

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

VERIFICAÇÃO DE UMA SISTEMÁTICA UTILIZADA EM TESTES DE PRESSÃO EM
VÁLVULAS CONVENCIONAIS CONFORME AS NORMAS VIGENTES.

por

Renato Pessini

Monografia apresentada ao Departamento de Engenharia Mecânica da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do diploma de Engenheiro Mecânico.

Porto Alegre, Julho de 2013

VERIFICAÇÃO DE UMA SISTEMÁTICA UTILIZADA EM TESTES DE PRESSÃO EM
VÁLVULAS CONVENCIONAIS CONFORME AS NORMAS VIGENTES.

por

Renato Pessini

ESTA MONOGRAFIA FOI JULGADA ADEQUADA COMO PARTE DOS
REQUISITOS PARA A OBTENÇÃO DO TÍTULO DE
ENGENHEIRO MECÂNICO
APROVADA EM SUA FORMA FINAL PELA BANCA EXAMINADORA DO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

Prof^a. Dr^a. Thamy Cristina Hayashi
Coordenadora do Curso de Engenharia Mecânica

Área de Concentração: **Ciências Térmicas**

Orientador: Prof. Dr. Sergio Viçosa Möller

Comissão de Avaliação:

Prof^a. Dr^a. Leticia Jenisch Rodrigues

Prof. Dr. Fernando Marcelo Pereira

Prof^a. Dr^a. Thamy Cristina Hayashi

Porto Alegre, 08, Julho de 2013

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a minha mãe *Eneli Terezinha Pessini* que, com muito amor, carinho e dedicação, não mediu esforços para que esse objetivo fosse alcançado.

A minha tia *Claudina Pessini* por ter acompanhado passo a passo dessa longa jornada.

As minhas primas, em especial *Terezinha Pessini e Mariana Pessini*, pelas palavras de incentivo e apoio desde a minha chegada a universidade.

Aos colegas e amigos pela amizade e companheirismo que me acompanharam ao longo de toda a graduação, além dos inúmeros momentos de alegria que jamais serão esquecidos.

Ao meu orientador, *Prof. Dr. Sergio Viçosa Möller* por sua experiência, ensinamentos e dedicação no desenvolvimento desse trabalho.

Aos professores pelo conhecimento e conteúdo transmitido ao longo de toda a graduação.

A empresa *Megasteam Instrumentação & Mecânica Ltda* pelos recursos e auxílio técnico que contribuíram pela a elaboração desse trabalho.

A Universidade do Rio Grande do Sul pela oportunidade de crescimento a mim concedida.

PESSINI, R. (P.R.) **Verificação de uma sistemática utilizada em testes de pressão em válvulas convencionais conforme as normas vigentes**. 2013. 20. Monografia (Trabalho de Conclusão do Curso de Engenharia Mecânica) – Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.

RESUMO

Devido aos crescentes investimentos na área de petróleo e gás natural o mercado de válvulas industriais exige testes cada vez mais rigorosos a fim de atender as exigências de Garantia de Qualidade. O presente trabalho visa à verificação de uma sistemática utilizada para o teste das válvulas que serão aplicadas em uma carteira de diesel abrangendo desde a construção das unidades que compõe a carteira com seus respectivos sistemas auxiliares, bem como os demais sistemas *off-site* dessas unidades. A proposta consiste em garantir a estanqueidade e integridade física dos equipamentos através de testes de pressão, a partir desse contexto, foram utilizados como principais critérios reguladores o código de projeto ASME/ANSI B16.34 (*Valves - Flanged, Threaded, and Welding End*) e a norma API Standard 598 (*Valve Inspection and Testing*). A aquisição de dados foi feita durante a construção da carteira de diesel em uma refinaria de petróleo. Foram realizados os seguintes testes de pressão nas válvulas: Teste de corpo, teste de contra vedação e teste de vedação da sede, dentre eles, o teste de vedação da sede apresentou as maiores taxas de reprovações.

PALAVRAS-CHAVE: (tubulações industriais, válvulas, testes de pressão, normas).

PESSINI, R. (P.R.) **Analysis of a pressure test systematic used in valves according with the standards**, 2013. 20 f. Monografia (Trabalho de Conclusão do Curso de Engenharia Mecânica) – Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.

ABSTRACT

Due to the growing investments in the petroleum industry, the industrial valves market requires rigorous testing to meet the requirements of Quality Assurance. This work aims at verifying a methodology used to test the valves that will be applied on a plant of diesel, ranging from the construction of the units that make up the plant with their auxiliary systems, as well as other systems, such as the off-site units. The purpose is validating the soundness and strength of the valve structures and confirm leakages in the closure mechanisms of the valve through pressure tests, from that context, were used the standards ASME / ANSI B16.34 (*Valves - Flanged, Threaded, and Welding End*) and API Standard 598 (*Valve Inspection and Testing*). The data acquisition was done during the construction of the diesel plant in a Petroleum Refinery. The following pressure tests were performed in the valves: shell test, backseat test and closure test, among them, the closure test had the highest rate of failures.

KEYWORDS: (Industrial pipelines, Valves, pressure tests, standards).

LISTA DE FIGURAS

Figura 4.1 - Árvore de comando	7
Figura 4.2 - Prensa Hidráulica utilizada nos testes de pressão	8
Figura 4.3 - Flange de Teste.....	8
Figura 4.4 - Dispositivos de teste para válvulas angulares.....	9
Figura 4.5 – Dispositivos e válvula solda de topo.....	9
Figura 4.6 - Esquema de Teste Hidrostático	10
Figura 4.7 - Esquema de Teste Pneumático	10

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 - Testes Requeridos pela API 598.....	6
Tabela 5.1 - Válvulas de Bloqueio.....	13
Tabela 5.2 - Válvulas de Regulagem	14
Tabela 5.3 - Válvulas de Retenção	14

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AFO	Aço forjado
AFU	Aço fundido
AISI	American Iron and Steel Institute
ANSI	American National Standards Institute
API	American Petroleum Institute
ASME	American Society of Mechanical Engineers
ASTM	American Society for Testing and Materials
BSP	British Standard Pipe
DN	Diâmetro Nominal
END	Ensaio Não Destrutivo
ISO	International Organization for Standardization
N/A	Não aplicável
NPS	Nominal Pipe Size
NPT	American National Pipe
NFPA	National Fire Protection Association
PTFE	Politetrafluoretileno (Teflon)
RTJ	Ring Type Joint
STD	Standard
TH	Teste Hidrostático
TP	Teste Pneumático
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
WCB	Weldable Cast B-Grade

LISTA DE SÍMBOLOS

F	Força	N (kgf)
P	Pressão	MPa (kgf/cm ²)
D	Diâmetro do bocal da válvula	mm (cm)

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO.....	1
2	OBJETIVOS.....	1
3	FUNDAMENTOS	1
3.1	CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	1
3.2	TIPOS DE VÁLVULAS	2
3.2.1	Válvulas de Bloqueio	2
3.2.2	Válvulas de Regulagem.....	2
3.2.3	Válvulas de Fluxo em um só sentido	3
3.3	ASPECTOS CONSTRUTIVOS DAS VÁLVULAS.....	3
3.3.1	Classe de pressão e diâmetro nominal.....	3
3.3.2	Extremidades de ligação	3
3.3.3	Materiais constituintes	4
3.4	NORMAS	4
3.5	TESTES APLICADOS	5
3.5.1	Teste dos Equipamentos	5
3.5.2	Fluidos de Teste	5
3.5.3	Testes de pressão	5
4	METODOLOGIA	6
4.1	TESTE DOS EQUIPAMENTOS.....	7
4.2	TESTE DO FLUIDO.....	9
4.3	TESTES DE PRESSÃO	9
4.4	TESTE DE CORPO	10
4.5	TESTE DE CONTRA-VEDAÇÃO.....	11
4.6	TESTE DE ESTANQUEIDADE DO OBTURADOR	11
4.6.1	Teste de Estanqueidade a Alta Pressão.....	11
4.6.2	Teste de Estanqueidade a Baixa Pressão	11
4.7	SECAGEM E PRESERVAÇÃO DA VÁLVULA	11
4.8	VERIFICAÇÃO DA SISTEMÁTICA.....	12
5	APLICAÇÃO E RESULTADOS	12
6	CONCLUSÕES.....	14
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	15
	ANEXO A – TIPOS DE VÁLVULAS	16
	ANEXO B – PRESSÕES APLICADAS NOS TESTES	17
	ANEXO C – TEMPOS MÍNIMOS DE TESTE	18
	ANEXO D – VAZAMENTOS ADMISSÍVEIS NO TESTE DE PRESSÃO	19
	APÊNDICE I – TABELA DE MANÔMETROS.	20

1 INTRODUÇÃO

Carteira de diesel é nome do programa instituído pela Petrobrás para remoção do enxofre existente no óleo diesel. O objetivo do projeto carteira de diesel é a modernização tecnológica e ambiental das unidades de refino para a produção de um óleo diesel menos poluente, com menor teor de enxofre. Para isso a carteira de diesel contará com duas unidades de hidrotreatamento de diesel, as quais injetarão hidrogênio na corrente do diesel para retirada do enxofre, uma unidade de geração de hidrogênio que produzirá um hidrogênio com teor de pureza de 99,9%, uma unidade de tratamento de águas ácidas, que tratará as águas contaminadas provenientes das unidades de hidrotreatamento de diesel, e uma unidade de armazenamento de enxofre.

