Próteses valvares aórticas e Válvula de Wheatley: Uma análise comparativa

Samira Oliveira da Silva
Dra. Viviam de Oliveira Silva

RESUMO

Objetivo: Analisar artigos e estudos disponibilizados pela comunidade científica construindo uma análise comparativa entre a Válvula de Wheatley e as próteses aórticas disponíveis atualmente. **Metodologia:** As bases de pesquisa utilizadas para realização desta revisão bibliográfica foram Elsevier – Sciencedirect, PubMed, Periódicos Capes e repositório da Universidade de São Paulo (USP). Os critérios de inclusão foram: artigos publicados nos últimos 4 anos em inglês, português ou espanhol que atendem ao objetivo do projeto. **Resultados:** Em suma, a pesquisa evidenciou que a válvula de Wheatley pode ser consolidada como uma mudança histórica no tratamento da estenose aórtica. A valva polimérica em formato de S proporciona maior durabilidade, semelhante à uma valva sintética, além de descartar a necessidade do uso de anticoagulantes. Ademais, foram demonstrados benefícios inerentes a sua produção, uma vez que a modelagem matemática permite testar facilmente alterações na forma e analisar comportamento mecânico do dispositivo, bem como a simulação computacional possibilita que melhoramentos possam ser testados virtualmente gerando economia na produção de protótipos. Nesse sentido, o desenvolvimento da válvula de Wheatley pode impactar significativamente a sobrevida de pacientes, haja visto que as substituições de valvas normalmente demandam elevados custos financeiros.

Palavras-chave: David Wheatley; Estenose aórtica; Valvas aórticas; Cirurgia de SVA.

ABSTRACT

Objective: To analyze articles and studies made available by the scientific community, constructing a comparative analysis between the Wheatley valve and currently available aortic prostheses. **Methodology:** The research databases used for this literature review were Elsevier – Sciencedirect, PubMed, Capes Journals, and the University of São Paulo (USP) repository. Inclusion criteria were: articles published in the last 4 years in English, Portuguese, or Spanish that meet the project's objective. **Results:** In summary, the research showed that the Wheatley valve can be consolidated as a historical change in the treatment of aortic stenosis. The S-shaped polymer valve provides greater durability, similar to a synthetic valve, and eliminates the need for anticoagulants. Furthermore, inherent benefits to its were demonstrated. Mathematical modeling allows for easy testing of shape changes and analysis of the device's mechanical behavior, and computational simulation enables improvements to be tested virtually, generating savings in prototype production.
In this sense, the development of the Wheatley valve could significantly impact patient survival, given that valve replacements typically involve high financial costs.

Keywords: David Wheatley; Aortic stenosis; Aortic valves; Aortic valve surgery.

INTRODUÇÃO

A estenose aórtica é uma condição cardíaca grave que se caracteriza pelo estreitamento da valva aórtica. Essa patologia é determinada pela incapacidade de abertura total da valva aórtica, reduzindo o fluxo de ejeção do sangue pelo ventrículo esquerdo, o que resulta em uma série de complicações. A valvulopatia aórtica é uma doença insidiosa, com período de latência longo e variável, com prevalência crescente devido envelhecimento populacional. Dentre suas principais etiologias está a calcificação valvar, estenose aórtica congênita e a febre reumática (Morais *et al.*, 2021).

O diagnóstico soma a análise clínica meticulosa com a confirmação por meio de técnicas de imagem, visualização das câmaras cardíacas e fluxo sanguíneo. A estenose aórtica se agrava quando o paciente começa a apresentar sintomas, possuindo uma alta taxa de mortalidade, em que 50% dos sintomáticos vem a óbito nos primeiros anos. Com base nos resultados obtidos do paciente, ocorre a estratificação de risco e a determinação do tipo de intervenção. Dentre as opções atualmente disponíveis, o tratamento cirúrgico com substituição da valva aórtica se destaca (Velho *et al.*, 2024).

Nessa abordagem é possível escolher entre a implantação de uma prótese valvar biológica, feita de tecido animal e com necessidade de reoperação devido degeneração, ou prótese valvar mecânica que possui necessidade de anticoagulação vitalícia. Embora apresentem resultados consideráveis, os modelos atualmente em uso enfrentam problemáticas como a necessidade de anticoagulação, ocorrência de hemorragias, exigência por vezes do controle da Relação Normalizada Internacional (RNI), interferência alimentar na atuação dos anticoagulantes e demanda de reoperacão. Dessa forma, a escolha da intervenção deve considerar a sobrevida e a qualidade de vida a longo prazo (El-Essawi, 2021).

