

## MECANISMOS DE FUNCIONAMENTO E APLICABILIDADE DE VÁLVULAS INDUSTRIAIS: UMA BREVE REVISÃO

Diógenes Barbosa Teles<sup>1</sup>, dbteles@ucs.br  
Maikson Luiz Passai Tonatto<sup>2</sup>, maik.tonatto@gmail.com  
André João de Souza<sup>1</sup>, ajsouza@ufrgs.br

<sup>1</sup> Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Departamento de Engenharia Mecânica (DEMEC),  
Rua Sarmento Leite, nº 425, Porto Alegre, RS, CEP 90050-170.

<sup>2</sup> Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Cordenadoria Acadêmica, Rodovia Taufik Germano, nº 3013,  
Cachoeira do Sul, RS, CEP 96503205.

**Resumo.** Este artigo apresenta uma revisão da literatura sobre válvulas industriais. São abordados aspectos de funcionalidade, categorias de válvulas, principais componentes, aplicação na indústria petroquímica, apresentação de linhas de pesquisa e trabalhos correlatos recentes. Pretende-se apresentar à comunidade acadêmica e industrial detalhes de projetos de equipamentos mecânicos utilizados no gerenciamento de fluidos em processos produtivos. As válvulas são dispositivos projetados para bloquear, misturar, controlar a vazão, a pressão e a temperatura de fluidos em diversos segmentos tais como petróleo e gás, papel e celulose, química, nuclear, alimentícia, e todas as atividades que contenham a necessidade de manipulação de substâncias líquidas, gasosas ou mistura de ambos. Ademais, este estudo apresenta-se como uma referência complementar relacionado a manual e seleção de equipamentos, conforme os requerimentos da aplicação.

**Palavras chave:** Válvulas Industriais. Acessórios de tubulações. Análise de funcionamento, Equipamentos mecânicos, Revisão da literatura.

**Abstract.** This article presents a literature review on industrial valves. Functionality aspects, valve categories, principal components, application in the petrochemical industry, presentation of research lines, and recent works are discussed. It intends to present the academic and industrial community details of mechanical equipment projects used in fluid management in production processes. Valves are devices designed to block, mix and control the flow, pressure, and temperature of fluids in several segments such as oil and gas, pulp and paper, chemical, nuclear, food, and all activities that contain the need to handle liquid or gaseous substances or a mixture of both. Moreover, according to application requirements, this study presents a complementary reference associated with the manual and equipment selection.

**Keywords:** Industrial Valves. Pipe fittings. Functional analysis, Mechanical equipment, Literature review.

### 1. INTRODUÇÃO

Ao longo da história, as necessidades humanas sempre foram propulsoras para as grandes invenções. Essa afirmativa é válida quanto ao surgimento e desenvolvimento das válvulas. Estima-se que algum tipo de comporta era utilizada em canais de irrigação por civilizações antigas, como os egípcios, em suas atividades agrícolas. Também existem relatos de tubulações e válvulas feitas em bambu, aplicadas em aquedutos, utilizados por povos antigos que abitavam a região da China. Os primeiros projetos de válvulas considerados sofisticados estão atrelados às civilizações grega e romana. Válvulas de bronze foram encontradas nas ruínas de palácios e prédios públicos do Império Romano, que remetem sua utilização em meados do Século I (Lyons, 1982; VMA, 2013).

Uma fase decisiva na evolução dos projetos de válvulas foi a revolução indústria, no Século XVIII. O desenvolvimento das máquinas a vapor direcionou os projetos mecânicos da época. Nesse contexto se destacam os motores a vapor de simples e duplo pistão efeito, que incluíam diversas válvulas com mecanismos de funcionalidade semelhantes às válvulas do tipo retenção, macho e borboleta da atualidade (BVAA, 2010).

Em 1900, uma válvula do tipo borboleta foi utilizada no primeiro automóvel desenvolvido pela Mercedes Benz, aplicada no pedal do acelerador para controlar a vazão do combustível. Nos períodos entre a Primeira e a Segunda Guerra Mundial, os conceitos de funcionalidade de válvulas já desenvolvidos e utilizados na indústria do vapor foram aprimorados. Iniciou-se a aplicação de critérios específicos na seleção de materiais para a fabricação de componentes de válvulas, visando aumentar a vida útil quando aplicadas em equipamentos bélicos (BVAA, 2010).