O refino e distribuição do petróleo são realizados por meio de tubulações e seus acessórios, dentre os quais, podemos destacar o conjunto de válvulas, sem as quais uma tubulação seria completamente inútil.

Por definição, válvulas são dispositivos destinados a estabelecer, controlar e interromper o fluxo em uma tubulação [Telles, 2001]. Podem ser muito simples e disponível em qualquer loja de ferramentas ou até ser o produto de um projeto de precisão. Além disso, podem controlar fluidos de todos os tipos, desde gases simples até produtos químicos altamente corrosivos. Podem suportar temperaturas criogênicas à de moldagem de metais, e pressões desde altos vácuos até pressões altíssimas.

As válvulas representam, em média, cerca de 8% do custo total de uma instalação de processo, portanto, antes do arranjo de tubulação entrar em operação, ou até mesmo ser testado hidrostaticamente, todas as válvulas devem ser testadas através de testes de pressão, pois vazamentos nas partes constituintes da válvula podem gerar futuramente perdas de grande valor agregado.

Poucas referências bibliográficas existem sobre o tema teste de válvulas. A literatura aberta normalmente é focada em teste de tubulações, as descrições sobre testes de válvulas como Silva Telles 2001 são geralmente sucintas focando o estabelecido nas normas técnicas API 598, API Standard 6D e API 602.

2 OBJETIVOS

O objetivo do presente trabalho se resume na verificação de uma sistemática utilizada nos testes de pressão das válvulas que serão aplicadas em uma carteira de diesel em uma refinaria de petróleo. Ao final dos testes de pressão será verificado se a sistemática atende as normas e códigos que regem os testes de pressão.

Todas as válvulas que serão aplicadas no processo devem satisfazer as exigências impostas pelos padrões de qualidade, portanto, devem garantir a estanqueidade e integridade física antes de serem instaladas nos arranjos de tubulações que constituirão a carteira.

3 FUNDAMENTOS

3.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

As válvulas são os acessórios mais importantes existentes nas tubulações, e por isso devem merecer o maior cuidado na sua seleção, especificação e instalação.

A fim de garantir que as válvulas estejam aptas a desempenhar suas funções sob condições normais com segurança, são aplicados testes de pressão onde se simula uma condição operacional acima da estimada no projeto, a fim de garantir que em operação normal (a pressões mais baixas) não ocorrerão falhas ou vazamentos.

Para o teste de pressão é importante que seja feita uma avaliação detalhada do tipo de válvula, desde os aspectos construtivos da mesma até as condições de operação que

ela será submetida. Essa avaliação irá influir na escolha dos melhores métodos para a realização dos testes.

O teste hidrostático (TH), pressurização com água, é o meio mais utilizado para assegurar a adequação ao uso de componentes pressurizados; porém, algumas vezes o TH pode ser substituído por um teste pneumático (TP), pressurização através de ar comprimido. Por ser um teste aplicado em pressões acima das pressões de operação e de projeto, sua realização está muitas vezes sujeita a falhas, desde o aparecimento de pequenos vazamentos, crescimento de descontinuidades de soldas, até rupturas catastróficas durante a sua realização.

3.2 TIPOS DE VÁLVULAS

Antes de início de uma inspeção em qualquer equipamento necessitamos conhecer todos os detalhes do produto. As válvulas convencionais mais utilizadas na indústria são as válvulas de bloqueio, em que as válvulas de gaveta e as de esfera aparecem como principais exemplos, as válvulas de regulação, as quais se destacam as válvulas globo e globo angular, e por fim, válvulas com fluxo em um só sentido, em que a válvula de retenção é a mais comumente encontrada.

O estudo detalhado das funções e componentes do tipo de válvula se torna necessário para a avaliação do método mais eficiente de teste, além disso, durante o teste de pressão é necessário que o manuseio da válvula seja realizado de maneira correta. Os detalhes construtivos das válvulas descritas a seguir encontram-se no Anexo A.

3.2.1 Válvulas de Bloqueio

Conhecidas também como válvulas *on-off*, essas válvulas só podem operar totalmente abertas ou totalmente fechadas. O obturador (cunha) em posição intermediária pode sofrer desgaste por erosão em razão do brusco aumento de velocidade do fluido.

A válvula de gaveta é a mais importante e de uso mais generalizado. Suas principais características estão em sua mínima obstrução à passagem de fluxo, quando totalmente aberta, e por apresentarem ótima estanqueidade, quando totalmente fechadas. Além disso, possuem fluxo bidirecional, facilidade de manutenção e grande diversidade de diâmetros e meios de ligação.

O segundo objeto de estudo é a válvula de esfera, a qual é caracterizada pela forma esférica do elemento de vedação. A esfera é o obturador, que executa a abertura e o fechamento da válvula. Essa válvula apresenta mínima obstrução a passagem de fluxo e é utilizada em processos onde a abertura e fechamento do obturador são mais frequentes.

Existem duas formas de construção, a flutuante e a *trunnion*. Na flutuante a força de pressão do fluido a montante aplicada sobre a esfera faz com que a mesma flutue ao encontro da sede, ocasionando a vedação à jusante, nesse caso a esfera é suportada pelas sedes. A *trunnion* possui dois eixos, superior e inferior capazes de reter a esfera quando submetida a pressões bastante elevadas, garantindo que as sedes não sofram dano e reduzindo o torque operacional da válvula.

3.2.2 Válvulas de Regulação

São chamadas válvulas de regulação, pois permitem uma regulação eficiente da vazão em qualquer posição desejada.

As válvulas de regulação mais comumente encontradas na indústria são as válvulas globo. Caracterizadas pela forma globoidal do corpo são empregadas em serviços que requerem operações frequentes de abertura e fechamento, além disso, possuem ótima estanqueidade quando totalmente fechadas. Esse tipo de válvula permite fluxo em somente em um sentido.

Uma derivação das válvulas globo são as válvulas globo angulares, as quais possuem as mesmas características da válvula globo convencional, porém, diferenciam-se apenas na configuração do corpo, onde as extremidades de entrada e saída estão dispostas a 90° entre si. As válvulas globo angulares encontradas na indústria petrolífera geralmente são utilizadas em hidrantes de incêndio

3.2.3 Válvulas de Fluxo em um só sentido

As válvulas de fluxo em um só sentido, ou unidirecionais, mais comumente encontradas são as válvulas de retenção. A obstrução do escoamento se dá há uma tendência de inversão no sentido de escoamento. As válvulas de maior diâmetro normalmente apresentam como obturador um disco (portinhola). Já as válvulas de pequenos diâmetros apresentam como obturador um pistão.

Em alguns tipos de válvulas, principalmente as de alta pressão, o diferencial de pressão a montante e a jusante do obturador é muito alto, isso torna necessário a instalação de um “*by pass*” ou válvula de contorno em operações de abertura do obturador. O objetivo desse sistema é a equalização das pressões diminuindo a pressão na cunha (obturador) e, conseqüentemente, a diminuição da força de atrito entre cunha e anel sede poupando os internos das válvulas. É necessário que a válvula do “*by-pass*” seja testada assim como a válvula principal.