Sob esse contexto, observou-se a necessidade de desenvolvimento de uma nova prótese valvar que proporcionasse qualidade de vida aos pacientes, ao mesmo tempo que minimizasse os colaterais advindos da mesma. Nesse sentido, surgiu a prótese valvar polimérica conhecida como Válvula de Wheatley, um dispositivo com folhetos em formato de S que utiliza modelagem matemática e simulação computacional para demonstração de eventos reais. A nova prótese promete reduzir custos de produção, dispensar uso de anticoagulantes e maior tempo de vida útil. Assim, o novo modelo em fase operacional busca revolucionar o tratamento da estenose aórtica (Oliveira *et al.*, 2023).

Diante desse cenário, torna-se essencial avaliar criticamente as inovações propostas para o tratamento da estenose aórtica. Assim, o presente artigo tem como objetivo analisar a literatura científica disponível acerca da Válvula de Wheatley, comparando suas características estruturais, desempenho hemodinâmico, potenciais benefícios clínicos e limitações em relação às próteses valvares aórticas atualmente utilizadas na prática clínica. Ao reunir e sintetizar evidências recentes, pretende-se contribuir para uma compreensão mais abrangente sobre a aplicabilidade e as perspectivas futuras dessa tecnologia emergente.

METODOLOGIA

O presente artigo consiste em uma revisão bibliográfica, de característica integrativa, que busca reunir e sintetizar informações sobre a Válvula de Wheatley, delineando uma análise comparativa com próteses valvares aórticas atualmente disponíveis, acerca das suas diferenças estruturais e funcionais. Foram utilizados como critérios de inclusão: artigos publicados nos últimos 4 anos em inglês, português ou espanhol. Os artigos foram buscados nas bases de dados Elsevier – Sciencedirect, PubMed, Periódicos Capes e repositório da Universidade de São Paulo (USP). Para tal, foram utilizados os descritores: “David Wheatley”, “estenose aórtica”, “válvulas aórticas”, “cirurgia de SVA”, de forma isolada e combinados, nas línguas inglesa, espanhola e portuguesa. Como critérios de exclusão foram descartados estudos que não se relacionaram diretamente com a estenose aórtica, relatos de caso isolados ou séries de casos com amostras muito pequenas e estudos com foco em animais ou modelos *in vitro*. Os resultados das buscas foram inicialmente examinados por título, resumo e ano de publicação, eliminando os estudos que não atenderem aos critérios de inclusão.

VALVAS CARDÍACAS

As doenças associadas à valva aórtica são responsáveis por 61% das mortes por doenças valvares cardíacas (Oliveira *et al*., 2025). Historicamente, a substituição cirúrgica da valva aórtica (SAVR) tem sido o meio definitivo mais empregado para EA grave, constantemente associada a melhores taxas de sobrevida e qualidade de vida. Nesse cenário, as próteses valvares biológicas ou bioprotéticas, compostas de tecido animal, são implantadas em 45% dos casos (Rezvova *et al*., 2023). Apesar de apresentarem uma baixa trombogenicidade com menor tempo de anticoagulação e ausência de ruídos, a prótese biológica demonstra incidência de falhas primárias que aumentam com o tempo, gradualmente desenvolvendo disfunção devido a degeneração progressiva dos folhetos. O principal problema é representado pela degeneração tecidual causada pela calcificação, o que implica em necessidade de reoperação semi-eletivo em cerca de dez anos (Bruscky *et al*., 2020). Cada reoperação está associada a uma maior taxa de complicações perioperatórias e mortalidade devido à comorbidades preexistentes, idade avançada e à própria complexidade cirúrgica (Rezvova *et al*., 2023).

Por outro lado, as próteses valvares mecânicas, feitas de materiais sintéticos, apresentam excelente durabilidade mas manifestam o risco de complicação mecânica. O principal obstáculo é representado pelo tromboembolismo, acarretando a necessidade de uso de anticoagulantes. A anticoagulação efetiva do paciente encontra-se entre dois extremos: o tromboembolismo e a hemorragia. De acordo com o Manual MSD **(**Manual de Diagnóstico e Terapia Merck Sharp & Dohme), referência médica, a varfarina é o único anticoagulante oral adequado para prevenção de tromboembolia em pacientes com próteses valvares, uma vez que os anticoagulantes orais diretos são ineficazes. Assim, quando em uso da varfarina, o paciente necessita realizar automonitoramento da

sua razão normalizada internacional (RNI) ou fazer acompanhamento em clínicas dedicadas a anticoagulação, o que implica em cuidados metódicos vitalícios (Costa, Santos e Nascimento, 2024).

