



## Quando a Mágica Acontece: Stents Bioabsorvíveis no Combate à Doença Arterial Coronariana

Leonardo Figueira Reis de Sá<sup>1</sup>, Marcos Fernandes da Silva<sup>2</sup>, Carlos Henrique Barbosa Rozeira<sup>3</sup>, Célio Honório Lopes Júnior<sup>4</sup>, Mayckow Carvalho da Silva Oliveira<sup>5</sup>, Rony Anderson Matos Modesto<sup>6</sup>, Pietra Araújo Calheiros de Lima<sup>7</sup>, Marcos Loureiro Meireles Avila<sup>8</sup>, Millena Quintanilha De Freitas Pombo<sup>9</sup>, Izabella Macedo Rodrigues<sup>10</sup>, João Márcio Cardozo Santos<sup>11</sup>, Wellington dos Santos Madeira<sup>12</sup>, Renata Aloíde Nunes Rodrigues Marques<sup>13</sup>, Alda Cristina da Silva leite de Souza<sup>14</sup>, Amanda Caixeta Magalhães<sup>15</sup>



<https://doi.org/10.36557/2674-8169.2024v6n9p3072-3087>

Artigo recebido em 26 de Julho e publicado em 16 de Setembro

### ARTIGO ORIGINAL

#### RESUMO

A Doença Arterial Coronariana (DAC) é uma das principais causas de mortalidade global, caracterizada pela formação de placas ateroscleróticas que obstruem as artérias coronárias e reduzem o fluxo sanguíneo para o coração, resultando em angina, infarto do miocárdio e morte súbita. No Brasil, a DAC é responsável por aproximadamente 140 mil mortes anuais e a incidência de infartos do miocárdio tem aumentado. Embora os *stents* metálicos tenham revolucionado o tratamento da DAC, eles enfrentam problemas como reestenose e a necessidade de uso prolongado de antiplaquetários. Os *stents* bioabsorvíveis surgem como uma inovação, oferecendo suporte temporário durante o processo de cicatrização e sendo posteriormente reabsorvidos pelo corpo. Este artigo analisa os avanços dos *stents* bioabsorvíveis, comparando-os com os *stents* metálicos e farmacológicos, e discute os desafios clínicos e as perspectivas futuras dessa tecnologia. A pesquisa foi realizada por meio de uma revisão crítica e integrativa da literatura científica sobre o desenvolvimento e a eficácia dos *stents*, buscando sintetizar o conhecimento existente e oferecer uma visão abrangente sobre o impacto dos *stents* bioabsorvíveis na cardiologia moderna.

**Palavras-chave:** Doença Arterial Coronariana (DAC), *Stents* Bioabsorvíveis, *Stents* Farmacológicos, Angioplastia Coronária, Tecnologia Cardiovascular, Intervenção Coronária Percutânea (ICP)

# When Magic Happens: Bioabsorbable Stents in the Fight Against Coronary Artery Disease

## ABSTRACT

Coronary Artery Disease (CAD) is one of the leading causes of global mortality, characterized by the formation of atherosclerotic plaques that obstruct the coronary arteries and reduce blood flow to the heart, resulting in angina, myocardial infarction, and sudden death. In Brazil, CAD accounts for approximately 140,000 deaths annually, and the incidence of myocardial infarctions has been increasing. Although metal stents have revolutionized CAD treatment, they face issues such as restenosis and the need for prolonged use of antiplatelet agents. Bioabsorbable stents have emerged as an innovation, offering temporary support during the healing process and being subsequently absorbed by the body. This article examines the advancements in bioabsorbable stents, comparing them with metal and drug-eluting stents, and discusses the clinical challenges and future prospects of this technology. The research was conducted through a critical and integrative review of the scientific literature on the development and efficacy of stents, aiming to synthesize existing knowledge and provide a comprehensive view of the impact of bioabsorbable stents on modern cardiology.

**Keywords:** Coronary Artery Disease (CAD), Bioabsorbable Stents, Drug-Eluting Stents, Coronary Angioplasty, Cardiovascular Technology, Percutaneous Coronary Intervention (PCI)

**Instituição afiliada** – <sup>1</sup>Professor Universitário nos cursos de Medicina e Nutrição - Unig-Campus Graduação em Ciências Biológicas (UENF); Especialização em Análises Clínicas e Toxicológicas (SUPREMA); Mestrado e Doutorado em Biociências e Biotecnologia (LQFPP/UENF), leofig.reis@gmail.com; <sup>2</sup>Enfermeiro, Graduando em Medicina pela Faculdade Metropolitana São Carlos (FAMESC), Pós graduado em Auditoria em Saúde (UNIVES) e Terapia Intensiva (UNIG), marco\_s\_silva@hotmail.com; <sup>3</sup>Psicólogo, Mestre em Ensino pela Universidade Federal Fluminense (UFF), Pós graduado em Auditoria em Saúde (UNIVES) e em Neuropsicopedagogia Institucional, Clínica e Hospitalar (FAMART), ariezor@hotmail.com; <sup>4</sup>Médico, Graduado pelo Centro Universitário Atenas (UniAtenas), celiojunior1998@outlook.com; <sup>5</sup> Enfermeiro, Acadêmico de Medicina pela Unigranrio, enfermeiromayckow@hotmail.com; <sup>6</sup>Fisioterapeuta; Pós graduando em Osteopatia - Escola de Osteopatia Madrid, rony.mmodesto@gmail.com, <sup>7</sup>Acadêmica de Medicina pela Universidade Federal do Amazonas (UFAM), pierracalheiros@gmail.com; <sup>8</sup>Graduando em Medicina pela Faculdade Metropolitana São Carlos (FAMESC), marcosavila.mg@gmail.com; <sup>9</sup>Acadêmica de Medicina pela Unigranrio, millenaquintanilha@gmail.com; <sup>10</sup>Acadêmica de Enfermagem pela UniRedentor – AFYA, izabellamrodrigues2001@gmail.com; <sup>11</sup>Graduando em Medicina pela Faculdade Metropolitana São Carlos – FAMESC, joaomarcio.cardozo@gmail.com; <sup>12</sup>Graduando em Medicina pela Faculdade Metropolitana São Carlos – FAMESC, wellingtonmadeira2@hotmail.com; <sup>13</sup>Graduando em Medicina pelo UNIPÊ - Centro Universitário - Campus João Pessoa, renata.aloide2@gmail.com; <sup>14</sup>Acadêmica de Enfermagem pela universidade Uniredentor Afya, aldacsleite@gmail.com; <sup>15</sup>Graduada em Medicina pela Escola Superior de Ciências da Saúde (ESCS), amanda.caixeta1234@gmail.com

