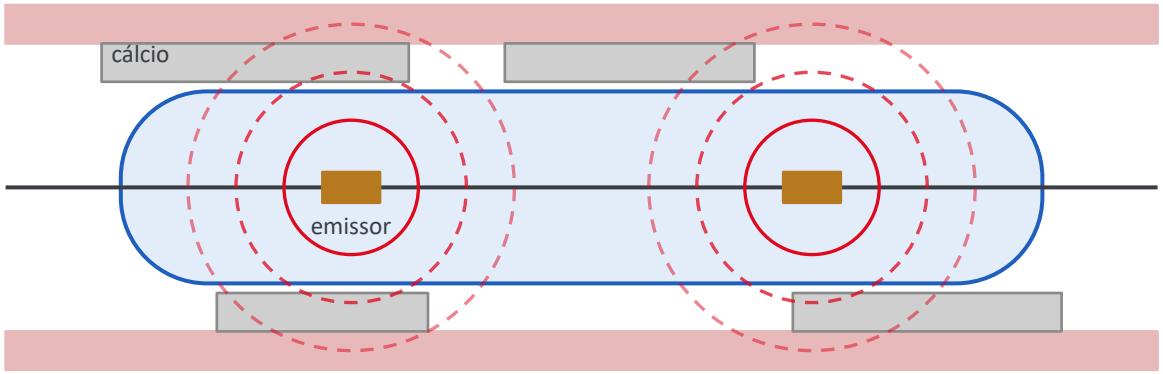
- Cateter ≤ **2/3 do vaso de referência**
- Avanço lento (~0,5 mm/s) com **flush de SF** (remove sangue/contraste)
- **Laser com contraste** (alta energia) em **stent subexpandido**: amplifica o efeito fotomecânico — técnica off-label
- Indicações: lesão **não cruzável/não dilatável**, RIS, stent subexpandido, CTO após o fio
- Risco principal: **perfuração/dissecção**

Coronary intervention with the excimer laser: review of the technology and outcome data. Interv Cardiol Rev (ICR) · Shlofmitz E et al. Atherectomy techniques. ICR · Riley RF et al. JSCAI 2024;3:101259

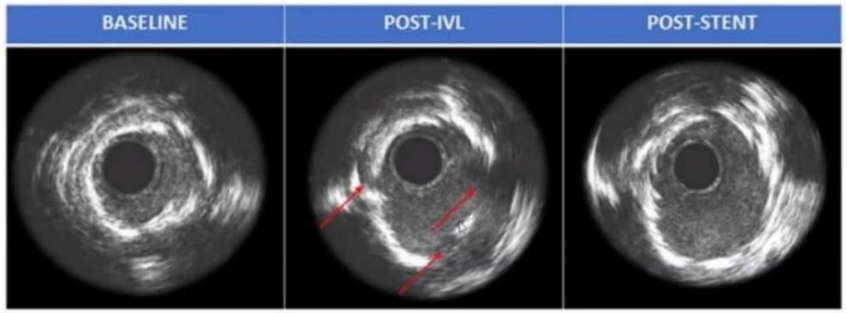
Litotripsia intravascular (IVL): mecanismo

DISPOSITIVOS

Mecanismo



Descarga elétrica no emissor → bolha de vapor que expande e colapsa → onda de pressão acústica que atravessa o tecido mole e fratura o cálcio



Particularidades

- Balão insuflado a **baixa pressão (4 atm)** só para acoplar a energia à parede → **pouco barotrauma**
- Fraturas **circunferenciais, longitudinais e em múltiplos planos** — cálcio **superficial e profundo**
- Pressão efetiva no cálcio de até **~50 atm** (SCAI)
- **Sem "wire bias"**: a energia é circunferencial
- Estudo ex vivo (cadáveres): IVL com **mais fraturas e menos lesão da média** que cutting e balão de ultra-alta pressão

Kereiakes DJ et al. Principles of IVL. JACC Cardiovasc Interv 2021 · Riley RF et al. JSCAI 2024;3:101259 · Sekimoto T et al. JACC Cardiovasc Interv 2025 (ex vivo) · Imagem IVUS: baseline → pós-IVL (fraturas, setas) → pós-stent

Litotripsia intravascular: técnica

DISPOSITIVOS

1 **Dimensionar 1:1**

com o vaso de referência

2 **Retirar todo o ar**

ar reduz a eficácia

3 **Insuflar 4 atm**

posicionar sobre o cálcio

4 **10 pulsos**

1 pulso/s (1 ciclo)

5 **Subir a 6 atm**

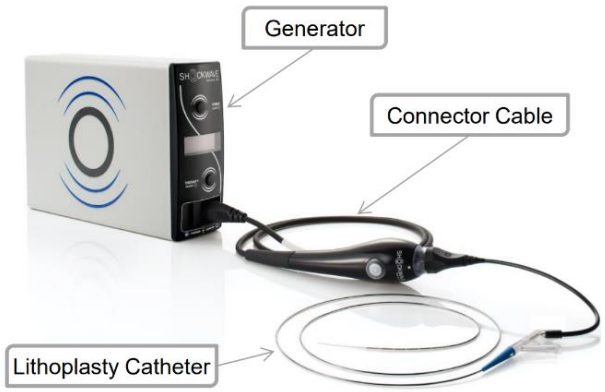
e registrar a expansão

6 **Desinsuflar**

reperfundir entre ciclos

Shockwave C2+ (atual)

Balão	12 mm · 2,5 a 4,0 mm
Pulsos por cateter	até 120 (12 ciclos)
Compatibilidade	guia 5 Fr · fio 0,014"
Perfil de cruzamento	0,044–0,047"
Emissores (SCAI)	6 mm entre si