Diante desse cenário, pode ocorrer uma redução da qualidade de vida do paciente e possibilidade de descontinuação do tratamento, haja visto que a varfarina possui intervalo terapêutico estreito e sofre interações com diversos alimentos e medicações. Outra importante complicação ocorre em pacientes do sexo feminino em uso da medicação que, posteriormente, venham a engravidar, pois incidência de aborto espontâneo relacionada a varfarina é aumentada (Costa, Santos e Nascimento, 2024).

Nesse mesmo contexto, o implante transcateter da valva aórtica (TAVI) surgiu como uma alternativa terapêutica menos invasiva para pacientes com risco cirúrgico aumentado, expandindo as opções de tratamento para pacientes com EA grave. No entanto, apesar de promissor, um estudo realizado com 7783 pacientes em acompanhamento durante cinco anos, demonstrou que o risco de mortalidade a longo prazo ou de acidente vascular cerebral incapacitante com TAVI é semelhante ao da SAVR, mas com maior risco de implante de marcapasso e regurgitação aórtica, especialmente com próteses valvares autoexpansíveis (Talanas *et al.*,2024).

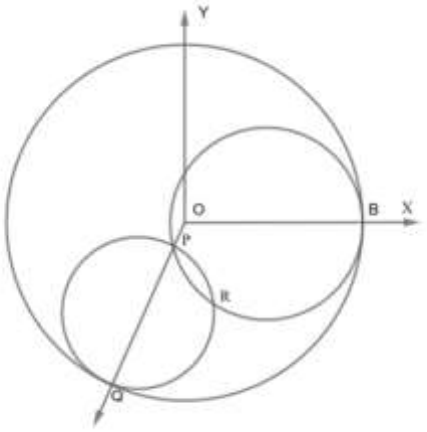
Segundo Garrido-Martín (2025), parte das complicações apresentadas pela TAVI decorrem da técnica cirúrgia e não da prótese em si. A TAVI requer o uso de grandes introdutores vasculares, que frequentemente avançam através das artérias ateromatosas, com caminhos tortuosos e calcificados. Isto, juntamente com as manobras e a necessidade ocasional de reposicionar ou recapturar a prótese e os dispositivos para hemostasia do ponto de acesso, causa distúrbios vasculares frequentes. As principais complicações vasculares estão associadas a mais sangramento, com necessidade de transfusão e com aumento até quatro vezes na mortalidade em 30 dias.

VÁLVULA DE WHEATLEY

Sob tal prospectiva, a válvula de Wheatley ganha destaque. A valva polimérica em formato de “S”, combina a confiabilidade e a durabilidade das valvas artificiais com a flexibilidade das valvas de tecido. Diferente das atuais empregadas no mercado atualmente, não requer tratamento vitalício com anticoagulantes e não sofre degeneração ao longo dos anos. A valva em fase operacional, detém de modelagem matemática e simulação computacional capaz de reproduzir com fidelidade observações da realidade, envolvendo conceitos de Mecânica dos Sólidos, Mecânica dos Fluídos, métodos numéricos não lineares, técnicas de remalhamento automático e contato de corpos flexíveis. De acordo com Centro de Ciências Matemáticas Aplicadas à Indústria (CeMEAI), o modelo computacional reduz significativamente o tempo empregado na concepção da valva e de seus mecanismos intrínsecos, bem como custos envolvidos na produção física dos protótipos e testes experimentais. Assim, o desenvolvimento da válvula de Wheatley pode impactar significativamente a sobrevida de pacientes, mundialmente, haja visto que as substituições de valva normalmente demandam elevados custos financeiros, prejudicando o tratamento em países subdesenvolvidos que possuem elevada incidência da estenose aórtica (Oliveira *et al.*, 2023).

David J. Wheatley, cirurgião cardíaco e professor de cirurgia cardiovascular na Universidade de Glasgow, introduziu o conceito de valva polimérica em forma de S e patenteou o dispositivo. O cirurgião visava preservar boas características das valvas protéticas existentes, mas com melhor efeito de lavagem. Sob esse objetivo, foi desenvolvido a representação matemática da válvula de Wheatley, feita por meio de funções elementares permitindo testar facilmente alterações na forma e analisar comportamento mecânico do dispositivo (Oliveira *et al.*, 2025). A ideia original do modelo matemático surgiu da constatação de que a valva poderia ser construída a partir de um conjunto de nível composto pelos arcos de três grandes círculos que se intersectam e três círculos contíguos menores. A representação matemática pode ser estendida adequadamente para três dimensões para produzir um modelo matemático da válvula cardíaca de Wheatley (Rebolledo *et al.*, 2022).