**Autor correspondente** Leonardo Figueira Reis de Sá, [leofig.reis@gmail.com](mailto:leofig.reis@gmail.com)

This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).





## INTRODUÇÃO

A Doença Arterial Coronariana (DAC) é uma das principais causas de mortalidade global, afetando milhões de pessoas anualmente. Essa condição é caracterizada pela formação de placas ateroscleróticas nas artérias coronárias, que reduzem o fluxo sanguíneo para o coração, resultando em angina, infarto do miocárdio (IAM) e, em muitos casos, morte súbita. Segundo o DATASUS, o Brasil registra aproximadamente 140 mil mortes anuais devido à DAC (Ramos, 2013), e a incidência de IAM aumentou em 48% desde 2013, com uma projeção preocupante de que essa condição se torne a principal causa isolada de morte no país (Anzai *et al.*, 2017).

Nas últimas décadas, os avanços na intervenção coronariana percutânea (ICP), especialmente o uso de *stents*, revolucionaram o tratamento da DAC. A implantação de *stents* metálicos, por meio da angioplastia, tem sido eficaz em melhorar a sobrevida e aliviar sintomas, mas apresenta limitações como a reestenose e a necessidade de tratamentos prolongados com antiplaquetários.

Neste cenário, os *stents* bioabsorvíveis surgem como uma solução inovadora, oferecendo suporte temporário às artérias durante o processo de cicatrização, para depois serem reabsorvidos pelo corpo. Desde o primeiro lançamento em 2011, esses dispositivos têm sido amplamente estudados quanto à sua eficácia e segurança no combate à DAC. Após a aprovação pela ANVISA em 2015, o uso dos *stents* bioabsorvíveis se expandiu, motivando a busca por novas soluções que evitem as complicações de longo prazo associadas aos *stents* permanentes.

Este artigo tem como objetivo analisar os avanços nos *stents* bioabsorvíveis, comparando suas vantagens e limitações em relação aos *stents* metálicos. Além disso, discutiremos os desafios enfrentados na prática clínica e exploraremos as perspectivas futuras para o tratamento da DAC com essa tecnologia emergente. Ao revisar a literatura atual e ensaios clínicos relevantes, esperamos oferecer uma visão abrangente sobre o impacto dos *stents* bioabsorvíveis na cardiologia moderna.

## METODOLOGIA

Compreender os avanços no uso de *stents* coronários e refletir sobre sua evolução ao longo do tempo é essencial para projetar inovações futuras nesse campo. Ao analisarmos a trajetória histórica dos dispositivos médicos, podemos identificar padrões e tendências que nos auxiliam a prever o futuro do tratamento cardiovascular. Essa análise retrospectiva permite avaliar criticamente o desenvolvimento dos *stents*, reconhecendo momentos de transição tecnológica e inovações disruptivas que moldaram o setor.

A evolução dos *stents*, particularmente com a introdução de novas tecnologias, como polímeros biodegradáveis e hastes mais finas, representa uma ruptura com paradigmas anteriores, conforme descrito por Kuhn (1997). A superação de limitações,



como a biocompatibilidade dos materiais e a eficácia no tratamento de reestenose e trombose, é resultado de novas propostas e avanços epistemológicos. Essas inovações, impulsionadas por novas perspectivas, permitem que a ciência cardiovascular continue progredindo, abrindo caminho para melhorias futuras no tratamento de doenças coronarianas.

Com base nas orientações de Cervo, Bervian e Silva (2007), este estudo classifica-se como uma pesquisa básica e teórica, com o objetivo de expandir o conhecimento científico acerca do desenvolvimento de *stents* coronários, em especial os de nova geração. O estudo é de caráter exploratório e qualitativo, embasado na revisão da literatura científica sobre os avanços, desafios e perspectivas dos *stents* farmacológicos e bioabsorvíveis.

A pesquisa consiste em uma revisão crítica e integrativa de informações provenientes de estudos científicos relevantes. Nosso objetivo foi sintetizar o conhecimento existente e oferecer uma visão abrangente e crítica sobre as melhorias nos *stents* coronários e os resultados clínicos associados ao seu uso.

Para realizar a revisão bibliográfica, foi necessário um mapeamento de algumas contribuições teóricas e práticas sobre a temática, com uma análise comparativa dos diferentes tipos de *stents* e sua eficácia clínica. A pesquisa bibliográfica, como descrito por Macedo (1994, p. 13), envolveu uma varredura do que existe sobre o tema e a análise de fontes acadêmicas e científicas que tratam da evolução dos *stents*.