Um marco importante para os projetos de válvula foi a descoberta do material politetrafluoroetileno (PTFE), pelo Dr. Plunkett no laboratório Jackson da Du Pont<sup>®</sup>, em Nova Jersey. No início dos anos 60, esse material polimérico de baixo coeficiente de atrito e inerte a maioria dos compostos químicos passou a ser utilizado na fabricação de vedações, principalmente aplicadas em válvulas do tipo esfera. Este sistema de vedações à base de material polimérico mostrou-se muito eficiente quanto à capacidade de estanqueidade dos fluidos. Até aquele momento utilizavam-se vedações metálicas que, devido às dificuldades na obtenção de superfícies técnicas com bons acabamentos nos processos de usinagem, costumavam a apresentar vazamentos indesejados. Nos anos seguintes, o uso de polímeros de engenharia em válvulas se tornou uma prática comum, principalmente na fabricação de vedações. Foram desenvolvidos compostos com melhores propriedades mecânicas como o PTFE reforçado com fibra de vidro e carbono, denominados RPTFE. Outras classes de polímeros também passaram a serem empregados em vedações de válvula como a Poliamida-6 (Devlon<sup>®</sup>), o Poliéterétercetona (PEEK), entre outros (BVAA, 2010; Ednesajad, 2003).

Nas últimas décadas do século XX, verificou-se o desenvolvimento e os avanços tecnológicos da indústria do petróleo e gás a nível mundial. Neste contexto, diversas normas internacionais foram desenvolvidas e estabelecidas para a fabricação de equipamento para este segmento, visando padronização, segurança e atendimento das aplicações requeridas (VMA, 2013). A partir dos anos 2000, verificou-se o crescimento de trabalhos de pesquisa e desenvolvimento relacionados a válvulas industriais, principalmente para aplicações em óleo e gás. Os fatores que contribuíram para esse desenvolvimento tecnológico foram a qualificação dos profissionais, o uso de ferramentas computacionais na fase de concepção de projetos, os avanços tecnológicos na área de processos de fabricação, a atualização de diretrizes provenientes de normas internacionais, e as necessidades críticas e desafiadoras que as indústrias petroquímicas apresentaram no seu processo produtivo (Teles, 2020).

Contudo, neste artigo, serão apresentados os aspectos relacionados ao funcionamento dos principais tipos de válvulas industriais, explanação dos mecanismos de funcionalidade, detalhes sobre aplicações na indústria de óleo e gás, estudos recentes relacionados as linhas de pesquisa, no campo da Engenharia Mecânica, correlacionadas as válvulas industriais.

## 2. TIPOS DE VÁLVULAS

Atualmente, diversas categorias de projetos de válvulas estão disponíveis para diferentes aplicações. O conhecimento detalhado de cada família de equipamentos e sua funcionalidade contribui de forma extremamente importante para a seleção, aplicação, segurança, manuseio e manutenção desses implementos. Seja para um experimento realizado por estudantes de graduação ou até mesmo em uma aplicação complexa, *subsea*, relacionada a exploração de petróleo, a seleção correta da válvula está intimamente ligada ao alcance dos resultados esperados de produção. Cabe ressaltar que grande parte das falhas em operação, baixa vida útil, falha de segurança e acidentes em aplicações industriais, estão atreladas à seleção incorreta do equipamento. Desta forma, não ocorre o atendimento pleno das necessidades do processo (Sotoodeh, 2021; Teles, et al., 2020).

### 2.1. Classificação quanto a função

Para Mathias (2014) e Silva (2010), os tipos de válvulas industriais são divididos em quatro categorias, conforme a função que exercem em um sistema de fluxo:

- a) **Válvulas de bloqueio:** proporcionam obstrução completa ao escoamento do fluxo. Possuem alta capacidade de vazão quando abertas, pois o diâmetro de passagem do fluxo é praticamente igual ao diâmetro de passagem da tubulação que estão acopladas, minimizando a perda de carga. Modelos mais utilizados: válvulas do tipo esfera, gaveta e macho.
- b) **Válvulas de controle:** oferecem restrição variável ao escoamento do fluxo. Geralmente, mesmo totalmente aberta, proporcionam perda de carga no sistema em função da geometria interna do corpo da válvula, que possuem restrições para a passagem do fluido. Modelos mais utilizados: válvulas do tipo globo, borboleta, agulha e diafragma.
- c) **Válvulas de retenção:** permitem o escoamento em um único sentido, enquanto seu elemento móvel de vedação permanece na posição aberta. Ao ser interrompido, ou alterado, a direção do fluxo, a mesma efetua a vedação automaticamente. Modelos mais utilizados: válvulas de retenção portinhola, retenção esfera e retenção pistão.
- d) **Válvulas de segurança:** utilizadas para alívio de pressão, são instaladas em processos, para evitar o excesso de pressão no sistema, garantindo a segurança nas aplicações. Utiliza a energia do próprio fluido que controla, para sua operação. Modelos mais utilizados: válvulas de alívio e segurança.

A Figura 1 apresenta exemplos de uma válvula de cada grupo mencionado.