Figura 1 – Modelo matemático da válvula de Wheatley



Fonte: Rebolledo *et al.* (2022).

Figura 2 – Réplica da válvula de Wheatley



Fonte: Oliveira *et al.* (2022).

Em uma parceria com o Centro de Pesquisa em Matemática Aplicada à Indústria da USP (CeMEAI) foi gerado um modelo computacional por meio do software LS-DYNA. Assim, tornou-se possível simular o comportamento mecânico da valva em condições de serviço, permitindo que melhoramentos possam ser testados virtualmente. Segundo o Jornal da Universidade de São Paulo (USP), os testes visam garantir que a valva abra e feche rapidamente e que a tensão de cisalhamento no fluxo sanguíneo seja sempre segura, uma vez que altas tensões de cisalhamento podem causar a ativação de elementos sanguíneos e o início da agregação plaquetária, ocasionando formação de trombos e diminuindo a vida útil. O formato em “S” dos folhetos consegue se manter estável em regime diastólico mesmo sob condições de pressão elevada, oferecendo ainda baixa resistência à passagem de fluxos sanguíneo em regime sistólico. Além disso, a modelagem matemática permite analisar o padrão de distribuição, velocidade e vorticidade do escoamento nas regiões ao entorno da valva, identificando locais de recirculação e instabilidade (Oliveira *et al.*, 2023).

A válvula de Wheatley é um dispositivo polimérico em formato de “S”. As valvas cardíacas poliméricas (VCP) são compostas por materiais poliméricos de engenharia, permitindo a utilização de uma variedade de polímeros biocompatíveis e bioestáveis, em substituição aos materiais metálicos tradicionalmente empregados, como aço carbono ou inox. As VCPs são capazes de fornecer resistência mecânica superior, juntamente com a flexibilidade, biocompatibilidade e resistência à calcificação necessárias. Além disso, os materiais sintéticos possuem ausência de antígenos, eliminando completamente o risco de desenvolvimento de encefalopatia espongiforme, que persiste em tecidos derivados de bovinos. Ademais, as VCPs podem ser implantadas em pacientes de qualquer faixa etária (Rezvova *et al.*, 2023).

Dessa forma, a válvula de Wheatley representa um avanço significativo no campo das próteses cardíacas, unindo inovação geométrica, otimização computacional e materiais poliméricos de alta performance. A combinação entre modelagem matemática precisa, simulação numérica avançada e propriedades superiores das VCPs reforça o potencial do dispositivo para superar limitações presentes nas valvas biológicas e metálicas atualmente disponíveis. Além de reduzir custos de desenvolvimento e testes experimentais, essa abordagem multidisciplinar permite projetar uma valva mais durável, segura e funcional, com menor risco trombogênico e maior aplicabilidade clínica em populações diversas. Assim, os progressos obtidos com o modelo de Wheatley consolidam uma perspectiva promissora para aprimoramento terapêutico global, especialmente em cenários nos quais a acessibilidade a tratamentos especializados constitui um desafio significativo. No entanto, apesar dos avanços substanciais, permanece essencial a realização de estudos experimentais e ensaios clínicos robustos que confirmem a segurança, o desempenho hemodinâmico e a durabilidade da válvula de Wheatley em longo prazo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em suma, é importante considerar que a válvula de Wheatley pode ser consolidada como uma mudança histórica no tratamento da estenose aórtica. A valva polimérica em formato de S proporciona maior durabilidade, semelhante à uma valva sintética, além de descartar a necessidade do uso de anticoagulantes. O dispositivo polimérico é capaz de fornecer resistência mecânica superior, juntamente com a flexibilidade, biocompatibilidade e resistência à calcificação necessárias.

Ademais, é preciso considerar os benefícios inerentes a sua produção. A modelagem matemática permite testar facilmente alterações na forma e analisar comportamento mecânico do dispositivo. Da mesma forma, a simulação computacional gerada por meio do software LS-DYNA possibilita que melhoramentos possam ser testados virtualmente gerando economia na produção de protótipos.

Nesse sentido, o desenvolvimento da válvula de Wheatley pode impactar significativamente a sobrevida de pacientes, mundialmente, haja visto que as substituições de valvas normalmente demandam elevados custos financeiros, prejudicando o tratamento em países subdesenvolvidos que possuem elevada incidência da estenose aórtica.