3.3 ASPECTOS CONSTRUTIVOS DAS VÁLVULAS

Antes do início dos testes de pressão, além do tipo de válvula, funções e seus componentes, o profissional habilitado deve fazer o correto dimensionamento dos dispositivos de apoio ao teste (flanges, conexões, acoplamentos, entre outros). Para isso é necessário o conhecimento dos aspectos construtivos da válvula, como diâmetro nominal, classe de pressão, extremidade de ligação e materiais constituintes da válvula, pois, no momento do teste, o operador já deve ter em mãos todas as informações e equipamentos necessários para a correta estanqueidade das válvulas.

3.3.1 Classe de pressão e diâmetro nominal

A classe de pressão é uma designação normatizada por números adimensionais: 150#, 300#, 400#, 600#, 900#, 1500#, 2500# e 4500# [ASME B16.34]. A classe de pressão 800# é normatizada pela API 602. Enquanto a classe de pressão 200# é normatizada pela MSS SP-80.

O diâmetro nominal (DN), ou *nominal pipe size* (NPS), é uma designação imposta a cada válvula, normatizada pela norma ANSI/ASME B16.34. Pode ser expresso em milímetros (mm) ou mais comumente encontrado em polegadas (pol.).

3.3.2 Extremidades de ligação

As válvulas com os extremos rosqueados são normalmente empregadas em tubulações de pequenos diâmetros e são especialmente indicadas para as instalações industriais de pequena responsabilidade. Os tipos de rosca mais comumente encontrados em válvulas são NPT ou BSP, para as válvulas angulares utilizadas em hidrantes podem ser encontradas rosca do tipo NFPA.

As válvulas com os extremos do tipo encaixe e solda são empregadas em instalações industriais de alta responsabilidade, onde se deseja uma estanqueidade perfeita e ainda facilidade e rapidez na montagem. São indicadas para serviços com altas pressões. Empregadas em válvulas de pequenos diâmetros, este tipo de ligação é normalizado pela norma americana ASME / ANSI B16.11.

As válvulas com as extremidades solda de topo são empregadas em instalações industriais de grande responsabilidade e onde se deseja uma estanqueidade perfeita. São indicadas para serviços com altas pressões e para fluidos perigosos. Normalmente empregadas em válvulas de médios e grandes diâmetros fabricadas em aço carbono fundido ou aço inox fundido. Este tipo de ligação é normalizado pela norma americana ASME / ANSI B16.25.

As válvulas com os extremos flangeados são empregadas nos mais diversos serviços industriais desde os mais simples aos mais perigosos, englobando as mais variadas classes de pressão e temperatura. Na fabricação de válvulas flangeadas são empregados diversos materiais como o bronze, aços fundidos e ainda outros mais sofisticados e exóticos para aplicações especiais. Este tipo de ligação é normalizado pela norma americana ASME / ANSI B16.5.

As extremidades de ligação juntamente com classe de pressão e diâmetro nominal servem como referencia para o correto dimensionamento dos dispositivos e flanges que farão parte do sistema de apoio aos testes de pressão.

3.3.3 Materiais constituintes

O conhecimento dos materiais constituintes da válvula se torna necessário para a definição da pressão de operação da válvula.

Existe uma infinidade de materiais constituintes de válvulas. Os materiais encontrados em válvulas são bronze, aço carbono, aço liga, aço inox e PTFE (teflon), os quais são empregados na construção do corpo e internos das válvulas.

O Bronze é empregado para válvulas de baixa responsabilidade como redes de incêndio, água ou óleo.

Os aços são empregados nos mais variados processos, podem ser forjados, os quais são empregados em válvulas de pequenos diâmetros com extremidades para solda de encaixe ou em válvulas de médio porte com extremidade solda de topo. Já o aço fundido é empregado em válvulas de médios e grandes diâmetros com extremidades flangeadas. Os aços inoxidáveis são encontrados nos internos das válvulas independente do diâmetro da válvula.

O PTFE (teflon) é o material mais usado na vedação das válvulas tipo esfera.

3.4 NORMAS

Inúmeras são as normas técnicas que especificam os ensaios que devem ser aplicados em válvulas. Existem diversas normas e códigos referentes a testes de pressão em válvulas industriais, porém os principais são:

API Standard 598 - Teste e Inspeção em Válvulas: Esta norma abrange inspeção, exames adicionais, preservação, armazenagem e exigências do teste de pressão para válvulas de sede elástica, sede não elástica e sede metal-metal das válvulas do tipo gaveta, globo, macho, esfera, retenção e válvulas borboleta. Esta é a norma mais utilizada nos testes de pressão em válvulas destinadas a indústria petrolífera, sendo a base da sistemática utilizada no teste das válvulas do empreendimento.

API Specification 6D – Válvulas para tubulações: Esta norma especifica desde os requisitos para o projeto, fabricação até os testes de pressão, preservação e armazenagem das válvulas. O diferencial dessa norma são as exigências do teste de vedação em válvulas esfera de construção *trunnion*.

ANSI/ASME 16.34 – Válvulas flangeadas, rosqueadas ou encaixe para solda: Através dessa norma que são obtidas as pressões de operação de cada válvula e depois estabelecidas as pressões de teste (Anexo B).

API Standard 602: - Válvulas gaveta compactas, flangeadas, rosqueadas, soldadas e com corpo estendido. Esta norma contém interdependência entre a pressão de operação, temperatura e material para válvulas de classe de pressão 800#, através dessas

informações é possível definir as pressões de teste para esta classe de pressão (Anexo B), já a mesma não esta presente no ASME B 16.34.

ANSI/ASME 16.5 – Flanges de Aço Forjado: Esta norma abrange flanges nos diâmetros nominais até DN 600 (NPS 24”) e classes de pressão 150#, 300#, 400#, 600#, 900#, 1500# e 2500#.

MSS SP-80 – Válvulas globo, gaveta e retenção em bronze: Estabelece os testes para as válvulas fabricadas em bronze. Os testes são idênticos as outras normas, porém, pré-estabelece as pressões de teste (Anexo B).

3.5 TESTES APLICADOS

3.5.1 Teste dos Equipamentos

Antes que os testes de pressão sejam iniciados devem ser inspecionados todos os equipamentos e dispositivos que integram o teste de pressão (conexões, manômetros, mangueiras, flanges, dispositivos de teste, *manifolds*, entre outros).

A escolha dos manômetros é de acordo com a pressão de teste e a leitura deve ser de tal forma que a pressão esteja entre 1/3 a 2/3 do fundo de escala do manômetro de teste [PE-2AT-00032, Anexo I].

Todas as conexões (principalmente as rosqueadas) dos dispositivos de teste e dos bocais devem ser inspecionadas antes do início dos testes. As bombas podem possuir acionamento elétrico, pneumático ou manual. Além disso, recomenda-se que os *manifolds* (dispositivo onde são acoplados os manômetros) possuam projeto de detalhamento, relatório de fabricação, com procedimento de solda, relatórios dos END's, juntamente com um plano de inspeção periódica [PE-2AT-00032, Anexo III].

Outros dispositivos também devem ser inspecionados para não ocorram falhas durante a realização dos testes ou interferências na validação dos resultados.

3.5.2 Fluidos de Teste

O fluido do teste deverá ser querosene, água ou um líquido não corrosivo com viscosidade que não seja maior do que a da água. A água utilizada no teste hidrostático poderá conter óleo solúvel ou outro inibidor de ferrugem.

A temperatura do fluido do teste segundo a API 598 não deverá ultrapassar os 52°C, já segundo a ISO 5208 não deve ultrapassar os 40°C.

3.5.3 Testes de pressão

Os testes de pressão devem ser realizados em todas as válvulas de acordo com os procedimentos estabelecidos nas normas vigentes. Os testes de pressão tem o objetivo de confirmar a capacidade de estanqueidade do corpo de uma válvula e a estanqueidade dos mecanismos de fechamento (obturador), assim como a adequação da retenção de pressão da sede e contra-sede da válvula.

A estanqueidade e integridade física do corpo de uma válvula são verificadas pelo teste de corpo (*Shell Test*). Esse teste é aplicado em todos os tipos de válvulas e visa detectar o aparecimento de vazamentos nas juntas, crescimento de descontinuidades em soldas ou até rupturas catastróficas. O teste de corpo é dividido em teste hidrostático e pneumático. Segundo a API 598 o teste pneumático só é aplicável quando exigido pelo fabricante da válvula.