A busca pelos estudos foi realizada em bases de dados reconhecidas, como Google Scholar, Scopus e Web of Science. Utilizamos termos específicos e descritores como "*stents* farmacológicos", "*stents* bioabsorvíveis", "evolução dos *stents*" e "polímeros biodegradáveis", visando delimitar os parâmetros de seleção dos artigos mais relevantes. A análise abordou desde a introdução dos *stents* metálicos até os mais recentes avanços, como os *stents* de segunda e terceira geração.

Para a seleção dos artigos incluídos nesta revisão, foram estabelecidos critérios de inclusão e exclusão. Consideramos estudos que abordam o desenvolvimento tecnológico dos *stents*, incluindo a evolução dos materiais utilizados, as novas estratégias terapêuticas e os resultados clínicos. Incluímos artigos em português e inglês que apresentaram dados relevantes sobre a temática. Estudos que não apresentam uma abordagem clara, ou que não estejam disponíveis em formato digital ou nas línguas mencionadas, foram excluídos. Esses critérios foram rigorosamente aplicados para garantir a relevância e a consistência das informações analisadas.

Adicionalmente, para esclarecer pontos específicos, foram realizadas buscas complementares no Google, permitindo acesso a fontes mais recentes e diversificadas. Conforme mencionado por Rozeira *et al.* (2023), a exploração de novas abordagens e conceitos é essencial para ampliar a compreensão sobre o tema, oferecendo *insights* para o avanço da ciência. A incorporação de novos conhecimentos revelou-se fundamental para fortalecer a estrutura deste estudo e proporcionar conclusões.

## RESULTADOS

### 1. Doença Arterial Coronariana (DAC)

A Doença Arterial Coronariana (DAC) é uma condição caracterizada pela obstrução das artérias coronárias devido à formação de placas ateroscleróticas, resultando em comprometimento do fluxo sanguíneo para o músculo cardíaco. A fisiopatologia da DAC envolve um processo crônico de inflamação e deposição de lipídios nas paredes arteriais, que evolui ao longo de décadas. Segundo Fuster e Walsh (2017), a aterosclerose começa com o acúmulo de lipoproteínas de baixa densidade (LDL) nas paredes das artérias, o que desencadeia uma resposta inflamatória mediada por células imunes. Ao longo do tempo, essa inflamação contínua leva à formação de placas ateroscleróticas, que podem se romper, causando trombose e consequente oclusão das artérias coronárias.

Entre os principais fatores de risco associados à DAC estão a hipertensão arterial, dislipidemia, diabetes mellitus, tabagismo, sedentarismo e obesidade. Fuster e Walsh (2017) destacam que esses fatores contribuem para o desenvolvimento e a progressão da aterosclerose, sendo amplamente modificáveis por meio de intervenções comportamentais e farmacológicas. A idade avançada, o histórico familiar de doenças cardíacas e o sexo masculino também são fatores de risco, embora não possam ser alterados. A prevenção da DAC está, portanto, fortemente associada ao controle desses fatores, com ênfase em mudanças no estilo de vida e o uso de medicamentos específicos para reduzir os níveis de colesterol, pressão arterial e glicose.

A DAC representa um grave problema de saúde pública global. De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS), as doenças cardiovasculares, incluindo a DAC, são responsáveis por aproximadamente 17,9 milhões de mortes por ano, representando 32% de todas as mortes no mundo. O impacto socioeconômico é significativo, com elevados custos hospitalares e perda de produtividade devido a incapacidades permanentes ou temporárias causadas por infartos do miocárdio e outras complicações da doença. Conforme apontado por Fuster e Walsh (2017), o manejo da DAC envolve desde estratégias preventivas até intervenções médicas e cirúrgicas, como a implantação de *stents* e a revascularização coronária, que têm contribuído para a diminuição da mortalidade associada à doença.

### 2. A utilização de *Stents* na angioplastia coronária

Quando uma artéria coronária sofre um estreitamento, o fluxo sanguíneo é comprometido, o que pode levar a um infarto do miocárdio. Para tratar essa condição, é necessário realizar um procedimento cirúrgico conhecido como angioplastia. Durante a angioplastia, um balão é inserido na artéria para expandir a área obstruída. Em alguns casos, *stents* são utilizados para manter a artéria aberta e diminuir o risco de futuros



eventos cardíacos (Tavares *et al.*, 2014).

Em 1964, Dotter e Judkins introduziram o conceito de angioplastia utilizando um cateter de dilatação em circulação periférica, prevendo sua futura aplicação em artérias coronárias. Para enfrentar o elevado índice de reestenose observado após a angioplastia, Dotter sugeriu em 1969 o uso de uma prótese endovascular, que proporcionaria suporte às paredes dos vasos após o procedimento (Guerios *et al.*, 1998).

A angioplastia com stent é um procedimento minimamente invasivo realizado para desobstruir artérias e restaurar o fluxo sanguíneo. O processo começa com uma pequena incisão na artéria afetada, geralmente na virilha ou no braço, para a inserção de um cateter. Guiado por imagens de raios-X em tempo real, o cateter é levado até o local da obstrução. Em seguida, um balão na ponta do cateter é inflado para expandir a artéria e comprimir a placa aterosclerótica. Um stent é então colocado no local para manter o vaso sanguíneo aberto. Este procedimento é feito em um ambiente hospitalar especializado e, na maioria dos casos, não requer anestesia geral, permitindo que o paciente receba alta médica em cerca de 24 horas.