- Lesão > 12 mm: **reposicionar** com sobreposição
- Pré-dilatar com balão pequeno ou **Rota 1,25 mm** ("RotaTripsy")
- Captura ventricular transitória durante os pulsos é descrita (geralmente benigna)
- Off-label: **stent subexpandido** por cálcio, neoaterosclerose calcificada

Shockwave Medical — C2+ (especificações) · Riley RF et al. JSCAI 2024;3:101259 · Kereiakes DJ et al. JACC Cardiovasc Interv 2021 · Prova SBHCI 2023 (Q3)

Comparando os dispositivos

DISPOSITIVOS

	Mecanismo	Onde atua	Viés do fio	Particularidade	Complicação típica
NC / super-alta pressão	Força radial	Anel como um todo	Não	Teste de preparo; OPN até 35 atm	Dissecção, perfuração, ruptura
Cutting / scoring	Incisão focal	Superficial	Não	Ancora, não escorrega; perfil maior (cutting)	Dissecção
Rota	Abrasão (corte diferencial)	Superficial, em contato	Sim	Única para não cruzável por balão; fio dedicado	Slow-flow, broca presa, perfuração, bradicardia
Orbital	Lixa por força centrífuga	Superficial	Sim	Coroa única 1,25 mm; bidirecional	Perfuração, dissecção
Laser excimer	Fotoablação	Muito superficial	Pouco	Fio 0,014" comum; laser com contraste em stent	Perfuração, dissecção
IVL	Onda acústica	Superficial e profundo	Não	Baixa pressão; precisa cruzar a lesão	Captura ventricular; poucas complicações

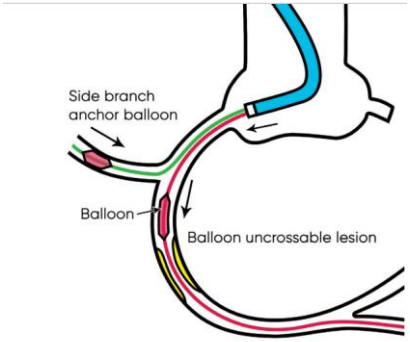
Síntese do autor a partir de Riley RF et al. JSCAI 2024;3:101259; Barbato E et al. Eur Heart J 2023;44:4340-56; consensos e instruções de uso citados nos slides anteriores

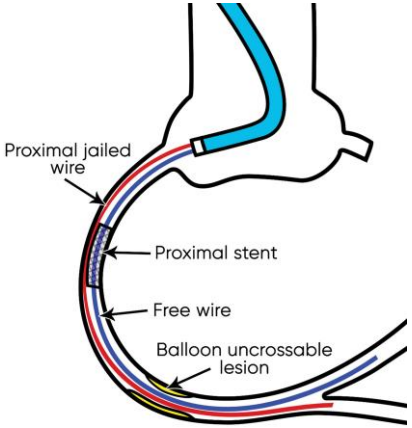
Lesão não cruzável vs não dilatável

TÉCNICA

Não cruzável (o balão não passa)

- Balão de **1,0–1,5 mm**, longo; trocar de marca (ponta e perfil diferentes)
- **Suporte**: guia de maior suporte, **extensão de guia**, ancoragem (balão em ramo)
- **Buddy wire**, wire-cutting, "crowbar" com múltiplos fios
- Microcateter cruza → trocar por **RotaWire → Rota 1,25 mm**
- Nem microcateter cruza → considerar **laser 0,9 mm** (fio 0,014" comum)
- IVL e orbital **precisam cruzar** — não são a primeira opção aqui





Não dilatável (o balão passa, não abre)

- NC 1:1 não abre em **2 projeções ortogonais** = **não dilatável**
- Imagem intravascular: **onde** está o cálcio e **quão espesso**
- Profundo / circunferencial → **IVL**
- Superficial, espesso, focal → **cutting**, OPN (subdimensionado) ou IVL
- Longo, difuso, superficial → **aterectomia** (± IVL/cutting depois)
- **Não implantar stent** em lesão que o balão 1:1 não abriu

Riley RF et al. SCAI Expert Consensus. JSCAI 2024;3:101259 · Barbato E et al. Eur Heart J 2023;44:4340-56 · Esquemas: ancoragem com balão/extensão de guia e buddy wire

Algoritmo de decisão (consenso SCAI)

ALGORITMO

Critérios de modificação

- **Arco de 360°**
- **Arco > 270° e > 5 mm** de comprimento
- Adicionais:
  - Nódulo calcificado
  - EEL < 3,5 mm ou remodelamento negativo
  - Espessura mínima > 0,5 mm (OCT)



[a] cálcio longo e difuso, com ou sem nódulo · [b] concêntrico, excêntrico ou nodular · [c] cálcio focal

Redesenhado de Riley RF et al. SCAI Expert Consensus Statement on the Management of Calcified Coronary Lesions. JSCAI 2024;3:101259 (Figura 6)

Cenários e dispositivos de escolha

ALGORITMO

Cenário (imagem)	Primeira escolha lógica	Alternativas / combinação
Cálcio leve, focal, arco < 180°	NC 1:1 em alta pressão	Cutting / scoring
Superficial, espesso, focal	Cutting · IVL	OPN subdimensionado
Profundo ou concêntrico, balão cruza	IVL	Cutting; aterectomia se não abrir
Longo, difuso, superficial	Aterectomia (Rota/orbital)	+ cutting ou IVL ("dual prep")
Não cruzável por balão / microcateter	Rota 1,25 mm · laser	Depois IVL/cutting (RotaTripsy, RotaCut)
Nódulo eruptivo	NC 1:1 · IVL	Aterectomia raramente
Nódulo não eruptivo	NC · cutting · IVL · aterectomia	Terapia combinada frequente
Stent subexpandido por cálcio	NC/OPN · IVL (off-label)	Laser com contraste; evitar Rota do stent