A pressão de teste é de no mínimo 1,5 vezes a pressão de operação, a qual depende da classe de pressão, temperatura e tipo de material da válvula.

O ensaio do corpo deve ser executado aplicando-se uma pressão internamente à válvula. A mesma deve estar com as extremidades tampadas e obturador parcialmente fechado. Nas válvulas com caixa de gaxetas o preme-gaxetas deve estar suficientemente

apertado para a manutenção da pressão do ensaio, assim testando a parte da estrutura que contém a gaxeta [API 598].

A estanqueidade dos mecanismos de fechamento são verificados pelos testes de contra-sede ou contra-vedação (*backseat test*), quando a válvula se encontra totalmente aberta, e o teste de vedação da sede (*Closure test*), quando a válvula encontra-se totalmente fechada. Esses testes visam verificar a existência de vazamentos quando os mecanismos de fechamento da válvula estão em operação.

Com exceção da norma MSS SP 80 que pré-determina as pressões de teste, as outras estabelecem que para o teste de vedação a pressão de teste deve de ser de no mínimo 1,1 vezes a pressão de operação para os testes hidrostáticos e em torno de 6,0 bar para o teste pneumático.

O teste de contra-vedação aplica-se somente a válvulas com esse tipo de sistema, mais especificadamente, válvulas de gaveta e globo. Esse ensaio deve ser realizado com a válvula totalmente aberta e com o preme-gaxetas solto. Os possíveis vazamentos são visualizados na área da gaxeta [API 598].

Conhecido também como teste de estanqueidade do obturador, o teste de vedação da sede é dividido em testes hidrostáticos e testes pneumáticos. Para as válvulas sem sentido de fluxo a pressão é aplicada sucessivamente a cada lado da válvula e subsequentemente o lado à jusante da pressão é checado para verificar possíveis vazamentos.

Para as válvulas com sentido de fluxo unidirecional, a estanqueidade deve ser verificada no sentido de fluxo, e os vazamentos verificados a jusante da válvula [API 598]. Nas válvulas de retenção a pressão deve ser aplicada na direção que tende a fechar o obturador e o lado oposto deve ser observado para identificação de vazamentos [ISO 5208].

Para as válvulas esfera *trunnion* com dreno, os vazamentos podem ser verificados pelo dreno da esfera. Isso é opcional para o teste hidrostático e obrigatório para o teste pneumático [API 6D].

A API 598 torna opcionais alguns testes dependendo do tipo de válvula, diâmetro nominal ou classe de pressão como mostra a Tabela 3.1. Já a MSS SP 80 rege que fica a critério de um profissional habilitado qual teste será aplicado na válvula.

Tabela 3.1 - Testes Requeridos pela API 598

Descrição do teste	DN ≤ 100 (NPS 4") & PN ≤ 250 (Classe 1500#)				DN ≤ 100 (NPS 4") & PN > 250 (Classe 1500#)			
	DN > 100 (NPS 4") & PN ≤ 100 (Classe 600#)				DN > 100 (NPS 4") & PN > 100 (Classe 600#)			
	Gaveta	Globo	Esfera	Retenção	Gaveta	Globo	Esfera	Retenção
Teste de Corpo (Hidrostático)	Exigido	Exigido	Exigido	Exigido	Exigido	Exigido	Exigido	Exigido
Teste de Corpo (Pneumático)	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Teste de Contra-vedação (Hidrostático)	Exigido	Exigido	N/A	N/A	Exigido	Exigido	N/A	N/A
Teste de Pressão na Sede (Hidrostático)	Opcional	Exigido	Opcional	Exigido	Exigido	Exigido	Opcional	Exigido
Teste de Pressão na Sede (Pneumático)	Exigido	Opcional	Exigido	Opcional	Opcional	Opcional	Exigido	Opcional

O tempo mínimo de inspeção varia segundo o tipo de teste, tipo de válvula e diâmetro nominal e somente pode ser cronometrado após a pressão estar totalmente estabilizada. O Anexo C mostra os tempos mínimos segundo a API 598.

Os critérios de aceitação dependem do tipo teste, válvula e diâmetro nominal. A API 598 rege que, para os testes de corpo e contra vedação, vazamentos não são permitidos, enquanto, para os testes de vedação da sede os vazamentos máximos permissível estão descritos no Anexo D. A MSS SP 80 não estabelece tempo mínimo de inspeção, apenas informa os critérios de aceitação como mostrado no Anexo D.

4 METODOLOGIA

Para a avaliação das válvulas que serão utilizadas na carteira de diesel foi feito um estudo da sistemática de teste descrita no procedimento PE-CCEP-COM-004 Rev. 2 utilizado para os testes de pressão em todas as válvulas convencionais que integram o projeto da carteira de diesel. Este procedimento é baseado na API 598 e contém um passo a passo de como as válvulas devem ser preparadas e inspecionadas a fim de atender os padrões de

qualidade, porém, assim como as normas, deixa a critério dos profissionais envolvidos a escolha dos equipamentos e método de teste.

Ao final do teste de pressão a válvula é secada com ar comprimido com o objetivo de retirar todo o excesso de água presente principalmente na sede da válvula, além disso, a válvula é engraxada para que o interior da válvula não oxide e invalide o teste de pressão. O preme-gaxeta também é engraxado e posteriormente preservado com plástico bolha.

Por fim foi feita uma análise da sistemática utilizada para os testes de pressão a fim de verificar se esse procedimento atende os requisitos das normas que regem os testes de pressão em válvulas.

4.1 TESTE DOS EQUIPAMENTOS

Antes do início dos testes foram inspecionadas todas as conexões, mangueiras e válvulas de apoio ao teste a fim de garantir que a classe de pressão dos mesmos fosse igual ou superior ao das válvulas a serem testadas, sendo que a maior classe de pressão encontrada no empreendimento corresponde a 1500#. Também foi verificado se todas as mangueiras utilizadas no teste possuíam dispositivos de segurança para evitar chicoteamento no caso do desprendimento do *manifold*. A bomba utilizada no teste é do tipo hidropneumática contendo todas as certificações necessárias para que o teste ocorra com segurança.

Também foram verificados se os *manifolds* foram submetidos a ensaios não destrutivos de líquido penetrante e teste hidrostático, a fim de garantir segurança durante a realização dos ensaios.

Para o teste hidrostático foram utilizados dois manômetros, enquanto para o pneumático foi utilizado um. O Apêndice I mostra qual manômetro deve ser utilizado no teste de pressão para uma determinada classe de pressão.

A Figura 4.1 mostra a árvore de comando do teste de pressão, esse conjunto é composto pela bomba hidropneumática, *manifold*, manômetros, mangueiras e conexões.

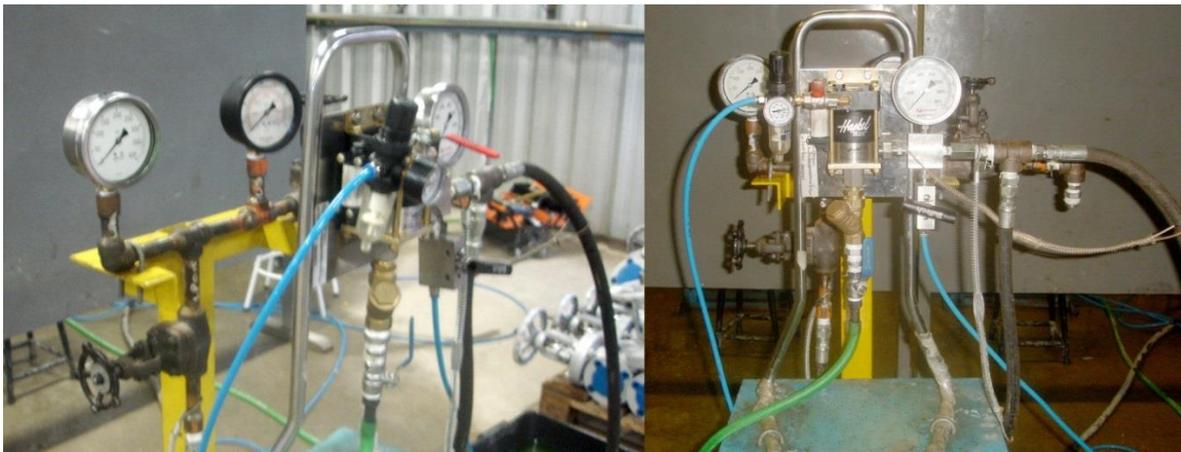


Figura 4.1 - Árvore de comando

Além da árvore de comando, as bancadas, dispositivos de teste e flanges foram corretamente dimensionados para que não ocorressem falhas durante a execução dos testes.