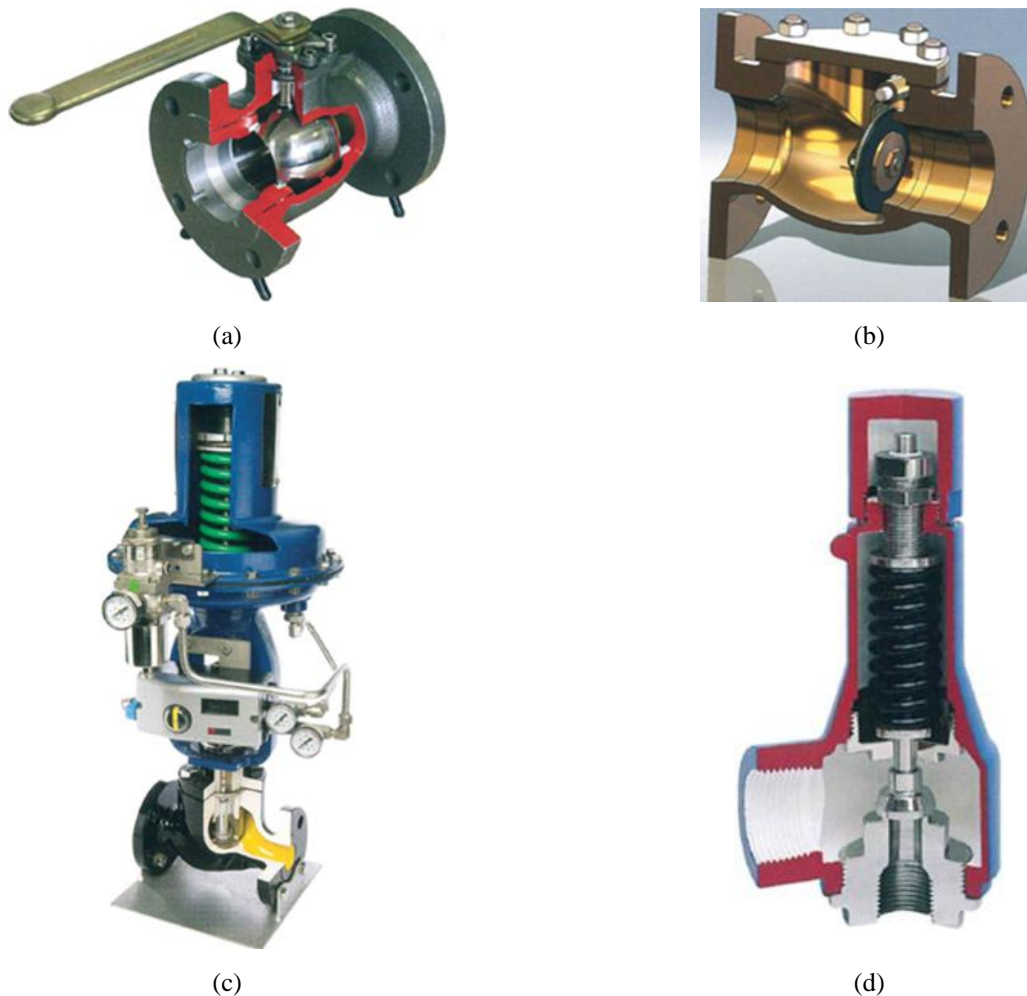


Figura 1. Exemplo de tipo de válvula conforme a finalidade da aplicação: (a) válvula esfera (bloqueio); (b) válvula de portinhola (retenção); (c) válvula globo (controle); (d) válvula de alívio (segurança) (Greenhalgh, 2010).

## 2.2 Classificação quanto à funcionalidade do obturador

Segundo Smith e Zappe (2004) e para Greenhalgh (2010), as válvulas industriais podem ser classificadas em quatro grupos, conforme o mecanismo de funcionamento e movimento do obturador, para a execução da estanqueidade ou controle de fluido.

- Válvulas de fechamento axial: nelas, o obturador se desloca em direção axial à vedação. Exemplo: válvula globo.
- Válvulas de lâminas deslizantes: possuem obturador em forma de lâmina paralela ou em ângulo, que se move cruzando o sentido do fluxo perpendicularmente, interrompendo a sua passagem. Exemplos: válvulas do tipo gaveta de cunha paralela e gaveta de cunha em ângulo.
- Válvulas rotativas: o obturador destas pode ter formato esférico, plugue ou disco, e realiza movimento de rotação para bloquear o fluxo, geralmente  $\frac{1}{4}$  de volta. Exemplos: válvulas esfera, macho e borboleta;
- Válvulas de fechamento flexível: possuem membrana de material flexível que recebe compressão do obturador para impedir a passagem do fluido. Exemplo: válvula diafragma.

Na Figura 2 são ilustrados os padrões construtivos mencionados.