Preparo completo

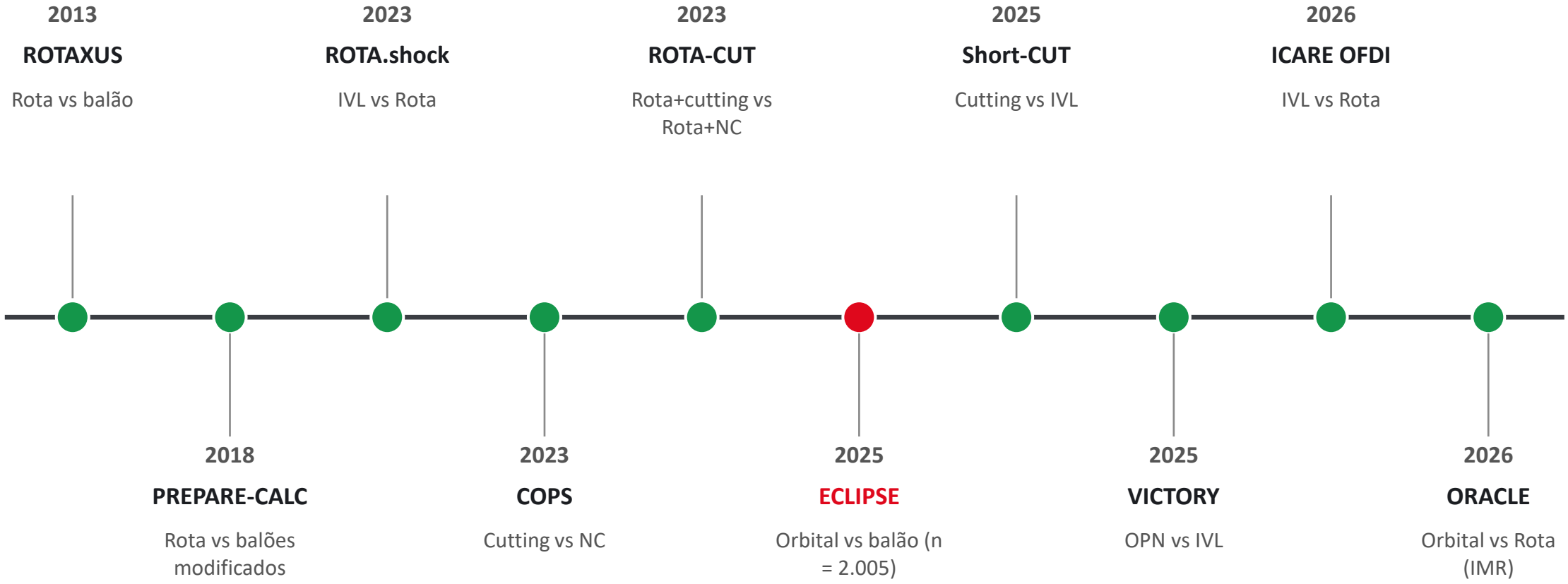
- **Balão NC 1:1** totalmente expandido em **2 projeções ortogonais**
- **Fraturas de cálcio** na imagem (IVUS/OCT)
- Sem dissecção limitante do fluxo
- Só então: **stent** — e **pós-dilatar e checar expansão** com imagem

Tabela = síntese prática dos consensos, não recomendação formal classe/nível

Síntese a partir de Riley RF et al. JSCAI 2024;3:101259 · Barbato E et al. Eur Heart J 2023;44:4340-56 · Shin D et al. JACC Cardiovasc Interv 2024;17:1187-99 · Consenso CVIT (Japão) atualizado após o registro Dual-Prep