Desde a realização da primeira angioplastia coronária com balão, houve contínuas inovações nas Intervenções Coronárias Percutâneas (ICP). A principal inovação ocorreu com a introdução dos *stents* metálicos, que contribuíram para a redução das taxas de oclusão aguda associadas à angioplastia com balão (Sousa, 2014).

Assim, a angioplastia coronária é o método mais comum para tratar a doença arterial coronariana, caracterizada pela obstrução das artérias que irrigam o coração. Tradicionalmente, o procedimento utiliza *stents* metálicos, que são inseridos nas artérias por meio de um cateter introduzido pela virilha ou pelo punho, com o objetivo de desobstruí-las.

Por outro lado, os *stents* metálicos farmacológicos liberam medicação diretamente no local da obstrução nos primeiros 30 dias após o procedimento, ajudando a prevenir uma nova oclusão arterial. Esses dispositivos não apenas reabrem a artéria, mas também garantem que o medicamento atue localmente para reduzir as chances de recorrência.

## **2.1 Evolução dos Stents**

Os *stents* coronarianos desempenham um papel fundamental no tratamento da Doença Arterial Coronariana (DAC), particularmente em procedimentos de angioplastia para manter as artérias abertas após a desobstrução de placas ateroscleróticas. A evolução dos *stents* desde sua introdução na década de 1980 foi marcada por inovações tecnológicas que visaram reduzir complicações, como a reestenose e a trombose, problemas comuns nas primeiras gerações de *stents*.

O primeiro stent biodegradável polimérico considerado seguro para uso intracoronariano em humanos foi o stent de Igaki-Tamai, desenvolvido no Japão pela Igaki Medical Planning Co. Seus resultados foram inicialmente divulgados em 2000. Este

dispositivo balão-expansível, com design em ziguezague helicoidal, foi construído com monofilamento de APLL, apresentando uma espessura de 0,17 mm e comprimento de 12 mm, com diâmetros variando de 3,0 mm a 4 mm. Uma vez expandido, o stent cobre 24% da área do vaso e conta com marcas radiopacas de ouro em suas extremidades para facilitar a visualização (Brito, Abizaid e Costa, 2009).

## **2.2 Stents Metálicos e Farmacológicos**

Os primeiros *stents*, conhecidos como *stents* metálicos simples, feitos de aço inoxidável, tinham como principal função fornecer suporte mecânico às artérias após a angioplastia. Apesar de sua eficácia inicial, esses enfrentavam um problema: a reestenose, que ocorria devido à hiperplasia neointimal, um processo no qual o tecido da parede arterial crescia em excesso, levando à reobstrução da artéria. Estudos indicam que a taxa de reestenose com *stents* metálicos simples era de aproximadamente 20% a 30% dentro do primeiro ano após a implantação (Lansky *et al.*, 2010).

Para resolver o problema da reestenose, surgiram os *stents* farmacológicos (ou *stents* eluidores de fármacos), que liberavam medicamentos antiproliferativos, como o sirolimus e o paclitaxel, diretamente nas paredes arteriais. Esses medicamentos inibiam o crescimento excessivo de células musculares lisas e, assim, diminuía a incidência de reestenose para cerca de 5% a 10% (Stone *et al.*, 2016). No entanto, apesar dessa melhora significativa, os *stents* farmacológicos ainda apresentavam desafios. Um deles era a trombose tardia, uma complicação que ocorria mesmo anos após a implantação, exigindo o uso prolongado de terapia antiplaquetária, aumentando o risco de complicações hemorrágicas (Lansky *et al.*, 2010).

## **2.3 Stents Bioabsorvíveis**

Em resposta às limitações dos *stents* metálicos e farmacológicos, a tecnologia dos *stents* bioabsorvíveis foi desenvolvida com o objetivo de fornecer suporte temporário à artéria e, após cumprir essa função, ser completamente absorvida pelo organismo. O primeiro stent bioabsorvível a ser aprovado para uso clínico foi o ABSORB, feito de polímero de ácido polilático, que se dissolvia no organismo ao longo de aproximadamente dois a três anos. De acordo com Onuma e Serruys (2016), os *stents* bioabsorvíveis foram projetados para superar a necessidade de um implante permanente, permitindo que o vaso coronariano recupere sua função natural após o período crítico de cicatrização.

Os polímeros de ácido poli-L-láctico (APLL) e copolímeros de ácido poli-D-L-láctico (APDLL) têm sido amplamente utilizados em várias áreas médicas, como ortopedia e medicina estética (Brito, Abizaid e Costa, 2009). Esses materiais são semicristalinos, apresentando uma estrutura composta por frações cristalinas e amorfas, cuja proporção depende das condições térmicas e de deformação durante sua solidificação. Essas unidades poliméricas são absorvidas por meio de hidrólise, gerando



ácido láctico, que é metabolizado pelo ciclo de Krebs, e, posteriormente, as partículas resultantes são fagocitadas por macrófagos. O tempo estimado para a absorção completa do esqueleto polimérico varia entre dois e três anos, embora a absorção da cobertura ocorra mais rapidamente. Estudos iniciais documentaram reações inflamatórias significativas associadas a esses materiais, mas avanços tecnológicos reduziram consideravelmente essas complicações (Brito, Abizaid e Costa, 2009).