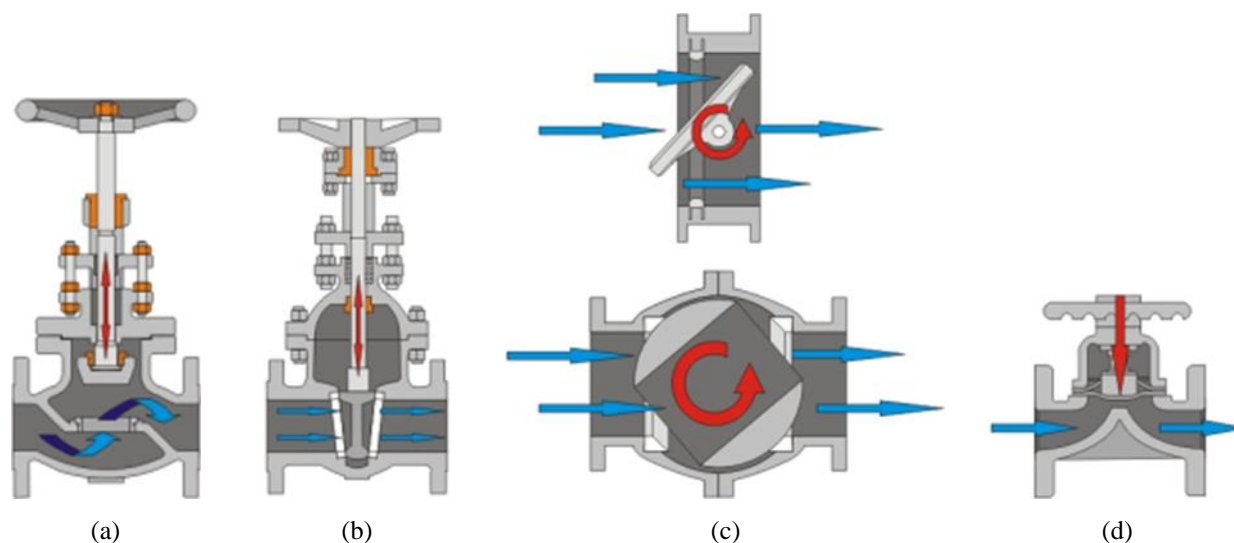


Figura 2. Esboço do tipo de válvula conforme movimento e funcionalidade do obturador: (a) válvula de fechamento axial; (b) válvula de lâminas deslizantes; (c) válvulas rotativas; (d) válvulas de fechamento flexível (Adaptado de Smith e Zappe, 2004; Greenhalgh, 2010).

As válvulas podem ter diâmetros de passagem pequenos como, por exemplo, 1/2", pesando algumas gramas, ou até mesmo bitolas de grande porte, por exemplo, a válvula de 42", pesando 16,3 toneladas. Estes equipamentos são projetados conforme normas nacionais e internacionais, requisitos de usuários e *know-how* de fabricantes. O atendimento a normas internacionais permite que as válvulas sejam intercambiáveis em qualquer parte do mundo. Estes padrões construtivos estão relacionados a diversos parâmetros, tais como extremidades (conexões com as tubulações), diâmetro de passagem do fluido, espessura de parede do corpo, grupos de materiais e classes de pressão. Também são utilizados requisitos normativos para realização de testes de aceitação em fábrica e inspeções (ABNT NBR 15827, 2018).

### 3. VÁLVULAS PARA ÓLEO E GÁS

Dentre os diversos segmentos produtivos que envolvem a manipulação de fluidos, o setor de óleo e gás destaca-se por ser o maior consumidor de válvulas indústrias. Nesse meio, uma ampla variedade de normas e especificações nacionais e internacionais são aplicáveis. Esses padrões abrangem os aspectos construtivos do produto, apresentam grupos de materiais para fabricação dos componentes e também regulamentam ensaios de aceitação em fábrica, inspeções e qualificações. Devido a elevada criticidade das aplicações petroquímicas, torna-se necessário que os profissionais do meio tenham bom nível de conhecimento sobre funcionalidade das válvulas, requisitos normativos e propriedades dos materiais empregados. Assim, pode-se esperar que os resultados requeridos sejam alcançados no processo produtivo (Teles, 2020).

Na indústria petroquímica, a porcentagem em média dos tipos de válvulas mais utilizados é de 42% Esfera, 35% Gaveta, 8% Agulha, 6% Retenção e 5% Globo (PETROBRAS/ABIMAQ, 2013). Em outros segmentos, a válvula do tipo esfera também é a mais utilizada devido ao rápido sistema de acionamento e a excelente capacidade de vedação.

As válvulas do tipo esfera possuem o obturador no formato esférico, contendo um furo passante. Este descreve um movimento rotacional de 1/4 de volta, em relação ao sentido de escoamento do fluido na tubulação, para abrir e fechar. Na posição aberta, o orifício da passagem da esfera fica totalmente alinhado com a tubulação, permitindo a vazão do fluido. Na posição fechada, o furo da esfera fica perpendicular ao sentido do escoamento do fluxo, efetuando o boqueio da passagem do fluido (Mathias, 2014; Silva, 2010). De forma mais específica, o sistema de vedação da válvula esfera junto ao obturador pode ter dois padrões construtivos: *trunnion* e flutuante (Dickeson, 1999; Smith e Zappe, 2004).