As válvulas com diâmetro nominal até 40 mm (1 1/2") com extremidade encaixe solda foram acopladas em dispositivos especiais montados em prensas hidráulicas. As prensas foram dimensionadas para que a força exercida pelo pistão seja maior que a força exercida pelo teste de teste de pressão. A força exercida pela pressão do fluido é dada pelo produto da pressão pela área da seção transversal da válvula, enquanto a força exercida pelo pistão da prensa é informada pelo fabricante da prensa.

Sendo, F é a força exercida pela pressão do fluido em N (kgf), P é a pressão de teste expressa em MPa (kgf/cm²) e D é o diâmetro do bocal da válvula expresso em mm (cm). A Figura 4.2 mostra a prensa hidráulica com os dispositivos de teste.



Figura 4.2 - Prensa Hidráulica utilizada nos testes de pressão

As válvulas com diâmetro nominal maior que 40 mm (1 1/2") de extremidades flangeadas foram testadas através de flanges cegos normatizados segundo o código de projeto ASME B16.5.

Os flanges cegos para teste de válvulas apresentam um furo central que serve como entrada d'água, ar comprimido, dreno e inspeção. Enquanto a vedação entre o flange e a válvula é feito com anéis de borracha nitrílica ou anéis RTJ. A Figura 4.3 mostra o flange de teste preso a válvula.



Figura 4.3 - Flange de Teste

Para as válvulas globo angulares, foram utilizados dispositivos especiais para testes. Como esse teste é considerado de baixo risco, os dispositivos foram fabricados em aço carbono ASTM A 36. A Figura 4.4 mostra os dispositivos e a válvula globo angular em teste.



Figura 4.4 - Dispositivos de teste para válvulas angulares

Para as válvulas com extremidade solda de topo, também foram utilizados dispositivos especiais para que fosse possível a vedação da válvula. Os dispositivos foram fabricados em aço carbono forjado ASTM A 105 devido ao teste ser considerado de alto risco, depois de fabricados, os dispositivos foram submetidos a um ensaio de líquido penetrante para a averiguação de descontinuidades

Para a estanqueidade dos extremos da válvula, os dispositivos foram acoplados a um flange de classe de pressão superior a da válvula, a qual foi prensada através de tirantes. A Figura 4.5 mostra os dispositivos e a estanqueidade da válvula solda de topo.



Figura 4.5 – Dispositivos e válvula solda de topo

4.2 TESTE DO FLUIDO

O fluido de teste utilizado foi água potável adicionada com óleo solúvel inibidor de corrosão. O óleo utilizado foi o Bio lub produzido pela Biolub Química Ltda, o qual conforme instruções do fabricante foi diluído na água numa proporção de 1:20 ou 5% (1 litro de óleo para 19 litros de água). A temperatura do fluido não ultrapassou os 30 °C.

4.3 TESTES DE PRESSÃO

Os testes de pressão são realizados através da pressurização com água (TH) e/ou pressurização com ar (TP). A Figura 4.7 apresenta o esquema utilizado nos testes hidrostáticos, enquanto a Figura 4.8 apresenta o esquema utilizado para os testes pneumáticos.

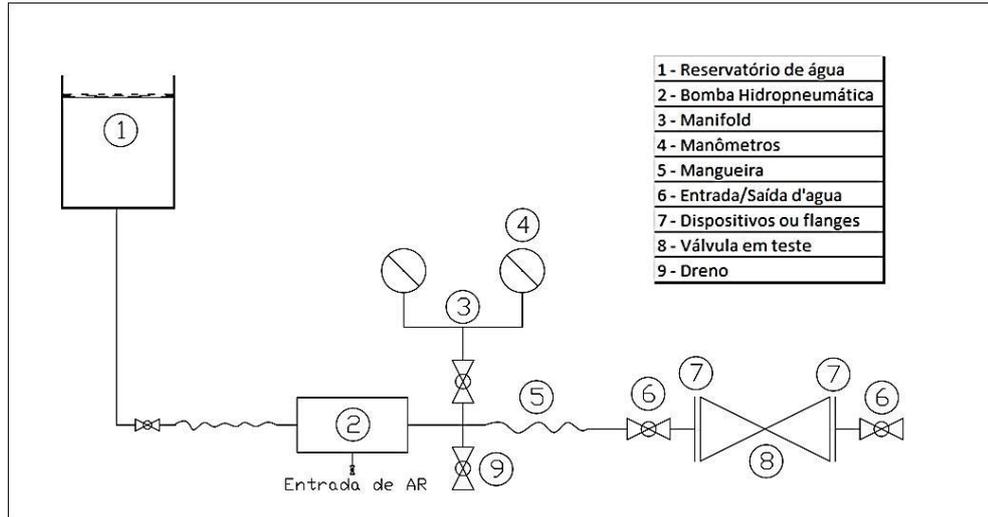


Figura 4.6 - Esquema de Teste Hidrostático

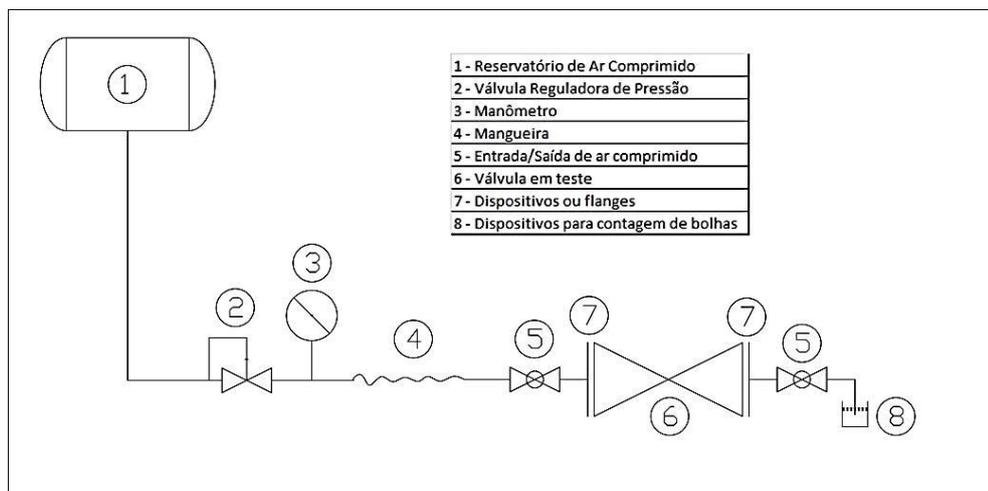


Figura 4.7 - Esquema de Teste Pneumático

4.4 TESTE DE CORPO

O primeiro passo foi verificar o tipo de válvula, diâmetro nominal, classe de pressão e extremidade de ligação da válvula, isso para que fosse utilizado o método mais eficiente de teste.

O segundo passo foi posicionar as válvulas para o teste. As válvulas de gaveta e globo na posição parcialmente aberta com o preme gaxeta apertado. As válvulas de esfera semiabertas com esfera a 45° da posição totalmente aberta. As válvulas globo e retenção com entrada d'água no sentido de fluxo.

Com a válvula totalmente preenchida com o fluido de teste, foi aplicada, de forma lenta e gradual, a pressão de teste de acordo com o material constituinte da válvula (Anexo B). No teste hidrostático ao término da operação de enchimento da válvula é verificada a possível existência de resquícos de ar contidos no interior da válvula, os quais são eliminados por motivos de segurança e confiabilidade do teste.

A partir do momento que a pressão de teste foi estabilizada foi realizada a leitura do manômetro durante o tempo descrito no Anexo C. Após o sistema ter sido despressurizado foram observados na superfície do corpo e área da gaxeta, eventuais gotejamentos ou presença de umidade no corpo da válvula.