Os principais benefícios dos *stents* bioabsorvíveis incluem a redução do risco de complicações a longo prazo, como a trombose tardia, e a possibilidade de restabelecimento da vasomotricidade natural da artéria, uma vez que o implante desaparece com o tempo. Além disso, essa tecnologia permite maior flexibilidade para procedimentos futuros, caso seja necessária uma nova intervenção no mesmo local. Onuma e Serruys (2016) destacam que o desempenho de materiais como o APLL mostrou resultados promissores em ensaios clínicos iniciais, com taxas de reestenose comparáveis às dos *stents* farmacológicos de segunda geração.

No entanto, os *stents* bioabsorvíveis também enfrentaram desafios. Alguns estudos indicaram um risco elevado de trombose precoce em comparação com os *stents* metálicos, especialmente nos primeiros meses após a implantação (Wykrzykowska *et al.*, 2017). Esses problemas levaram ao desenvolvimento de novas gerações de *stents* bioabsorvíveis com melhorias no design e no tempo de absorção, buscando otimizar o equilíbrio entre suporte arterial e segurança do paciente.

### **3 Desafios e Perspectivas Futuras**

Os desafios enfrentados na prática clínica com a doença arterial coronariana (DAC) estão evoluindo à medida que novas tecnologias emergem, como o uso de *stents* bioabsorvíveis. Esses dispositivos oferecem a promessa de reduzir complicações a longo prazo associadas aos *stents* metálicos permanentes, incluindo reestenose e trombose tardia. No entanto, a adoção dessa tecnologia ainda enfrenta barreiras.

Um dos principais desafios na implementação clínica de *stents* bioabsorvíveis é a sua eficácia comparada aos tradicionais. Estudos recentes apontam que, apesar das vantagens teóricas, como a redução da inflamação e a restauração da função vascular natural, a taxa de complicações no curto prazo pode ser superior aos de metal. Segundo Costa *et al.* (2023), a formação de trombos e a necessidade de maior tempo de terapia antiplaquetária são obstáculos que precisam ser superados para que essa tecnologia se torne padrão no tratamento da DAC.

Além disso, a durabilidade e o custo desses dispositivos são frequentemente apontados como barreiras. De acordo com Gonçalves e Paiva (2017), o custo mais elevado dos *stents* bioabsorvíveis em comparação aos convencionais limita seu uso em larga escala, especialmente em sistemas de saúde com recursos limitados. Isso exige um equilíbrio entre os custos e benefícios para que os *stents* bioabsorvíveis possam ser amplamente adotados.



A dificuldade em alcançar o sucesso com os bioabsorvíveis na prática clínica também se deve à necessidade de uma técnica de implante extremamente precisa. Isso inclui a preparação adequada da artéria, que deve estar livre de calcificações e ser suficientemente dilatada para garantir a correta liberação do *stent*. Pequenos erros na dilatação ou colocação podem levar a complicações. Além disso, as propriedades mecânicas dos *stents* bioabsorvíveis, como menor resistência inicial, também dificultam o manuseio em comparação aos metálicos.

Para o futuro, espera-se que a pesquisa e o desenvolvimento avancem no sentido de melhorar o desempenho clínico e reduzir os custos. Além disso, a personalização dos tratamentos, utilizando dados genômicos e biomarcadores, pode aumentar a eficácia dos *stents* bioabsorvíveis, como apontam as novas abordagens terapêuticas exploradas por Gonçalves e Paiva (2017). A combinação dessa tecnologia com outras terapias emergentes, como a terapia gênica, pode representar um avanço significativo no tratamento da DAC.

#### **4 Discussão**

Os *stents* bioabsorvíveis, como o ABSORB, têm gerado grande interesse como uma alternativa promissora aos metálicos convencionais. No entanto, os resultados de ensaios clínicos recentes, como o **ABSORB III Trial**, trouxeram à tona questões importantes sobre a eficácia e segurança dessa tecnologia no longo prazo. O estudo ABSORB III comparou o desempenho de *stents* bioabsorvíveis de APLL com *stents* farmacológicos de segunda geração. Os resultados mostraram que, embora as taxas de reestenose tenham sido comparáveis entre os dois grupos no primeiro ano, a incidência de eventos adversos maiores, como trombose de stent e infarto do miocárdio, foi maior no grupo dos *stents* bioabsorvíveis (Stone *et al.*, 2016).

Wykrzykowska *et al.* (2017) analisaram de forma crítica esses achados, destacando que a maior incidência de trombose precoce observada com os *stents* bioabsorvíveis pode estar relacionada ao tempo prolongado de reabsorção do polímero PLLA, que pode levar de dois a três anos para ser completamente absorvido. Durante esse período, o stent permanece exposto à corrente sanguínea, potencialmente contribuindo para a formação de trombos, especialmente em pacientes com condições complexas ou que não seguem adequadamente a terapia antiplaquetária. O ABSORB III Trial relatou que, após três anos, a taxa cumulativa de eventos adversos maiores foi significativamente maior no grupo bioabsorvível (11%) em comparação com os *stents* metálicos (7,9%) (Stone *et al.*, 2016).

Outro fator importante levantado por Wykrzykowska *et al.* (2017) é a necessidade de melhorias no design dos *stents* bioabsorvíveis. Os primeiros dispositivos, como o ABSORB, tinham uma espessura relativamente maior em comparação com os *stents* metálicos, o que pode ter contribuído para as complicações iniciais. Estudos subsequentes sugeriram que a redução na espessura dos *struts* (os fios que compõem a



estrutura do *stent*) poderia melhorar a compatibilidade mecânica e reduzir a chance de complicações. Além disso, novas abordagens que combinam o uso de *stents* bioabsorvíveis com *stents* farmacológicos de última geração, em um formato híbrido, estão sendo investigadas para maximizar os benefícios de ambas as tecnologias (Windecker *et al.*, 2017).