REFERÊNCIAS

MORAIS, Letícia Rezende de *et al*. O implante de valva aórtica transcateter no tratamento da Estenose aórtica: perspectivas e desafios / Transcatheter aortic valve implantation in the treatment of aortic stenosis: perspectives and challenges. **Brazilian Journal of Health Review**, v. 4, n. 2, p. 4051-4065, 2021. Disponível em: https://doi.org/10.34119/bjhrv4n2-006. Acesso em: 24 abr. 2025.

REBOLLEDO, R. J *et al*. Regularization of a mathematical model of the Wheatley heart valve. **Journal of Biomechanical Engineering**, v. 145, n. 1, p. 1-3, 2023. Disponível em: https://doi.org/10.1115/1.4055034. Acesso em: 23 abr. 2025.

OLIVEIRA, Hugo Luiz *et al*. Three-dimensional fluid–structure interaction simulation of the Wheatley aortic valve. **International Journal for Numerical Methods in Biomedical Engineering**, v. 40, p. e3792, 2023. Disponível em: https://doi.org/10.1002/cnm.3792. Acesso em: 24 abr. 2025

EL-ESSAWI, Aschraf. The value of competition: A patient-tailored approach to aortic valve replacement. **European Journal of Cardio-Thoracic Sugery**, v. 60, n. 3, p. 679-680, 2021. Disponível em: https://doi.org/10.1093/ejcts/ezab227. Acesso em: 25 abr. 2025.

VELHO, Tiago R. *et al*. Surgical aortic valve replacement in octogenarians: Single-center Perioperative outcomes and five-year survival. **Revista Portuguesa de Cardiologia**, v. 43, p. 311-320, 2024. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.repc.2024.02.003. Acesso em: 24 abr. 2025.

COSTA, Juliana Leal Rodrigues da; SANTOS, Luana Pereira dos; NASCIMENTO, Jorge Willian Leandro. Interações alimentares e medicamentosas com varfarina: revisão da literatura. **Brazilian Journal of Health Review**, v. 7, n. 4, p. e71255, 16 jul. 2024. Disponível em: https://doi.org/10.34119/bjhrv7n4-080. Acesso em: 25 abr. 2025.

BRUSCKY, Larissa Ventura Ribeiro *et al.* Evolução tardia das próteses biológicas e mecânicas em posição aórtica. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 117, n. 1, p. 28-36, jul. 2021. Disponível em: https://doi.org/10.36660/abc.20200135. Acesso em: 25 abr. 2025.

DANTAS, L. de L, Hallana *et al.* Como elaborar uma revisão integrativa: sistematização do Método científico. **Revista Recien**, v. 12, n. 37, p. 334–345, 2022. Disponível em: http://recien.com.br/index.php/Recien/article/view/575. Acesso em: 25 abr. 2025.

TALANAS, Giuseppe et al. Long-Term outcomes of transcatheter vs surgical aortic valve replacement: meta-analysis of randomized trials. **Journal of the Society for Cardiovascular Angiography & Interventions**, v. 3, n. 7, p. 102143, jul. 2024. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.jscai.2024.102143. Acesso em: 24 abr. 2025.

GARRIDO-MARTÍN, Pilar. Complicaciones em el implante transcatéter de la válvula aórtica. Prevención, resolución y morbimortalidad asociada. **Cirugía Cardiovascular**, v. 32, n. 2, p. 52-57, abr. 2024. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.circv.2024.02.013. Acesso em: 24 abr. 2025.

OLIVEIRA, Hugo Luiz *et al.* Mathematical representation and nonlinear modelling of the Wheatley mitral valve. **Medical Engineering & Physics**, v. 136, p. 104283, jan. 2025. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.medengphy.2025.104283. Acesso em: 16 nov. 2025.

REZVOVA, Maria A. *et al.* Polymeric Heart Valves Will Displace Mechanical and Tissue Heart Valves: A New Era for the Medical Devices. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 24, n. 4, p. 3963, 16 fev. 2023. Disponível em: https://doi.org/10.3390/ijms24043963. Acesso em: 16 nov. 2025.

OLIVEIRA, H. L. et al. A Generalized mathematical representation of the shape of the Wheatley heart valve and the associated static stress fields upon opening and closing. **IMA Journal of Applied Mathematics**, 31 jul. 2022. Disponível em: https://doi.org/10.1093/imamat/hxac016. Acesso em: 16 dez. 2025.