Linha do tempo dos principais RCTs

EVIDÊNCIAS

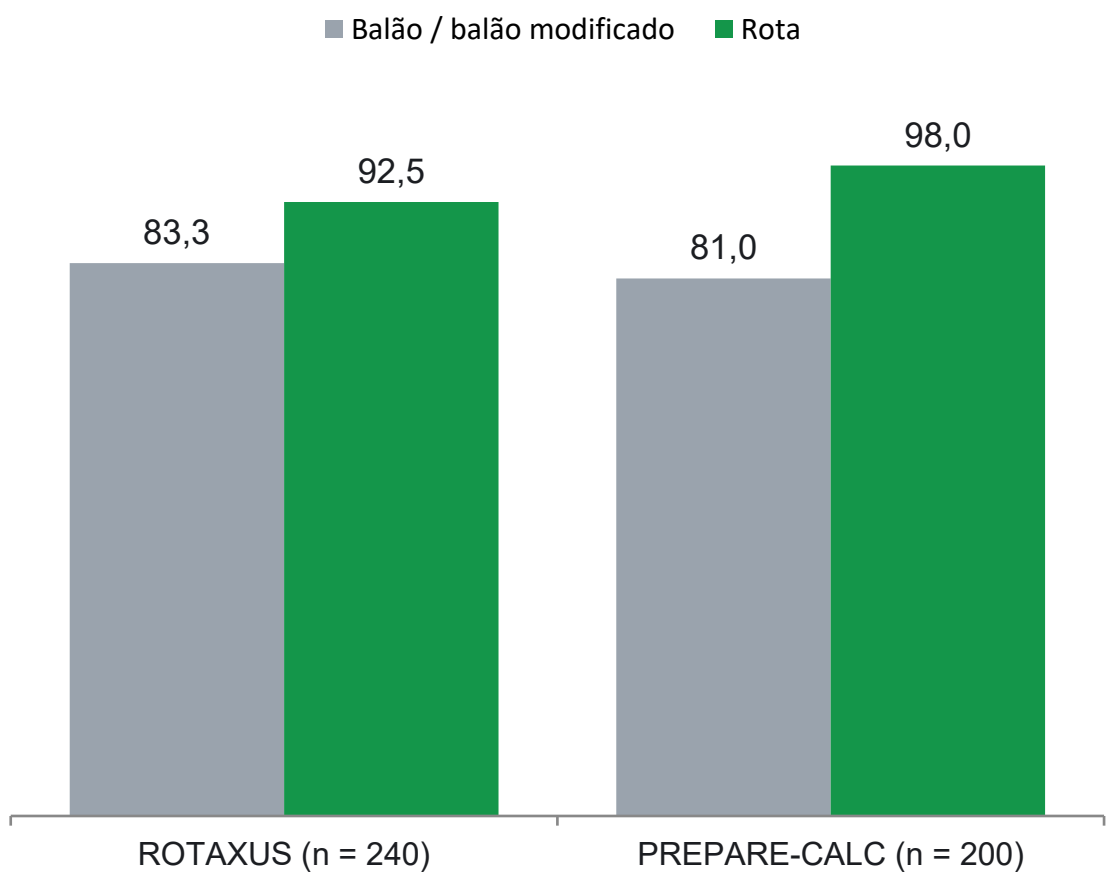


Datas de publicação/apresentação principal. Referências completas no final.

Rota de rotina vs balões: ROTAXUS e PREPARE-CALC

EVIDÊNCIAS

Sucesso da estratégia (%)



	ROTAXUS (2013)	PREPARE-CALC (2018)
Controle	Balão convencional	Cutting / scoring
Crossover	4,2% vs 12,5%	0% vs 16%
Perda luminal tardia	0,44 vs 0,31 mm (pior com Rota; p = 0,04)	Não inferior
Eventos	MACE 9 m: 24,2% vs 28,3% (NS)	TVF 9 m: semelhante

Mensagem

Rota aumenta o sucesso da estratégia (menos crossover), sem benefício clínico consistente de rotina. Balão com Rota “provisional” continua sendo a estratégia padrão. PREPARE-CALC em 5 anos: menos revascularização com Rota.

Abdel-Wahab M et al. (ROTAXUS) JACC Cardiovasc Interv 2013;6:10-9 · Abdel-Wahab M et al. (PREPARE-CALC) Circ Cardiovasc Interv 2018 · PREPARE-CALC 5 anos: Clin Res Cardiol 2024

ECLIPSE: orbital de rotina vs balão

EVIDÊNCIAS

2.005

pacientes, 104 centros (EUA) · cálcio grave, lesões cruzáveis por balão

11,5% vs 10,0%

TVF em 1 ano (HR 1,16; p = 0,28)

NS

área mínima do stent no local de maior cálcio

62%

dos casos com imagem intravascular

Outros achados

- Morte cardíaca em 30 dias: **0,8% vs 0,0%** (p = 0,005) no braço orbital
- Mais contraste e procedimentos mais longos com orbital
- Análise da imagem: **TVF 9,3% (com imagem) vs 13,2% (angiografia)**; HR ajustado 0,74 (observacional)

Como interpretar

- Em lesões **cruzáveis por balão** e com **imagem**, a estratégia balão é adequada
- **Não** vale para lesão não cruzável ou não dilatável — foram excluídas
- Orbital continua útil **seletivamente**, guiada por imagem

Kirtane AJ et al. (ECLIPSE) Lancet 2025;405:1240-51 · ECLIPSE OCT substudy, Circ Cardiovasc Interv 2025 · Subanálise de imagem, ScienceDirect 2025

IVL e comparações

EVIDÊNCIAS

Trial	Comparação	n	Desfecho primário	Resultado	Destaques
ROTA.shock (2023)	IVL vs Rota	70	Área mínima do stent (OCT)	6,10 vs 6,60 mm² → IVL não inferior	Expansão semelhante
ICARE OFDI (2026)	IVL vs Rota	169	Área mínima do stent (OFDI)	6,0 vs 5,9 mm² → IVL não inferior	Má aposição maior com Rota (80,2% vs 57,8%); TLF 1 ano: Rota 1,2% vs IVL 2,4% (NS)
Short-CUT (2025)	Cutting vs IVL	413	Área mínima do stent (IVUS)	8,0 vs 8,6 mm² → cutting não inferior	Sem Rota prévia: cutting NÃO atingiu não inferioridade; economia ~US$ 3.600/caso
VICTORY (2025)	OPN vs IVL	282	Expansão do stent (OCT)	Semelhante → OPN não inferior	Seguimento de 30 dias

Short-CUT: IVL com 8,5 ± 3,8 insuflações a 5,5 atm vs cutting com 3,8 ± 2,5 a 17 atm (mediana de 90 pulsos) → mecanismos diferentes chegando a stents semelhantes. Todos com desfechos substitutos e seguimento curto.