No entanto, apesar das limitações observadas nos ensaios clínicos, as perspectivas para os *stents* bioabsorvíveis permanecem otimistas, especialmente com as inovações contínuas em materiais e tecnologias de liberação de fármacos. Novos materiais, como polímeros bioabsorvíveis de absorção mais rápida e ligas de magnésio, estão sendo estudados para reduzir o tempo em que o dispositivo permanece no corpo e, assim, minimizar os riscos de eventos adversos. Além disso, avanços no design dos *struts* e na biomecânica do *stent* prometem melhorar a flexibilidade e a adaptação ao vaso coronariano, potencialmente reduzindo a incidência de complicações.

Uma revisão sistemática conduzida por Anzai *et al.* (2017) analisou estudos comparando o uso de *stents* bioabsorvíveis e metálicos revestidos no tratamento da doença arterial coronariana. A pesquisa concluiu que não há diferença significativa no risco de mortalidade ou na necessidade de revascularização entre as duas abordagens terapêuticas. No entanto, os *stents* bioabsorvíveis apresentaram maior risco de falha no tratamento, bem como de eventos adversos, como infarto agudo do miocárdio e trombose, quando comparados aos *stents* metálicos revestidos.

Conforme Pinton (2018), vez que o ABSORB apresentou taxas elevadas de eventos cardiovasculares e trombose a longo prazo, houve sua retirada do mercado pelo fabricante em setembro de 2017. Desde então, novos *stents* bioabsorvíveis foram desenvolvidos e outros estão em fase de desenvolvimento, utilizando diferentes materiais e fármacos.

De acordo com o Souza (2023), responsável pelo Serviço de Hemodinâmica do Hospital do Coração (HCor) e criador do *stent* convencional e do farmacológico, os *stents* bioabsorvíveis não representam mais risco adicional ao organismo. Com a evolução de sua tecnologia, tornou uma das vantagens desses dispositivos a redução da probabilidade de formação de coágulos no local onde são implantados, diminuindo assim o risco de infarto em pacientes com arteriosclerose. Após serem colocados no vaso afetado, os *stents* ajudam a restaurar o fluxo sanguíneo e são gradualmente absorvidos pelo corpo, reduzindo a possibilidade de trombose associada a implantes permanentes. Souza (2023) completa com a teoria comprovada em suas práticas que como o material bioabsorvível é eliminado ao longo do tempo, os pacientes apresentam menor risco de complicações trombóticas em comparação aos *stents* metálicos, que podem causar coágulos excessivos ao redor do implante, potencialmente exigindo novas intervenções. No entanto, ainda há casos em que os *stents* metálicos se mostram mais eficazes, particularmente em vasos muito pequenos ou com anatomias complexas, já que eles possuem uma estrutura mais fina do que os dispositivos bioabsorvíveis.



Conforme Brito, Abizaid e Costa (2009), os *stents* bioabsorvíveis oferecem diversos benefícios teóricos, sendo o mais almejado a capacidade de evitar o processo inflamatório tardio. Isso ocorre devido à redução do impacto da disfunção endotelial e do remodelamento vascular nos vasos tratados. Além disso, esses *stents* permitem a obtenção de imagens em estudos não-invasivos, como angiotomografia computadorizada e ressonância magnética, sem a interferência dos artefatos que as próteses metálicas geralmente causam. Outro benefício é a possibilidade de realizar cirurgias de revascularização miocárdica, uma vez que os *stents* bioabsorvíveis não interferem, como acontece com os metálicos colocados em série (full metal jacket).

As abordagens híbridas também estão ganhando destaque. Em vez de confiar exclusivamente em um único tipo de *stent*, combinações de *stents* farmacológicos metálicos com camadas bioabsorvíveis estão sendo exploradas, visando equilibrar a necessidade de suporte inicial ao vaso com a capacidade de reabsorção a longo prazo. Tais inovações podem resultar em uma nova geração de *stents* que combinam o melhor dos dois mundos: a eficácia dos *stents* metálicos e os benefícios biológicos dos bioabsorvíveis.

Dessa forma, embora os primeiros resultados dos *stents* bioabsorvíveis, como o ABSORB, tenham revelado desafios importantes, a evolução tecnológica e o desenvolvimento contínuo de novos materiais e designs sugerem que essa tecnologia ainda tem um potencial considerável para transformar o tratamento da Doença Arterial Coronariana no futuro.

## **5 Inovações e direções futuras, e contribuir para a prática clínica**

As inovações e direções futuras para o uso de *stents* bioabsorvíveis no tratamento da Doença Arterial Coronariana (DAC) estão focadas em resolver as limitações observadas nos primeiros dispositivos e melhorar a segurança e eficácia a longo prazo. Entre as principais inovações estão:

### **5.1 Melhorias nos materiais**

Os *stents* bioabsorvíveis tradicionais, como os de PLLA (ácido polilático), apresentam um tempo prolongado de absorção, o que pode aumentar o risco de complicações como a trombose precoce. Para abordar essa questão, novos materiais estão sendo desenvolvidos:

- **Ligas de magnésio:** Esses materiais oferecem uma absorção mais rápida e segura em comparação com os polímeros tradicionais. Além disso, as ligas de magnésio têm propriedades mecânicas mais próximas das artérias, promovendo melhor adaptação ao vaso e reduzindo o risco de reestenose (Windecker *et al.*, 2017).

- **Polímeros de absorção rápida:** Os novos polímeros bioabsorvíveis estão sendo projetados para serem absorvidos mais rapidamente, reduzindo o tempo em que o stent permanece no corpo e, conseqüentemente, diminuindo o risco de eventos adversos.