A esfera na válvula *trunnion* é bi apoiada por eixos onde o componente de vedação é denominado anel sede. Este se move em efeito pistão, realizando a vedação a montante, ou seja, na entrada da cavidade interna da válvula. Os apoios da esfera são efetuados pelo eixo *trunnion* na parte inferior e pela haste na parte superior, que efetua o movimento de rotação para mover o obturador nas posições aberto e fechado. Os esforços são absorvidos por mancais autolubrificantes que também têm a função de minimizar o atrito durante o acionamento da válvula. As linhas de centro, vertical da esfera e do corpo da válvula, permanecem alinhadas. O conceito *trunnion*, além da vedação a montante, permite estanqueidade do fluido nos dois sentidos de fluxo, efetuando a vedação denominada duplo bloqueio (Dickeson, 1999, Smith e Zappe, 2004, Teles, 2016). A Figura 3 apresenta um esboço de uma válvula *trunnion*, indicando os seus principais componentes. A haste (1) tem a função de transmitir o torque aplicado no sistema de acionamento para a movimentação da esfera. A representação é do tipo eixo livre, isto é, não está ilustrado o tipo de acionamento da válvula, que pode ser por meio de alavanca, caixa de redução, atuador pneumático, elétrico ou hidráulico. Verifica-se o contato entre a sede (5) e a esfera

(6) que possuem a função do bloqueio do fluxo. Tem-se ainda o eixo *trunnion* (10) que suporta a esfera (6), estando engastado juntamente com a haste (1). De forma geral, os componentes de uma válvula podem ser classificados conforme duas funções básicas: conter a pressão e controlar o fluxo. Os itens com a função de reter a pressão estão relacionados ao invólucro da válvula, sendo estes o corpo (4) e a tampa (8). As peças com a função de controlar o fluxo ou a pressão (haste, esfera, eixo *trunnion* e sede) estão alocados na parte interna da válvula (IOGP S-562, 2019).

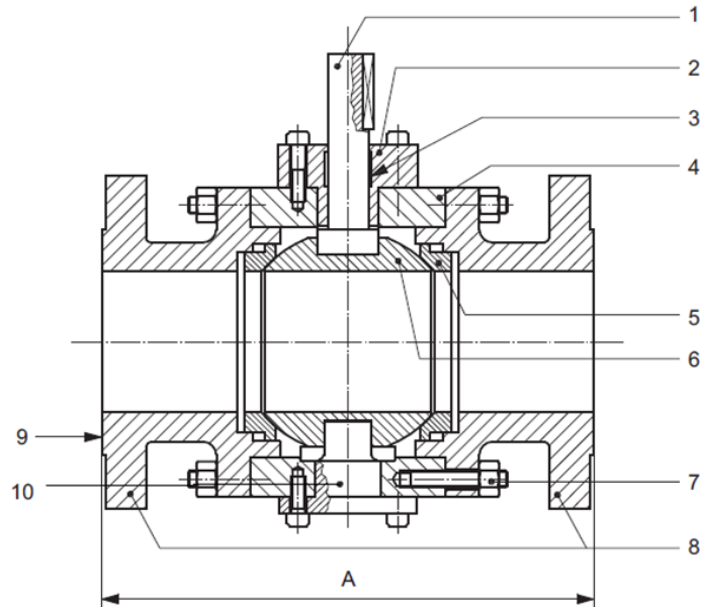


Figura 3. Esboço de uma válvula *trunnion*: (1) haste; (2) caixa de gaxetas; (3) mancal; (4) corpo; (5) sede; (6) esfera; (7) fixadores; (8) tampa; (9) face do flange; (10) eixo *trunnion*. A = medida de face a face (Adaptado de API 6D, 2014).

A válvula flutuante permite liberdade de movimento da esfera que, na posição fechada, flutua movendo-se em direção ao anel de vedação. Ocorre pequeno deslocamento do eixo central vertical da esfera com relação ao eixo central vertical da válvula durante o processo de obstrução do fluxo. Ao ser aplicada a pressão de fluxo a montante, ou seja, na entrada da válvula, a esfera desloca-se comprimindo a sede efetuando vedação a jusante, ou seja, na saída da cavidade interna da válvula (Dickeson, 1999; Smith e Zappe, 2004; Teles, 2016). A Figura 5 apresenta um desenho esquemático de uma válvula do tipo esfera flutuante.