Blachutzik F et al. (ROTA.shock) Catheter Cardiovasc Interv 2023;102:823-33 · ICARE OFDI: EuroIntervention 2026 · Baron SJ, Short-CUT, TCT 2025 · Bossard M, VICTORY, TCT 2025

Registros e meta-análise

EVIDÊNCIAS

Disrupt CAD (IVL, braço único)

92,4%

sucesso do procedimento (Disrupt CAD III)

92,2%

livre de MACE em 30 dias (Disrupt CAD III)

13,8%

MACE em 1 ano — dirigido por IAM não Q

0

perfurações, oclusão abrupta ou no-reflow associadas à IVL (análise combinada, n = 628)

Braço único, sem controle: mostram segurança e factibilidade — não superioridade

Meta-análise de RCTs (2025)

A evidência sobre técnicas de preparo em lesões calcificadas é subdimensionada e de baixa certeza. São necessários RCTs com poder para desfechos clínicos.

O que isso significa na prática

Não existe "o melhor dispositivo". Existe o dispositivo certo para a lesão, escolhido pela imagem, e confirmado pela expansão final do stent.

Hill JM et al. (Disrupt CAD III) J Am Coll Cardiol 2020;76:2635-46 · Kereiakes DJ et al. Pooled Disrupt CAD. JACC Cardiovasc Interv 2021 · Kristensen AT et al. Interv Cardiol Rev 2025;20:e31

Complicações por dispositivo

COMPLICAÇÕES E SITUAÇÕES ESPECIAIS

Complicação	Mais associada a	Prevenção	Manejo imediato
Slow-flow / no-reflow	Rota (menos com orbital)	Broca pequena, corridas curtas, pausas, coquetel, evitar quedas de rotação	Parar; vasodilatador intracoronário (idealmente por microcateter); suporte hemodinâmico
Broca presa	Rota	Pecking, não empurrar, step-up, não rotar stent	Ver algoritmo (próximo slide)
Perfuração	Aterectomia, OPN, laser	Relação broca/artéria adequada, fio fora de ramos finos, atenção a vaso angulado/excêntrico	Balão prolongado, reverter heparina se indicado, stent recoberto, pericardiocentese
Dissecção	Balões (SC/NC), aterectomia	Preparo antes de alta pressão; cutting subdimensionado	Parar aterectomia; stent
Bradicardia / BAV	Rota em CD e CX dominante	Broca pequena, corridas curtas; considerar MP	Atropina, MP temporário
Fratura do fio	Rota	Mola distal, fora de ramos, sem pontos de dobra	Retirada percutânea/cirúrgica

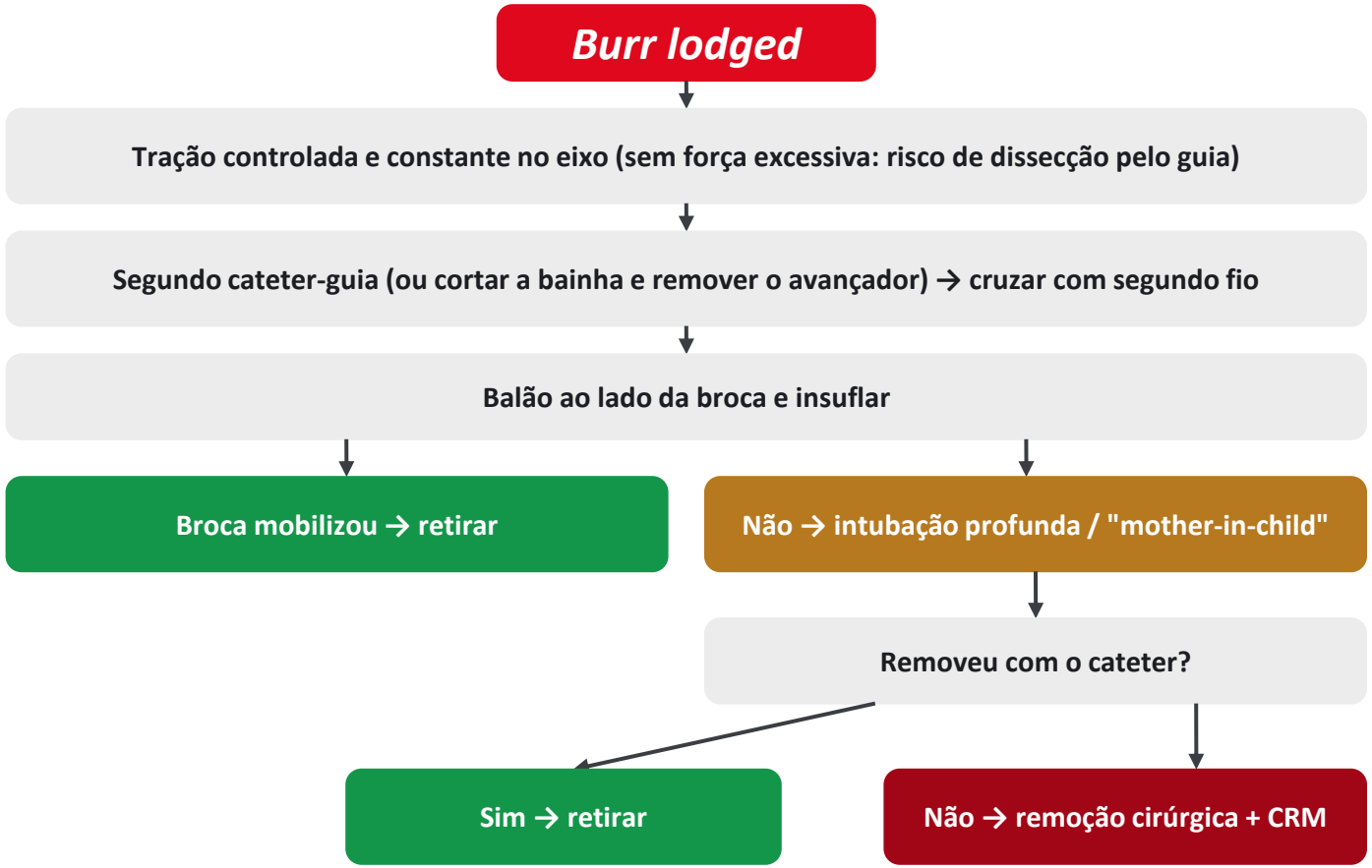
Barbato E et al. European expert consensus on RA. EuroIntervention 2015 · Sharma SK et al. Circ Cardiovasc Interv 2019 · Riley RF et al. JSCAI 2024;3:101259