## 5.2 Design aprimorado dos *stents*

Outra inovação significativa envolve o design dos struts (filamentos que formam a estrutura do stent). Nos *stents* bioabsorvíveis de primeira geração, os struts eram relativamente grossos, o que comprometia a compatibilidade mecânica e o fluxo sanguíneo. A redução da espessura dos struts tem sido uma direção de pesquisa promissora:

- **Struts mais finos:** O desenvolvimento de *stents* com struts mais finos melhora a flexibilidade e a adaptação ao vaso, o que pode reduzir a incidência de trombose e melhorar os resultados clínicos a longo prazo.

## 5.3 Abordagens híbridas

Outra direção futura inclui o desenvolvimento de abordagens híbridas, que combinam o uso de *stents* farmacológicos metálicos com camadas bioabsorvíveis. Essas abordagens visam proporcionar o suporte estrutural inicial de um stent metálico, enquanto permitem a reabsorção gradual da camada bioabsorvível, promovendo a cicatrização natural do vaso e reduzindo a necessidade de terapias antiplaquetárias prolongadas.

- **Stents farmacológicos com camada bioabsorvível:** Ao integrar uma camada bioabsorvível que desaparece ao longo do tempo, esses *stents* podem reduzir as complicações associadas ao implante permanente e restabelecer a função natural do vaso (Serruys *et al.*, 2016).

## 5.4 Tecnologias de liberação de fármacos

O desenvolvimento contínuo de tecnologias de liberação de fármacos antiproliferativos diretamente nos vasos também é uma área de inovação. A otimização de agentes farmacológicos e seus métodos de liberação pode aumentar a eficácia no controle da hiperplasia neointimal, reduzindo ainda mais as taxas de reestenose.

## 5.5 Contribuições para a prática clínica

As inovações que discutimos têm o potencial de impactar a prática clínica, como podemos observar no quadro 01.

Quadro 01 - Contribuições do BVS na prática clínica

IMPACTOS	DESCRIÇÃO
<b>Redução de complicações a longo prazo</b>	A introdução de materiais bioabsorvíveis mais rápidos e seguros, juntamente com designs mais eficientes, pode reduzir eventos adversos como a trombose de stent e a necessidade de reintervenção, proporcionando melhor segurança a longo prazo.
<b>Personalização do tratamento</b>	As novas gerações de <i>stents</i> oferecem mais flexibilidade para personalizar os tratamentos para diferentes perfis de pacientes. Pacientes com maior risco de trombose, por exemplo, podem se beneficiar de <i>stents</i> com struts mais finos e maior biocompatibilidade.
<b>Menor dependência de terapias antiplaquetárias</b>	Com o uso de <i>stents</i> bioabsorvíveis e abordagens híbridas, o tempo necessário para a terapia antiplaquetária pode ser reduzido, diminuindo os riscos de complicações hemorrágicas em pacientes que utilizam medicamentos a longo prazo.
<b>Reintervenções facilitadas</b>	O uso de <i>stents</i> bioabsorvíveis facilita eventuais reintervenções no mesmo local, já que o implante é absorvido ao longo do tempo, restabelecendo a vasomotricidade natural do vaso.

Fonte: Autoria Própria

As direções futuras dos *stents* bioabsorvíveis e as inovações associadas têm o potencial de transformar o tratamento da DAC, proporcionando terapias mais seguras e eficazes. Com o desenvolvimento contínuo de novos materiais e designs, a prática clínica pode se beneficiar de tratamentos menos invasivos e com melhores resultados a longo prazo.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A intervenção coronária percutânea utilizando *stents* tem transformado significativamente a cardiologia desde sua introdução. Com o avanço contínuo dessa tecnologia, a pesquisa e o desenvolvimento têm se concentrado em superar as limitações dos *stents* disponíveis atualmente, promovendo melhorias substanciais na segurança e eficácia dos procedimentos. A evolução dos *stents* inclui a criação de opções mais sofisticadas, com polímeros biodegradáveis e estruturas mais finas, além de um foco em aumentar a biocompatibilidade dos materiais utilizados.

Os *stents* farmacológicos de nova geração introduziram avanços significativos, como a redução da espessura das hastas, que diminui o risco de lesões vasculares, inflamação e formação de trombos. Estes *stents* são projetados com materiais como o ácido poli-L-láctico (APLL), que oferece a vantagem de dissolução gradual do dispositivo, minimizando o risco de trombose e reestenose. Apesar dessas inovações, a utilização de medicamentos não seletivos, como os derivados do sirolimus, ainda representa uma limitação importante, pois não há alternativas adequadas que previnam eficazmente a reestenose e a inflamação a longo prazo.

Embora os *stents* de polímero bioabsorvível ofereçam a vantagem de eliminar a prótese com o tempo, a presença de efeitos adversos e a necessidade de melhores opções terapêuticas persistem. Estudos recentes demonstram que os *stents* de segunda



e terceira geração, com hastes mais finas e polímeros bioabsorvíveis, têm mostrado resultados promissores na redução de eventos adversos e na eficácia clínica. No entanto, a comparação entre *stents* com polímeros bioabsorvíveis e duráveis revelou que, em alguns casos, a espessura das hastes pode ser um fator determinante na performance do dispositivo, mais do que o tipo de polímero utilizado.