Para qualquer tipo de válvula, nenhum tipo de vazamento na superfície do corpo é permitido.

O corpo de todas as válvulas do empreendimento foi testado hidrostaticamente. A Figura 4.6 esquematiza como o teste é realizado.

4.5 TESTE DE CONTRA-VEDAÇÃO

O teste de contra vedação foi aplicado somente às válvulas globo e gaveta. Esse teste foi feito após o teste de corpo e é realizado com a válvula na posição totalmente aberta e com o preme-gaxetas solto. Assim que a pressão de teste (Anexo B) foi estabilizada foi realizada a leitura do manômetro durante o tempo descrito no Anexo C e após a despressurização foi verificada a ocorrência de vazamentos na caixa de gaxetas.

Assim como o teste de corpo, o teste de contra vedação também não permite vazamentos.

4.6 TESTE DE ESTANQUEIDADE DO OBTURADOR

4.6.1 Teste de Estanqueidade a Alta Pressão

Após o teste de corpo foi feito o teste de estanqueidade do obturador utilizando água como fluido de teste. Com a válvula ainda instalada na bancada, primeiramente fechou-se a válvula e o preme-gaxetas. O próximo passo foi a pressurização, verificação do manômetro e análise de vazamentos.

Para as válvulas com sentido de fluxo unidirecional, a injeção do fluido foi o sentido de fluxo, monitoramento da pressão a montante. A outra extremidade foi inspecionada com dispositivos para a avaliação de vazamentos. A Figura 4.6 ilustra o esquema do teste hidrostático.

Para as válvulas de retenção o esquema é o mesmo do apresentado na Figura 4.6; porém, após o teste de corpo a entrada d'água é invertida para que o fluido seja injetado na direção do contra fluxo.

Com a pressão de teste atingida é monitorado o manômetro conforme tempo descrito no Anexo C. Após a despressurização do sistema é feita a inspeção. As tolerâncias de vazamentos máximos admissível estão descritos no Anexo D.

4.6.2 Teste de Estanqueidade a Baixa Pressão

Nos casos em que o teste de baixa pressão é requerido, o teste de pressão é feito de forma similar ao teste de alta pressão, porém utilizando ar comprimido como fluido de teste.

Para válvulas projetadas para ambos os sentidos de fluxo, a pressão de teste foi aplicada sucessivamente a cada lado da válvula, sendo a extremidade a jusante usada para a avaliação de vazamentos, como mostrado na Figura 4.7.

Para as válvulas esfera *trunnion* com dreno a pressão foi aplicada a montante da válvula e os vazamentos foram averiguados pelo dreno.

As tolerâncias de vazamentos máximos admissíveis estão descritas no Anexo D, enquanto a duração dos testes é dada no Anexo C.

Ao final da inspeção, os dispositivos de testes são retirados.

4.7 SECAGEM E PRESERVAÇÃO DA VÁLVULA

Após os testes a válvula é secada com o auxílio de ar comprimido e, após, preservada para que não ocorram danos que poderiam invalidar os testes de pressão.

4.8 VERIFICAÇÃO DA SISTEMÁTICA

Após o teste de pressão foi verificada se a sistemática utilizada no teste de válvula atende às normas e códigos que regem os testes de pressão específicos para a válvula em estudo.

5 APLICAÇÃO E RESULTADOS

Primeiramente foi feita uma inspeção das conexões, mangueiras e bomba de teste. Todas as conexões e válvulas de apoio são certificadas para 3000#, enquanto as mangueiras são certificadas para 4500# e a bomba é do tipo hidropneumática.

Em relações aos *manifolds* foi verificado no prontuário do equipamento que todos os END's já haviam sido realizados. Porém, foi realizado um teste hidrostático em toda a árvore de comando com uma pressão 1,1 vezes a máxima pressão de teste (Anexo B) a fim de averiguar avarias no equipamento.

Após o teste, as conexões, árvore de comando, conexões, fluido de teste foram liberados para o início dos testes.

No empreendimento foram testadas aproximadamente sete mil válvulas, porém, analisando-se uma amostra com quatro grupos de válvulas, serão consideradas analisadas todas as válvulas que compõem a carteira de diesel.

O primeiro grupo a ser analisado inclui todas as válvulas testadas pelo método das prensas hidráulicas. Nesse grupo, estão as válvulas de gaveta, globo, esfera e retenção de pistão chanfrado fabricadas em aço forjado ou bronze com extremidades rosqueadas ou encaixe e solda, compreendendo as válvulas de diâmetro nominal 15 mm ($\frac{1}{2}$ ") até 40 mm ($1\frac{1}{2}$ ") e classe de pressão 150# até 1500#. Por esse método foram testadas 84% das válvulas do empreendimento.

Como exemplo desse grupo analisaremos uma válvula do tipo globo, diâmetro nominal 40 mm ($1\frac{1}{2}$ ") classe de pressão 1500 #, com extremidade encaixe e solda, o corpo da válvula de aço carbono forjado ASTM A105, o obturador e sede da válvula são constituídos de AISI 304. A Figura 4.2 mostra a válvula em análise sendo testada por esse método.

Essa válvula é a mais crítica que será testada nas prensas hidráulicas. A mesma possui pressão máxima de teste de 38,3 MPa (390,5 kgf/cm²) e diâmetro do bocal da válvula de 34,8 mm (3,48 cm). Sendo assim, a força exercida pela pressão de teste é de 36427,92 N (3714,126 kgf). Pelo fabricante da prensa mostrada na Figura 4.2 a força máxima de esmagamento é 295 kN (30000 kgf), portanto apta a realizar o teste com segurança. Os testes de pressão foram realizados seguindo a metodologia descrita nos itens 4.4, 4.5 e 4.6.

O segundo grupo contém todas as válvulas testadas através do método dos flanges cegos de teste e inclui todas as válvulas de gaveta, globo, esfera e retenção portinhola fabricadas de aço fundido com extremidades flangeadas, compreendendo as válvulas de diâmetro nominal 50 mm (2") até 600 mm (24") e classe de pressão 150# até 900#. Por esse método foram testadas 15% das válvulas do empreendimento. Como exemplo, utilizaremos uma válvula esfera, diâmetro nominal de 300 mm (12"), classe de pressão 900#, de extremidades flangeadas, corpo da válvula fabricado em aço carbono fundido A216 Gr WCB, obturador em AISI 410 e sede da válvula resiliente (Teflon), a válvula é do tipo *trunnion* com dreno. A válvula juntamente com os flanges está representada na Figura 4.3. Os testes de pressão foram realizados seguindo a metodologia descrita nos itens 4.4, 4.5 e 4.6.

No terceiro grupo, estão as válvulas do tipo globo angular. Essas válvulas constituem menos de 0,5 % das válvulas do empreendimento.

A Figura 4.4 mostra o teste de uma válvula do tipo globo angular para hidrante, diâmetro nominal de 65 mm ($2\frac{1}{2}$ ") classe de pressão 250 #, extremidades rosqueadas com entrada fêmea NPT e saída macho NFPA, o corpo e internos da válvula são constituídos de bronze B62. No projeto da carteira essa válvula foi considerada como uma válvula de classe de pressão 200#, portanto, testada com essa referencia.

Os testes de pressão foram realizados seguindo a metodologia descrita nos itens 4.4, 4.5 e 4.6.

No terceiro grupo estão inclusas as válvulas gaveta, globo e retenção fabricadas em aço forjado e com extremidade para solda de topo. Essas válvulas constituem um pouco mais de 0,5 % das válvulas da carteira, porém, seus testes são considerados os mais críticos devido aos grandes diâmetros e altas pressões.

Como exemplo, foi utilizado uma válvula de gaveta, diâmetro nominal de 200 mm (8") classe de pressão 1500 #, com extremidade solda de topo, o corpo da válvula foi fabricado em aço carbono forjado ASTM A105 com castelo selado a pressão, o obturador e sede da válvula são constituídos de AISI 410. A válvula possui volante auxiliado por engrenagem de redução e corpo com *by-pass*. A Figura 4.5 apresenta a válvula em teste.

Os testes de pressão foram realizados seguindo a metodologia descrita nos itens 4.4, 4.5 e 4.6.