Ogiva presa: prevenção e resgate

COMPLICAÇÕES E SITUAÇÕES ESPECIAIS

Por que acontece

- Broca passa a lesão **sem ablação suficiente** (avanço agressivo) e não consegue voltar: **a parte proximal é lisa**
- Rotação **baixa** (< 135 mil rpm) e **quedas** grandes
- Rota **dentro de stent**
- **Prevenção**: pecking, corridas curtas, brocas pequenas, nunca parar a rotação dentro da lesão
- **Não** tentar religar a broca presa



Redesenhado a partir de Barbato E et al. European expert consensus on RA. EuroIntervention 2015 (algoritmo de broca presa) · Sharma SK et al. Circ Cardiovasc Interv 2019

Situações especiais (I)

COMPLICAÇÕES E SITUAÇÕES ESPECIAIS

Reestenose / stent subexpandido

- Imagem antes de tudo: **hiperplasia** vs **subexpansão** vs **neoaterosclerose calcificada**
- Subexpansão por cálcio: NC 1:1, **OPN**, **IVL (off-label)**, **laser com contraste**
- Rota de hastes: **desencorajada** (risco de broca presa)
- Rota em RIS só se o problema for **tecido**, não subexpansão

Lesões ostiais

- Aorto-ostial: Rota com **RotaWire Extra Support**; guia coaxial estável
- Cutting (alta pressão) ou IVL também funcionam
- Orbital: atenção ao risco de dissecção da aorta em ostiais
- IVUS preferível ao OCT no óstio

Bifurcações

- Mesmos princípios de modificação
- Rota: **retirar o fio do ramo lateral** (a broca pode cortá-lo); se precisar proteger, usar microcateter
- Começar pelo ramo mais doente
- Cuidado com Rota/IVL em ramos < 2,5 mm

Barbato E et al. European expert consensus on RA. EuroIntervention 2015 · Riley RF et al. JSCAI 2024;3:101259 · Riley 2024: subexpansão = arco > 180° e > 5 mm; neoaterosclerose com nódulos em 10% aos 7 anos e 20% aos 10 anos

Situações especiais (II)

COMPLICAÇÕES E SITUAÇÕES ESPECIAIS

Tronco não protegido

- Rota em TCE: **off-label**, mas pode ser a única opção em alto risco
- Step-up cauteloso começando com **1,25 mm**
- IVL: factível e segura em TCE em registros
- Imagem obrigatória (IVUS)

CTO

- Cálcio na capa proximal: mais falha de cruzamento
- Fio cruzou, balão não: **Rota 1,25 mm** (troca via microcateter) ou **laser**
- Evitar Rota após dissecção extensa (espaço subintimal)
- IVL após cruzamento em lesão calcificada

Pós-CRM

- Nativas proximais às anastomoses: **mais cálcio**, mais nódulos e mais remodelamento negativo
- Enxertos de veia: **contraindicação** à Rota e à orbital

SCA e DCB

- **Trombo** = contraindicação à aterectomia
- Nódulo eruptivo: preferir NC/IVL
- DCB exige **preparo ótimo**: o cálcio é o principal limitante

Barbato E et al. European expert consensus on RA. EuroIntervention 2015 · Riley RF et al. JSCAI 2024;3:101259 · Fezzi S et al. DCB-ARC. Eur Heart J / J Am Coll Cardiol 2025

Questão 1

PROVA SBHCI 2020

Com relação às lesões calcificadas avaliadas por imagem intracoronária, analise as assertivas:

I. Arco de cálcio > 180° e cálcio com mais de 0,5 mm de espessura, aferida pela OCT, são critérios associados a maior risco de expansão inadequada do stent.

II. Arco de cálcio > 180° e ausência de fratura de cálcio após pré-dilatação, identificados por qualquer método de imagem, recomendam uma estratégia mais agressiva de preparo antes do stent.

III. Os arcos de reverberação observados pelo IVUS após aterectomia rotacional em lesão calcificada são indicativos de que a ateroablação foi eficaz.

A) Apenas a assertiva I está correta.

B) Apenas a assertiva II está correta.

C) Apenas as assertivas II e III estão corretas.

D) Apenas as assertivas I e II estão corretas.

E) As assertivas I, II e III estão corretas.

Gabarito oficial: D

Questão 1

PROVA SBHCI 2020

Com relação às lesões calcificadas avaliadas por imagem intracoronária, analise as assertivas:

I. Arco de cálcio > 180° e cálcio com mais de 0,5 mm de espessura, aferida pela OCT, são critérios associados a maior risco de expansão inadequada do stent.

II. Arco de cálcio > 180° e ausência de fratura de cálcio após pré-dilatação, identificados por qualquer método de imagem, recomendam uma estratégia mais agressiva de preparo antes do stent.

III. Os arcos de reverberação observados pelo IVUS após aterectomia rotacional em lesão calcificada são indicativos de que a ateroablação foi eficaz.