## REFERÊNCIAS

- BRITO, A. F. L.; ABIZAID, A.; COSTA JR., J. R.. Stents bioabsorvíveis: já é hora de "absorvermos" esse conceito?. **Revista Brasileira de Cardiologia Invasiva**, v. 17, n. 1, p. 110–116, 2009.
- CERVO, Amado Luiz; BERVIAN, Pedro Alcino; SILVA, Roberto da. **Metodologia científica**. 6 ed. São Paulo, SP: Pearson Prentice Hall, 2007.
- GUERIOS, E. E.; ANDRADE, P. M. P. de; NERCOLINI, D. C.; PACHECO, A. L. A. Stents. Uma Revisão da Literatura. **Arquivo Brasileiro de Cardiologia** v.71, n.1, 1998.
- MANCINI, MC; SAMPAIO, RF. Estudos de revisão sistemática: um guia para síntese criteriosa da evidência científica. **Rev. bras. fisioter.**, São Carlos, v. 11, n.1, p. 83-89, 2007.
- PAIVA, V. L. M. O. Manual de Pesquisa em Estudos Linguísticos. São Paulo: Parábola, 2019.
- RAMOS, G. C.; Aspectos relevantes da doença arterial coronariana em candidatos à cirurgia não cardíaca *Revista Brasileira Anestesiologia* v. 60, n. 6, 2010.
- ROZEIRA, C. H. B.; ROZEIRA, C. F. B.; SILVA, M. F. da. Trama Epistemológica: Entretecendo o Conhecimento Científico. **Portal Zenodo**, 2023. Disponível em <https://doi.org/10.5281/zenodo.10002060>
- SOUSA, M. J. A. **Stents Bioabsorvíveis**: Uma nova era no tratamento da doença arterial coronária. 30f. Dissertação (Mestrado em Medicina) apresentada na Universidade do Porto, 2014.
- TAVARES, A. C.; MARTINS, V.; MARIOT, P.; WERMUTH, D. P.; ZHOU, J.; SCHAEFFER, L. **Uso da moldagem de pós por injeção para obtenção de stents biodegradáveis**. Contribuição técnica para apresentação ao 5ª Conferência Internacional de Metalurgia do Pó - Porto Alegre, 2014.
- ANZAI, A. *et al.* Stent bioabsorvível versus stent metálico. **Revista Revisão Sistemática**, 29 set. 2017. UNIMED FESP, 2017.
- COSTA, N. R. *et al.* "Desafios no tratamento da DAC com stents bioabsorvíveis". **Revista Brasileira de Cardiologia**, 2023.
- Diretriz da sociedade brasileira de cardiologia e da sociedade brasileira de hemodinâmica e cardiologia intervencionista sobre intervenção coronária percutânea**. Volume 109, Nº 1, Suplemento 1, julho 2017. Rio de Janeiro, RJ, Brasil. Disponível em: [https://abccardiol.org/wp-content/uploads/articles\\_xml/0066-782X-abc-19-01-s1-0001/0066-782X-abc-19-01-s1-0001.x47225.pdf](https://abccardiol.org/wp-content/uploads/articles_xml/0066-782X-abc-19-01-s1-0001/0066-782X-abc-19-01-s1-0001.x47225.pdf).
- PINTON, Fabio. Por que os stents bioabsorvíveis foram retirados do mercado? **Afya Papers**, 2018. Disponível em: <https://papers.afya.com.br/blog/voce-sabe-por-que-os-stents-bioabsorviveis-foram-retirados-do-mercado>.



FUSTER, V.; WALSH, R. Hurst's The Heart. 14. ed. **New York: McGraw-Hill Education**, 2017. Disponível em: <https://accessmedicine.mhmedical.com>.

GONÇALVES, G. A. R.; PAIVA, R. M. A. **Terapia gênica: avanços, desafios e perspectivas**. Einstein (São Paulo), 2017.

LANSKY, A. J. *et al.* Stent thrombosis and revascularization rates with drug-eluting stents: A real-world registry analysis. **Journal of the American College of Cardiology**, v. 55, n. 10, p. 1104–1111, 2010. Disponível em: <https://www.jacc.org/doi/abs/10.1016/j.jacc.2009.09.065>.

ONUMA, Y.; SERRUYS, P. W. Bioresorbable scaffold: The advent of a new era in percutaneous coronary interventions. **European Heart Journal**, v. 37, n. 48, p. 3404-3412, 2016.

ONUMA, Y.; SERRUYS, P. W. Bioresorbable Scaffold: The Next Generation of Stent Evolution? **European Heart Journal**, v. 37, n. 5, p. 339–350, 2016.

Stent bioabsorvível reduz chances de novas obstruções nas artérias. **Revista Hcor Associação Beneficente Síria**. São Paulo, 2023. Edição 15. Disponível em: <https://www.hcor.com.br/materia/stent-bioabsorvivel-reduz-chances-de-novas-obstrucoes-nas-artérias/>.

SERRUYS, P. W. *et al.* ABSORB III trial: A clinical evaluation of bioresorbable vascular scaffolds in patients with coronary artery disease. **The Lancet**, v. 387, n. 10033, p. 1277-1289, 2016.

WINDECKER, S. *et al.* Stent Thrombosis and Revascularization: Clinical and Device-Related Outcomes. **European Heart Journal**, v. 38, n. 42, p. 3221–3232, 2017. Disponível em: <https://academic.oup.com/eurheartj/article/38/42/3221/4157024>.

WYKRZYKOWSKA, J. J. *et al.* Bioresorbable Scaffolds versus Metallic Stents in Routine PCI. **New England Journal of Medicine**, 2017. DOI: 10.1056/NEJMoa1614954. PMID: 28402237.