No empreendimento foram testados um total de 7125 válvulas, sendo 6355 válvulas de bloqueio (gaveta e esfera), 446 válvulas de regulação (globo e globo angular) e 324 válvulas de retenção (Pistão chanfrado e portinhola). No total foram 6967 válvulas aprovadas e 158 válvulas reprovadas.

As tabelas 5.1, 5.2 e 5.3 apresentam o quantitativo de válvulas aprovadas e reprovadas por tipo de válvula e diâmetro nominal. Ao longo do processo foi identificado que a taxa de reprovação independe da classe de pressão das válvulas, assim como, para todos os casos as reprovações foram mais significativas nos testes de vedação da sede.

Tabela 5.1 - Válvulas de Bloqueio

DN	NPS	Gaveta					Esfera			
		Aprovado	Reprovado			%	Aprovado	Reprovado		%
			Corpo	Contra-sede	Sede			Corpo	Vedação	
15	1/2"	319			2	0,62%	140		4	2,78%
20	3/4"	3086	3	4	34	1,31%	294		2	0,00%
25	1"	1090	1		15	1,45%	140	1	11	7,28%
40	1 1/2"	194			2	1,02%	37	2	9	19,57%
50	2"	266	1		8	3,27%	34		0	0,00%
65	2 1/2"									
80	3"	111			0	0,00%	31		1	3,13%
100	4"	168			1	0,59%	44		1	2,22%
150	6"	139		1	12	8,55%				0,00%
200	8"	50	1	1	1	5,66%	8		2	20,00%
250	10"	20			0	0,00%	2		0	0,00%
300	12"	46			2	4,17%	0		3	100,00%
350	14"	4			0	0,00%				
400	16"	3			0	0,00%				
450	18"	4			0	0,00%				

Como verificado na Tabela 5.1 o índice de reprovação das válvulas de esfera é superior aos das válvulas do tipo gaveta. Isso se deve ao aspecto construtivo da válvula, uma vez que os internos de uma válvula do tipo esfera devem ser construídos com uma precisão muito alta, pois qualquer descontinuidade ou sujeira no obturador prejudica a vedação da válvula. Já a válvula gaveta devido ao seu aspecto construtivo mais robusto esse problema é minimizado. Com o aprimoramento da tecnologia isso tende a ser minimizado e as válvulas do tipo esfera tendem a ganhar mais espaço.

Tabela 5.2 - Válvulas de Regulagem

DN	NPS	Globo					Globo Angular			
		Aprovado	Reprovado			%	Aprovado	Reprovado		%
			Corpo	Contra-sede	Sede			Corpo	Sede	
15	1/2"	0			0	0,00%				
20	3/4"	218			3	0,00%				
25	1"	93		1	5	5,10%				
40	1 1/2"	14			1	6,67%				
50	2"	10			0	0,00%				
65	2 1/2"						64	1	1,54%	
80	3"	9			0	0,00%				
100	4"	9			0	0,00%				
150	6"	9			3	25,00%				
200	8"	4			0	0,00%				
250	10"	2			0	0,00%				

A Tabela 5.2 mostra que as válvulas de regulagem do tipo globo apresentaram um índice de reprovação semelhante ao das válvulas gaveta, isso se deve ao fato de os aspectos construtivos dos dois tipos de válvulas serem semelhantes. A válvula globo angular que foi reprovada apresentou falha na construção do obturador.

Tabela 5.3 - Válvulas de Retenção

DN	NPS	Retenção Pistão				Retenção Portinhola			
		Aprovado	Reprovado		%	Aprovado	Reprovado		%
			Corpo	Sede			Corpo	Sede	
15	1/2"				0,00%				
20	3/4"	95		3	3,06%				
25	1"	121	1	9	6,92%				
40	1 1/2"	18		2	10,00%				
50	2"					15	2	11,8%	
65	2 1/2"								
80	3"					9	0	0,0%	
100	4"					18	1	5,3%	
150	6"					13	0	0,0%	
200	8"					11	0	0,0%	
250	10"					5	1	16,7%	

A Tabela 5.3 mostra que as válvulas de retenção apresentaram uma taxa de reprovação elevada nos testes de vedação da sede. As válvulas de pistão chanfrado apresentaram vazamento devido ao pistão não encaixar perfeitamente na sede da válvula, enquanto as válvulas portinhola reprovadas apresentaram defeitos na portinhola ou na sede.

6 CONCLUSÕES

Neste trabalho realizou-se um estudo da sistemática utilizada nos testes de pressão das válvulas que foram aplicadas em um empreendimento carteira de diesel em uma refinaria de petróleo. O principal objetivo do estudo foi a verificação da sistemática utilizada para os testes de pressão, a qual se mostrou coerente com os procedimentos de teste descritos nas normas vigentes que regem os testes de pressão em válvulas convencionais.

Foi verificado que, dentre os testes de pressão realizados o teste de vedação da sede apresentou os maiores números de reprovações. Isso se mostra coerente uma vez que a fabricação dos internos da válvula requer uma alta precisão. Com a evolução dos processos de fabricação essa taxa de reprovação tende a diminuir. Aparentemente o índice de reprovações é

baixo; porém, se uma válvula com defeito é instalada em uma linha de alto valor agregado, os prejuízos a longo prazo serão muito maiores.

Apesar de os testes de pressão ser o foco do estudo, também foi verificado através da sistemática a importância das inspeções nos dispositivos de teste, fluido de teste, equipamentos e acessórios que acompanham o teste. Se esses elementos periféricos não estiverem devidamente aptos a operação, o teste de pressão pode não ser confiável, ou ainda sujeito a falhas.

A última análise foi em relação à produtividade, à escolha de um método de teste rápido e eficiente se torna uma ferramenta muito importante para a montagem das tubulações da planta, uma vez que os prazos de entrega das linhas geralmente são curtos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

American Petroleum Institute (API 598); **“Valve Inspection And Testing”**, 9ª Edição, 2009.

American Petroleum Institute (API Standard 6D); **“Pipeline Valves”**, 22ª Edição, 2002.

American Petroleum Institute (API 602); **“ Gate, Globe, And Check Valves For Sizes NPS 4 (DN 100) And Smaller For The Petroleum And Natural Gas Industries”**, 9ª Edição, 2009.

American Society of Mechanical Engineers (ASME/ANSI 16.34); **“ Valves— Flanged, Threaded, and Welding End”**, Edição 2009.

American Society of Mechanical Engineers (ASME/ANSI 16.5); **“Pipe Flanges and Flanged Fittings”**, Edição 2009.

Manufacturers Standardization Society Standard Practice (MSS SP-80); **“Bronze Gate, Globe, Angle And Check Valves”**, Edição 2008.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT NBR ISO 5208); **“Válvulas Industriais – Ensaio de Pressão em válvulas”**, Edição 2000.

Consórcio Construcap Estrutural Projectus; **“PE-CCEP-COM-004 – “Procedimento de Execução de Testes de Válvulas”**, Revisão 2, 2012.

Petrobrás PE-2AT-00032; **“Testes de Pressão”**, Edição 2009.

Telles, P. C. S; **“Tubulações Industriais: Tubulações industriais: materiais, projeto montagem”**, LTC, 10ª Edição, 2001.

Telles, P. C. S; **“Materiais para Equipamentos de Processo”**, Interciência, 6ª edição, 2003.

ANEXO A – TIPOS DE VÁLVULAS



Figura A.1 - Válvula de Gaveta

Figura A.2 - Válvula Esfera de construção *trunnion*

Figura A.3 - Válvula Globo (sentido E-D).



Figura A.4 - Válvula de Retenção Portinhola (sentido E-D).



Figura A.5 - Válvula de Retenção Pistão (sentido E-D).