~~A) Apenas a assertiva I está correta.~~

~~B) Apenas a assertiva II está correta.~~

~~C) Apenas as assertivas II e III estão corretas.~~

D) Apenas as assertivas I e II estão corretas.

~~E) As assertivas I, II e III estão corretas.~~

Gabarito oficial: D

Questão 2

PROVA SBHCI 2021

Analise as afirmações a seguir e, segundo o atual Consenso Europeu para aterectomia rotacional, assinale a alternativa CORRETA:

A) A realização de ultrassom intracoronário após aterectomia rotacional é fundamental para verificar se ocorreu ruptura da placa calcificada.

B) Quando se utilizam olivas de 1,25 mm, é recomendada uma velocidade próxima a 135.000 rpm para evitar aprisionamento da oliva na placa calcificada.

C) É recomendada a utilização de aterectomia rotacional para modificação da placa, usualmente com velocidades entre 135.000 rpm e 180.000 rpm, para reduzir o risco de complicações.

D) É contraindicado o uso de aterectomia rotacional para o tratamento de reestenose intrastent decorrente de má expansão.

Gabarito oficial: C

Questão 2

PROVA SBHCI 2021

Analise as afirmações a seguir e, segundo o atual Consenso Europeu para aterectomia rotacional, assinale a alternativa CORRETA:

A) ~~A realização de ultrassom intracoronário após aterectomia rotacional é fundamental para verificar se ocorreu ruptura da placa calcificada.~~

B) ~~Quando se utilizam olivas de 1,25 mm, é recomendada uma velocidade próxima a 135.000 rpm para evitar aprisionamento da oliva na placa calcificada.~~

C) É recomendada a utilização de aterectomia rotacional para modificação da placa, usualmente com velocidades entre 135.000 rpm e 180.000 rpm, para reduzir o risco de complicações.

D) ~~É contraindicado o uso de aterectomia rotacional para o tratamento de reestenose intrastent decorrente de má expansão.~~

Gabarito oficial: C

Questão 3

PROVA SBHCI 2023

As lesões coronárias intensamente calcificadas apresentam maiores riscos de trombose e reestenose do stent em decorrência de sua expansão incompleta. A litotripsia intravascular (LIV) é uma terapia inovadora para tratamento de lesões calcificadas graves. Assinale a alternativa CORRETA:

A) A litotripsia coronária não permite tratar lesões calcificadas longas (> 10 mm), em decorrência da limitação do comprimento do balão (12 mm).

B) No preparo para litotripsia intracoronária, não é necessária a desaeração completa do balão, pois a presença de ar aumenta a eficácia do procedimento.

C) Não é recomendada pré-dilatação com balões de angioplastia de baixo perfil ou aterectomia rotacional para facilitar o posicionamento do cateter de litotripsia coronária sob a lesão.

D) A litotripsia coronária causa fraturas em múltiplos planos no cálcio tanto superficial como profundo.

Gabarito oficial: D

Questão 3

PROVA SBHCI 2023

As lesões coronárias intensamente calcificadas apresentam maiores riscos de trombose e reestenose do stent em decorrência de sua expansão incompleta. A litotripsia intravascular (LIV) é uma terapia inovadora para tratamento de lesões calcificadas graves. Assinale a alternativa CORRETA:

A) ~~A litotripsia coronária não permite tratar lesões calcificadas longas (> 10 mm), em decorrência da limitação do comprimento do balão (12 mm).~~

B) ~~No preparo para litotripsia intracoronária, não é necessária a desaeração completa do balão, pois a presença de ar aumenta a eficácia do procedimento.~~

C) ~~Não é recomendada pré-dilatação com balões de angioplastia de baixo perfil ou aterectomia rotacional para facilitar o posicionamento do cateter de litotripsia coronária sob a lesão.~~

D) A litotripsia coronária causa fraturas em múltiplos planos no cálcio tanto superficial como profundo.

Gabarito oficial: D

Questão 4

PROVA SBHCI 2023

Analise as afirmações a seguir, no que se refere a lesões coronárias calcificadas, e assinale a alternativa CORRETA:

A) A presença de arco de cálcio > 270°, comprimento da lesão calcificada > 5 mm e espessura ≥ 0,5 mm avaliada pelo ultrassom intracoronário e pela OCT caracteriza calcificação grave.

B) A angiografia é capaz de definir somente a calcificação coronária moderada ou grave durante o ciclo cardíaco antes da injeção do contraste.

C) Uma artéria coronária remodelada positivamente com placas fibrocalcificadas é um marcador de estabilidade, e não um fator de risco para eventos agudos.

D) Ao contrário do ultrassom, a luz penetra no cálcio, então a OCT pode avaliar a profundidade, a área e o volume do cálcio, além do arco e do comprimento do cálcio.

Gabarito oficial: D

Questão 4

PROVA SBHCI 2023

Analise as afirmações a seguir, no que se refere a lesões coronárias calcificadas, e assinale a alternativa CORRETA:

A) ~~A presença de arco de cálcio > 270°, comprimento da lesão calcificada > 5 mm e espessura ≥ 0,5 mm avaliada pelo ultrassom intracoronário e pela OCT caracteriza calcificação grave.~~

B) ~~A angiografia é capaz de definir somente a calcificação coronária moderada ou grave durante o ciclo cardíaco antes da injeção do contraste.~~

C) ~~Uma artéria coronária remodelada positivamente com placas fibrocalcificadas é um marcador de estabilidade, e não um fator de risco para eventos agudos.~~

D) Ao contrário do ultrassom, a luz penetra no cálcio, então a OCT pode avaliar a profundidade, a área e o volume do cálcio, além do arco e do comprimento do cálcio.