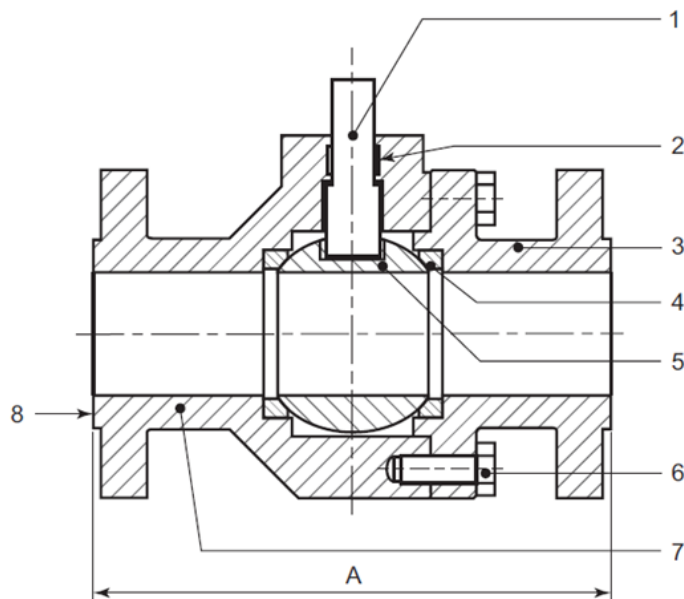


Figura 4. Esboço de uma válvula flutuante: (1) haste; (2) mancal; (3) tampa; (4) sede; (5) esfera; (6) fixadores; (7) corpo; (8) face do flange. A = medida de face a face (Adaptado de API 6D, 2014).

As principais normas relacionadas a estes projetos são:

- **API 6D (2014)**: apresenta especificações de materiais, requisitos de ensaios, limites de composições químicas e indica outras normas específicas para cada tema relacionado a materiais. Seu escopo abrange as bitolas de ½” até 60”, nas classes de pressão 150, 300, 600, 900, 1500 e 2500;
- **ISO 17292 (2015)**: descreve as válvulas metálicas do tipo esfera nos diâmetros nominais de ¼” a 24”, para as classes de pressão 150, 300, 600 e 800. Para válvulas na classe 800, a norma abrange somente válvulas com extremidades roscadas e soldadas;
- **ASME 16.34 (2020)**: exhibe os grupos de materiais, definições das classes de pressão, indicações de normas complementares de testes e inspeções. A classe de pressão é designada por esta norma, como um número adimensional relacionado a faixas de temperaturas e pressões máximas de trabalho, que podem ser empregadas em uma válvula, conforme o material utilizado na fabricação do corpo do equipamento;
- **ABNT NBR 15827 (2018)**: mostra a seleção de materiais para válvulas esfera conforme o processo de fabricação, pois especifica material forjado para a fabricação do corpo de válvulas de pequeno diâmetro de passagem, ½” a 1½”, para classes de pressão igual e maiores que 800. O material obtido por fundição é aceitável para válvulas maiores, como, por exemplo, bitolas de 2” a 42” para as classes 150 e 300. Também apresenta especificação de materiais para a fabricação de protótipos de válvulas, para a realização de ensaios de homologação de produto. Para este tipo de qualificação, a especificação de materiais para válvula esfera preconiza o corpo em aço carbono e os componentes internos em aço inoxidável com 13% de cromo em sua composição.

#### 4. LINHAS DE PESQUISA E TRABALHOS RECENTES

As válvulas industriais são equipamentos que apresentam diversas possibilidades de estudos em diversas áreas da engenharia. Em se tratando das linhas de pesquisas relacionadas a Engenharia Mecânica, os seguintes tópicos se destacam:

- **Processos de Fabricação**: destaca-se a Metalurgia, devida ao fato que os componentes das válvulas são fabricados principalmente pelos processos de fundição em areia, microfução e forjamento. Os aços mais utilizados são do tipo carbono, martensíticos, austeníticos e duplex. Ainda relacionado aos Materiais de Construção Mecânica, destaca-se a utilização dos materiais poliméricos empregados nos sistemas de vedações (ASME 16.34, 2020; Teles, 2020). Outra temática muito importante são os estudos relacionados aos Processos de Usinagem. Para um funcionamento adequado e maior vida útil em operação, torna-se necessário o alcance dos parâmetros de qualidade, estabelecidos quanto as superfícies técnicas. As interfaces, principalmente nas regiões de vedações, devem conter acabamento com baixa rugosidade e elevada precisão dimensional. Desta forma, pode-se alcançar bons resultados relacionados a capacidade de vedação, menor coeficiente de atrito e menor desgaste do par tribológico, por exemplo, sede e esfera. Melhores acabamentos geram menores esforços para o acionamento, garantindo diminuição do torque de operação, permitindo assim que a seleção do sistema de automação possa ser especificada com custos minimizados;
- **Tribologia**: destaca-se o trabalho de Peng et al., (2021), onde foram realizados estudos comparativos quanto a taxa de vazamento entre a sede e a esfera (metálicos), por meio de cálculos numéricos utilizando dois modelos matemáticos, em comparativo com testes experimentais. Foi abordado o sistema de vedações de válvulas do tipo cartucho, onde se verificou a eficiência da qualidade das superfícies técnicas de materiais metálicos quanto a capacidade de vedação;
- **Resistência dos Materiais**: a concepção de um projeto de válvulas está atrelada a realização de memoriais de cálculos analíticos. Essa premissa é requisito da norma ABNT NBR 15827 (2018), que indica a utilização dos códigos ASME Division 2 (2021) e ASME Section 2 Part D (2021), quanto aos critérios para análise de tensões admissíveis e propriedades dos materiais utilizados nos componentes de válvula. Diversos cálculos são realizados relacionados a integridade estrutural dos equipamentos. Atualmente são utilizadas ferramentas computacionais para a análise por elementos finitos. Um trabalho de referência neste tema, é a tese de doutorado de Rossetto (2016) em que o autor apresenta estudos de avaliação da integridade estrutural de válvulas industriais do tipo esfera e gaveta, comprovando a importância deste tipo de análise de projeto em fase anterior à fabricação e minimizando a ocorrência de problemas técnicos durante os testes e até mesmo durante a operação;
- **Fenômenos de Transporte**: estudos importantes são realizados na área de Mecânica dos Fluidos. Nesse tópico se destacam os trabalhos relacionados a perda de carga, resistência do equipamento a pressões estáticas e cálculos de vazões para válvulas que exercem a função de controle de fluxo. Ferramentas computacionais são amplamente utilizadas para análises numéricas de escoamentos. Nesta linha de pesquisa destaca-se o trabalho de Asim et al., (2019) em que os autores analisaram o escoamento de fluidos conforme a variação da geometria do obturador de uma válvula globo de controle. Foram realizados simulações computacionais e ensaios práticos. Nesse estudo foi possível alcançar a geometria ideal do sistema de vedação a ponto de atender as exigências da aplicação;