ANEXO B – PRESSÕES APLICADAS NOS TESTES

Tabela de Pressões para válvulas fabricadas em Aço de acordo com os dados da API 598/ASME B 16.34												
Material (Aço Carbono)	AFO A105, AFU A216 GR. WCB											
Temperatura	-30 a 40 °C											
Classe de Pressão	150#		300#		600#		800#		900#		1500#	
Pressão de Trabalho (bar**)/(kgf/cm ²)	19,6	20,0	51,1	52,1	102,1	104,1	136,2	138,9	153,2	156,2	255,3	260,3
Teste de Corpo (bar)/(kgf/cm ²)	29,4	30,0	76,7	78,2	153,2	156,2	204,3	208,3	229,8	234,3	383,0	390,5
Teste de Vedação Hidrostático (bar)/(kgf/cm ²)	21,6	22,0	56,2	57,3	112,3	114,5	149,8	152,8	168,5	171,8	280,8	286,4
Teste de Vedação Pneumático (bar)/(kgf/cm ²)	6,0	6,1	6,0	6,1	6,0	6,1	6,0	6,1	6,0	6,1	6,0	6,1
Material (Aço Liga)	AFO A182 GR. F11 CL2, AFU A217 GR. WC6, AFO A182 GR. F5A, AFU A217 GR. C5, AFO A182 GR. F5.											
Temperatura	-30 a 40 °C											
Classe de Pressão	150#		300#		600#		800#		900#		1500#	
Pressão de Trabalho (bar)/(kgf/cm ²)	19,8	20,2	51,7	52,7	103,4	105,4	138,0	140,7	155,1	158,2	258,6	263,7
Teste de Corpo (bar)/(kgf/cm ²)	29,7	30,3	77,6	79,1	155,1	158,2	207,0	211,1	232,7	237,2	387,9	395,5
Teste de Vedação Hidrostático (bar)/(kgf/cm ²)	21,78	22,2	56,87	58,0	113,74	116,0	151,8	154,8	170,61	174,0	284,46	290,1
Teste de Vedação Pneumático (bar)/(kgf/cm ²)	6,0	6,1	6,0	6,1	6,0	6,1	6,0	6,1	6,0	6,1	6,0	6,1
Material (Aço Inox)	AFO A182 GR F304, AFO A182 GR F304H, AFO A182 GR F316, AFU A351 GR. CF8, AFU A351 GR CG8M, AFO A182 GR F317, AFO A182 GR F347											
Temperatura	-30 a 40 °C											
Classe de Pressão	150#		300#		600#		800#		900#		1500#	
Pressão de Trabalho (bar)/(kgf/cm ²)	19,0	19,4	49,6	50,6	99,3	101,3	132,0	134,6	148,9	151,8	248,2	253,1
Teste de Corpo (bar)/(kgf/cm ²)	28,5	29,1	74,4	75,9	149,0	151,9	198,0	201,9	223,4	227,8	372,3	379,6
Teste de Vedação Hidrostático (bar)/(kgf/cm ²)	20,9	21,3	54,6	55,6	109,2	111,4	145,2	148,1	163,8	167,0	273,0	278,4
Teste de Vedação Pneumático (bar)/(kgf/cm ²)	6,0	6,1	6,0	6,1	6,0	6,1	6,0	6,1	6,0	6,1	6,0	6,1

Pressões de Teste para válvulas de extremidade rosçada ou soldada segundo MSS SP 80												
Material (Bronze)	ASTM B 62 e ASTM B 61											
Temperatura	-20 a 150 °C											
Classe de Pressão	125#		150#		200#		300#		300#*		350#	
Pressão de Trabalho (bar)/(kgf/cm ²)	13,8	14,1	20,7	21,1	28,0	28,6	42,0	42,8	70,0	71,4	70,0	71,4
Teste de Corpo (bar)/(kgf/cm ²)	20,7	21,1	31,1	31,7	42,0	42,8	63,0	64,2	105,0	107,1	105,0	107,1
Teste de Vedação Hidrostático (bar)/(kgf/cm ²)	13,8	14,1	20,7	21,1	28,0	28,6	42,0	42,8	70,0	71,4	70,0	71,4
Teste de Vedação Pneumático (bar)/(kgf/cm ²)	6,0	6,1	6,0	6,1	6,0	6,1	6,0	6,1	6,0	6,1	6,0	6,1

* Podem existir duas pressões de operação para essa classe de pressão

** 1 bar = 10⁵ Pa

ANEXO C – TEMPOS MÍNIMOS DE TESTE

Tempo mínimo de Teste segundo a API 598					
Bitola da Válvula		Tempo mínimo de teste em segundos (s)			
DN (mm)	NPS (pol)	Corpo	Contra-vedação	Vedação (exceto retenção)	Vedação (Retenção)
≤ 50	≤ 2"	15	15	15	60
65 a 150	2 1/2" a 6"	60	60	60	60
200 a 300	8" a 12"	120	60	120	120
≥350	≥ 14"	300	60	120	120

ANEXO D – VAZAMENTOS ADMISSÍVEIS NO TESTE DE PRESSÃO

API 598 (Teste de vedação da Sede)							
Bitola da Válvula		Válvulas com sede resiliente	Válvulas com sede de metal, exceto válvulas de retenção		Válvulas de retenção com sede de metal		
DN (mm)	NPS (pol)		Teste Hidrostático (gotas por minuto)	Teste Pneumático (bolhas por minuto)	Teste Hidrostático (cc/min)	Teste Hidrostático (m³/h)	Teste Pneumático (ft³/h)
≤ 50	≤ 2	0	0	0	6	0,08	3
65	2,5	0	5	10	7,5	0,11	3,75
80	3	0	6	12	9	0,13	4,5
100	4	0	8	16	12	0,17	6
150	6	0	12	24	18	0,25	9
200	8	0	16	32	24	0,34	12
250	10	0	20	40	30	0,42	15
300	12	0	24	48	36	0,50	18
350	14	0	28	56	42	0,59	21
400	16	0	32	64	48	0,67	24
450	18	0	36	72	54	0,76	27
500	20	0	40	80	60	0,84	30
600	24	0	48	96	72	1,01	36

MSS SP 80 (Teste de vedação da Sede)				
Bitola da Válvula		Válvulas com sede resiliente	Válvulas com sede de metal, exceto válvulas de retenção	
DN (mm)	NPS (pol)		Teste Hidrostático (mililitros por minuto)*	Teste Pneumático (ft³/h)
≤ 25	≤ 1	0	0,166666667	0,1
32	1 1/4	0	0,21	0,125
40	1 1/2	0	0,25	0,15
50	2	0	0,33	0,2
65	2 1/2	0	0,42	0,25
80	3	0	0,50	0,3
100	4	0	0,67	0,4
150	6	0	1,00	0,6
200	8	0	1,33	0,8
250	10	0	1,67	1
300	12	0	2,00	1,2
350	14	0	2,33	1,4
400	16	0	2,67	1,6
450	18	0	3,00	1,8
500	20	0	3,33	2
600	24	0	4,00	2,4

*Para o teste hidrostático 1 mL é considerado 16 gotas

Para o teste hidrostático nenhuma gota significa que não há vazamento visível durante o tempo mínimo de teste

Para o teste pneumático nenhuma bolha significa que ocorre menos de uma bolha por minuto durante o tempo mínimo de teste.

APÊNDICE I – TABELA DE MANÔMETROS.

Classe de Pressão da Válvula	TAG	Faixa (kgf/cm²)	Certificado	Data de Calibração	Vencimento
Teste Pneumático	MS PI 047	0 - 16	0419/2013	16/03/2013	14/06/2013
Teste Pneumático	MS PI 028	0 - 16	0420/2013	16/03/2013	14/06/2013
150#	MS PI 133	0 - 50	0463/2013	25/03/2013	23/06/2013
150#	MS PI 134	0 - 50	0464/2013	25/03/2013	23/06/2013
150#	MS PI 145	0 - 60	0459/2013	25/03/2013	23/06/2013
150#	MS PI 144	0 - 60	0460/2013	25/03/2013	23/06/2013
200#	PI-008	0-70	0424/2013	16/03/2013	14/06/2013
200#	MS PI 132	0-70	0425/2013	16/03/2013	14/06/2013
300#	MS PI 130	0 - 120	0422/2013	16/03/2013	14/06/2013
300#	MS PI 129	0 - 120	0421/2013	16/03/2013	14/06/2013
600#	MS PI 131	0 - 250	0423/2013	21/03/2013	19/06/2013
600#	MS PI 126	0 - 250	0434/2013	21/03/2013	19/06/2013
800#/900#	PI - 015	0 - 400	0417/2013	16/03/2013	14/06/2013
800#/900#	MS PI 122	0 - 400	0432/2013	16/03/2013	14/06/2013
1500#	MS PI 124	0 - 600	0427/2013	16/03/2013	14/06/2013
1500#	MS PI 123	0 - 600	0428/2013	16/03/2013	14/06/2013