Gabarito oficial: D

Questão 5

PROVA SBHCI 2025

Analise as afirmações a seguir e, no que se refere às recomendações relacionadas à técnica adequada para a realização de aterectomia rotacional, assinale a alternativa CORRETA:

A) O objetivo atual da aterectomia rotacional é a modificação da placa na maioria das lesões calcificadas, à exceção das lesões aorto-ostiais.

B) É recomendada, como estratégia inicial, a modificação da placa com olivas maiores (> 1,5 mm). Olivas menores, a baixas velocidades, acarretam menor impacto no bloqueio cardíaco transitório.

C) A modificação da placa é realizada, preferencialmente, em altas velocidades (180.000 a 200.000 rpm), por 30 a 45 segundos, para reduzir o risco de complicações.

D) Para prevenir a fratura do fio-guia durante as corridas de ablação, deve-se posicionar a ponta radiopaca do RotaWire tão distal quanto possível do segmento-alvo, evitando vasos de calibre fino.

Gabarito oficial: D

Questão 5

PROVA SBHCI 2025

Analise as afirmações a seguir e, no que se refere às recomendações relacionadas à técnica adequada para a realização de aterectomia rotacional, assinale a alternativa CORRETA:

A) ~~O objetivo atual da aterectomia rotacional é a modificação da placa na maioria das lesões calcificadas, à exceção das lesões aorto-ostiais.~~

B) ~~É recomendada, como estratégia inicial, a modificação da placa com olivas maiores (> 1,5 mm). Olivas menores, a baixas velocidades, acarretam menor impacto no bloqueio cardíaco transitório.~~

C) ~~A modificação da placa é realizada, preferencialmente, em altas velocidades (180.000 a 200.000 rpm), por 30 a 45 segundos, para reduzir o risco de complicações.~~

D) Para prevenir a fratura do fio-guia durante as corridas de ablação, deve-se posicionar a ponta radiopaca do RotaWire tão distal quanto possível do segmento-alvo, evitando vasos de calibre fino.

Gabarito oficial: D

Referências

1. Riley RF, Patel MP, Abbott JD, et al. SCAI Expert Consensus Statement on the Management of Calcified Coronary Lesions. J Soc Cardiovasc Angiogr Interv 2024;3:101259.
2. Barbato E, Gallinoro E, Abdel-Wahab M, et al. Management strategies for heavily calcified coronary stenoses: an EAPCI clinical consensus statement in collaboration with the EURO4C-PCR group. Eur Heart J 2023;44:4340-56.
3. Pesarini G, Hellig F, Seth A, Shlofmitz RA, Ribichini FL. Percutaneous coronary intervention for calcified and resistant lesions. EuroIntervention 2025;21:e339-55.
4. Barbato E, Carrié D, Dardas P, et al. European expert consensus on rotational atherectomy. EuroIntervention 2015.
5. Vrints C, Andreotti F, Koskinas KC, et al. 2024 ESC Guidelines for the management of chronic coronary syndromes. Eur Heart J 2024;45:3415-537.
6. Fujino A, Mintz GS, Matsumura M, et al. A new optical coherence tomography-based calcium scoring system to predict stent underexpansion. EuroIntervention 2018;13:e2182-9.
7. Zhang M, Matsumura M, Usui E, et al. Intravascular ultrasound-derived calcium score to predict stent expansion in severely calcified lesions. Circ Cardiovasc Interv 2021;14:e010296.
8. Abdel-Wahab M, Richardt G, Büttner HJ, et al. High-speed rotational atherectomy before paclitaxel-eluting stent implantation in complex calcified coronary lesions: the randomized ROTAXUS trial. JACC Cardiovasc Interv 2013;6:10-9.
9. Kirtane AJ, Généreux P, Lewis B, et al. Orbital atherectomy versus balloon angioplasty before DES implantation in severely calcified lesions (ECLIPSE). Lancet 2025;405:1240-51.
10. Hill JM, Kereiakes DJ, Shlofmitz RA, et al. Intravascular lithotripsy for treatment of severely calcified coronary artery disease (Disrupt CAD III). J Am Coll Cardiol 2020;76:2635-46.
11. Kereiakes DJ, et al. Intravascular lithotripsy for treatment of calcified coronary lesions: patient-level pooled analysis of the Disrupt CAD studies. JACC Cardiovasc Interv 2021.
12. Kereiakes DJ, et al. Principles of intravascular lithotripsy for calcific plaque modification. JACC Cardiovasc Interv 2021.
13. Blachutzik F, et al. Coronary intravascular lithotripsy and rotational atherectomy for severely calcified stenosis: the ROTA.shock trial. Catheter Cardiovasc Interv 2023;102:823-33.
14. Sharma SK, et al. Rotational atherectomy combined with cutting balloon to optimise stent expansion in calcified lesions: the ROTA-CUT randomised trial. EuroIntervention 2023.
15. Bossard M. VICTORY: intravascular lithotripsy vs super-high-pressure noncompliant balloons for calcified and refractory coronary lesions. TCT 2025 (Late-Breaking Clinical Trial).
16. Kristensen AT, Faltermeier P, Kamp CB, et al. Percutaneous coronary interventions for calcified lesions: systematic review with meta-analyses of randomised trials. Interv Cardiol Rev 2025;20:e31.
17. ORACLE (orbital vs rotational atherectomy and the coronary microcirculation). EuroPCR 2026 · Dual-Prep registry. Cardiovasc Interv Ther 2025;40:553-64