- **Energia:** investigações existem em diversas indústrias com a necessidade de aplicações de válvulas em sistemas térmicos de altas temperaturas, bem como em temperaturas criogênicas a  $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Para o atendimento às necessidades dessas aplicações críticas, estudos criteriosos quanto a seleção de materiais, a realização de simulações numéricas e ensaios práticos de homologação tornam-se necessários. Neste contexto, destaca-se o estudo de Teles et al., (2020) em que os autores avaliaram o desempenho de uma válvula do tipo esfera *trunnion*, por meio de ensaios ciclos em protótipos, utilizando a pressão e a temperatura máxima para o sistema de vedação empregado. Ao longo dos ensaios cíclicos de abertura e fechamento com tomadas de pressão, foram coletados dados simultâneos tais como pressão, temperatura, torque e posição de abertura. A plotagem desses dados em relação ao tempo originou as denominadas assinaturas de desempenho dos protótipos. Este trabalho permitiu analisar a atuação do equipamento e correlacionar com possíveis defeitos que os mesmos podem apresentar durante a aplicação real em uma indústria petroquímica.

A Figura 5 esboça esquematicamente algumas linhas de pesquisas aplicáveis aos estudos das válvulas industriais.

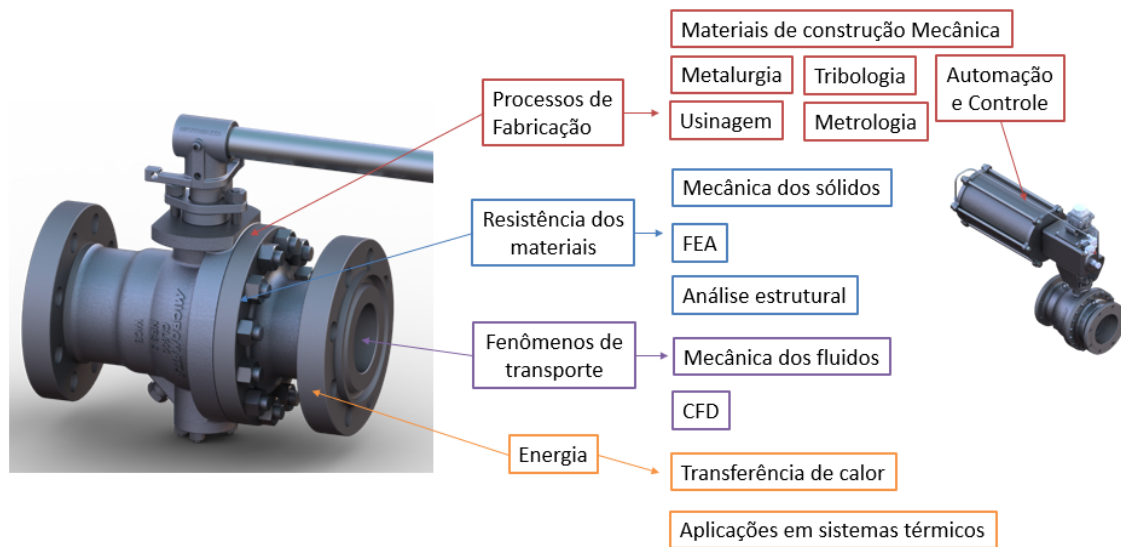


Figura 5. Esquema demonstrativo de algumas áreas de pesquisa relacionadas às válvulas industriais.

## 5. CONCLUSÃO

As principais conclusões dessa revisão bibliográfica são sumariadas nos tópicos que se seguem.

- As válvulas industriais foram criadas e desenvolvidas de acordo com as necessidades. Foram aprimoradas, de certa forma, por meio de conhecimentos empíricos até praticamente o final do século XX. Isso gerou margem para inúmeros estudos que vem sendo realizados sobre estes equipamentos a partir dos anos 2000.
- A seleção adequada do tipo de válvula quanto à função que mesma poderá exercer em uma tubulação é de extrema importância para o atendimento das necessidades das aplicações. Portanto, cabe aos profissionais do meio terem bom nível de conhecimento relacionado aos equipamentos e aos processos.
- As válvulas industriais são concebidas em diversos aspectos sob requisitos normativos, o que as tornam intercambiáveis em qualquer parte do mundo. Porém, há diversos aspectos do projeto que não são contemplados pelas normas e requerem estudos para seu desenvolvimento.
- As normas não cobrem aspectos relacionados a desempenho, dimensionamento, vida útil e adequações a aplicações específicas. Com isso, verificam-se as inúmeras oportunidades de estudos em diversas linhas de pesquisa da Engenharia Mecânica. Diversos temas vêm sendo abordados nos estudos atuais; porém, existem espaços para novas pesquisas, principalmente quanto a válvulas aplicadas no setor de *Oil & Gas*.
- Por fim, este trabalho apresenta-se como uma referência complementar, sendo utilizado quanto ao entendimento e auxílio na tomada de decisões de seleções de válvulas indústrias conforme dada aplicação.

## 6. REFERÊNCIAS

- ABNT NBR 15827, 2018. Válvulas industriais para instalação de exploração, produção, refino e transporte de produtos de petróleo - Requisitos de projeto e ensaio de protótipo. Rio de Janeiro.
- API 6D, 2014. Specification for Pipeline Valves.
- ASME VIII Division 2, 2021. Rules for Construction of Pressure Vessels.
- ASME B16.34, 2020. Valves Flanged, Threaded, and Welding End.
- ASME Section II, Part D., 2021. Materials.
- Asim, T; Mishra, R; Oliveira, A; Charlton, M., 2019. Effects of the geometrical features of flow paths on the flow capacity of a control valve trim, *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 172 (2019) 124-138.
- BVAA, 2010. BRITISH VALVE & ACTUATOR ASSOCIATION. The Valve e Actuator Users' Manual. 6. Edition.
- Dickenson, T. C., 1999. Piping and Pipelines Handbook. 3<sup>o</sup> edition.
- Ednesajjad, S., 2003. Fluoroplastics - Melt processible fluoropolymers - The Definitive User's Guide and Databook. Norwich: Plastics Design Library.
- Greenhalgh, M., 2010. Valve & Actuator: Users' Manual. British Valve & Actuator Association BVAA.
- IOGP S-562, 2019. Supplementary Requirements to API Specification 6D Ball Valves.
- ISO 17292, 2015. Metal ball valves for petroleum, petrochemical and allied industries.
- Lyons, J. L., 1982. Lyons' Valve Designer's Handbook. New York, 1<sup>o</sup> edição.
- Mathias, A. C., 2014. Válvulas: Industriais, segurança, controle: tipos, seleção, dimensionamento. São Paulo, 2<sup>o</sup> edição.
- Peng, C.; Fischer, F. J.; Schmitz, K.; Murrenhoff, H., 2021 Comparative analysis of leakage calculations for metallic seals of ball-seat valves using the multi-asperity model and the magnification-based model, *Tribology International*, Volume 163.
- PETROBRAS / ABIMAQ, 2013. Encontro com fabricantes de válvulas. São Paulo.
- ROSSETTO, D. R. Avaliação da Integridade Estrutural de Projetos de Válvulas do Tipo Esfera Trunnion e/ou Gaveta Utilizadas nas Instalações de Petróleo. 2016. 177 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais, Porto Alegre, 2016.
- Silva, O. J. L., 2010. Válvulas Industriais. Rio de Janeiro, 2<sup>o</sup> edição.
- Smith, P.; Zappe, R. W., 2004. Valve Selection Handbook: Engineering Fundamentals for Selecting the Right Valve Design for Every Industrial Flow Application. London, 5<sup>o</sup> edition.
- Sotoodeh, K., 2021. Subsea Valves and Actuators for the Oil and Gas Industry.
- Teles, D. B. Execução de Ensaio, Análise de dados e Detecção de Falhas em Válvulas do Tipo Esfera Trunnion Utilizadas nas Instalações de Exploração, Produção, Refino e Transporte de Produtos de Petróleo. 2020. 120 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais, Porto Alegre, 2020.
- Teles, D. B.; Gouveia, S. M.; Clarke, T. G. R., 2020. Identification of leakage in ball valves by analysis of pressure and torque signatures in cyclical tests under critical operating conditions. *Engineering Failure Analysis*, 117 (2020).
- Teles, D. B., Strohaecker, T. R., & Mariano, J. F., 2016. Project and validation of industrial valve for low fugitive emission.
- VMA, 2013. VALVE MANUFACTURE ASSOCIATION OF AMERICA. 1938 - 2013 Commemorative Program (VMA) 75 Years. Washington.

## 7. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

Os autores são os únicos responsáveis pelas informações incluídas neste trabalho.