

**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE
MINAS, METALÚRGICA E DE MATERIAIS PPGE3M**

DIÓGENES BARBOSA TELES

**PROJETO E VALIDAÇÃO DE VÁLVULA INDUSTRIAL DO TIPO ESFERA
PARA BAIXA EMISSÃO FUGITIVA**

PORTO ALEGRE

2015

DIÓGENES BARBOSA TELES
ENGENHEIRO MECÂNICO

PROJETO E VALIDAÇÃO DE VÁLVULA INDUSTRIAL DO TIPO ESFERA
PARA BAIXA EMISSÃO FUGITIVA

Dissertação submetida ao Programa de Pós Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia, modalidade Acadêmica, área de concentração de Ciência e Tecnologia dos Materiais.

Orientador: Prof. Dr. Telmo Roberto Strohaecker

PORTO ALEGRE

2015

DIÓGENES BARBOSA TELES
ENGENHEIRO MECÂNICO

PROJETO E VALIDAÇÃO DE VÁLVULA INDUSTRIAL DO TIPO ESFERA
PARA BAIXA EMISSÃO FUGITIVA

Esta Dissertação de Mestrado foi analisada e julgada adequada para a obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia dos Materiais e aprovado em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora designada pelo Programa de Pós Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais da universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Prof. Dr. Telmo Roberto Strohaecker
Orientador PPGE3M/UFRGS
Coordenador do PPGE3M

Aprovado em: 17/12/2015

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Eduardo André Perondi DEMEC/UFRGS_____

Dra. Joseane Ortiz Breitenbach Canterle LAMEF/UFRGS_____

Prof. Dr. Thomas Gabriel Rosauero Clarke PPGE3M/UFRGS_____

Dedico este trabalho a Deus e aos meus familiares e amigos por estarem sempre ao meu lado em todos os momentos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus “O Grande Engenheiro do Universo”, por me acompanhar em todos os momentos, dando-me sabedoria, saúde e força para continuar esta caminhada.

Aos meus familiares, meu pai Solivan Teles e minha mãe Leila Barbosa de Oliveira pelo incansável apoio ao longo da vida, sendo os responsáveis pela formação da base dos meus princípios éticos.

A minha companheira, Cristina Bertocchi, pela compreensão nos momentos de ausência e pelo incentivo para a busca dos nossos ideais.

A meu orientador Prof. Dr. Telmo Roberto Strohaecker pelo apoio, rigor e paciência na elaboração deste trabalho.

A todos os Professores (as) do PPGE3M pelo conhecimento transferido neste período.

A professora Fernanda Bordin pela colaboração com minha formação.

Aos amigos e colegas de trabalho que contribuíram para meu crescimento pessoal e profissional.

À Empresa Micromazza Ltda. pelo apoio, oportunidade e confiança em mim depositados para elaboração deste trabalho de homologação de válvulas esfera para baixa emissão fugitiva.

A sabedoria serve de freio à
juventude, de consolo aos velhos,
de riqueza aos pobres e de
ornamento aos ricos.

Diógenes
-404 / -323 Filósofo
Grécia

RESUMO

Nos últimos anos é notável a preocupação mundial com o controle de taxas de emissões fugitivas em equipamentos instalados na indústria do petróleo e gás. Os prejuízos com a perda de produção e impacto ambiental direcionam as empresas do segmento a buscarem projetos mais eficientes, principalmente com relação às válvulas industriais, que são equipamentos utilizados para gerenciamento de fluidos com a função de bloquear, direcionar ou controlar o fluxo de determinado produto fluente em uma planta industrial. As emissões fugitivas são vazamentos de produtos químicos, que se apresentam para atmosfera de forma inesperada ou indesejada em equipamentos. O objetivo deste estudo foi desenvolver e validar um projeto de válvula industrial do tipo esfera para aplicações que requerem baixas emissões fugitivas. Inicialmente foram identificados e avaliados os requisitos apresentados na norma ISO 15848-1, quanto aos ensaios que devem ser executados em protótipo de válvula do tipo bloqueio para qualificação de projeto, onde foi possível elaborar um procedimento de ensaio. Foi realizado o dimensionamento dos sistemas de vedações para um protótipo de válvulas do tipo esfera, *Top Entry, Trunnion*, bitola NPS 4", classe de pressão CL600, utilizando como padrões construtivos as normas API 6D, ASME B16.34 e ABNT NBR 15827. Fabricou-se um protótipo deste equipamento o qual foi utilizado na realização dos ensaios de qualificação do projeto. Foram realizados ciclos de abertura e fechamento do obturador da válvula, utilizando a pressão máxima de trabalho, conforme padrões construtivos e como fluido de teste foi utilizado o gás Hélio. Os ensaios foram realizados em uma câmara de ciclagem de válvulas instrumentada com um espectrômetro de massa de Hélio, onde foi possível monitorar e registrar os dados do ensaio, tais como: vazamentos, número de ciclos, pressão de teste, temperatura e torque durante os acionamentos da válvula. Os resultados obtidos com relação aos requisitos da norma ISO 15848-1 foram: número de ciclos 2500 atendendo a classificação CO3, classe de vazamento Classe B, temperatura de qualificação de -29 °C a 200 °C. Também foi realizado a qualificação *Fire Test* conforme norma ISO 10497 como complemento. Conclui-se que este trabalho atingiu os objetivos pré-estabelecidos quanto à homologação do protótipo e contribuiu com a preservação do meio ambiente, pois a concepção de projetos eficazes, que minimizam as taxas de poluição para a atmosfera, contribuí com a preservação dos ecossistemas.

Palavras Chaves: Baixa Emissão Fugitiva, Válvula Esfera, Ensaio de Protótipo.

ABSTRACT

In recent years is remarkable worldwide concern over control rates fugitive emissions in equipment installed in the oil and gas industry. The loss of production and environmental impact, leads segment companies to seek more efficient projects, mainly with respect to industrial valves, which are devices used for fluid management with the function to block, to direct or to control the flow of fluent product in an industrial plant. Fugitive emissions are leaks of chemicals which present themselves to atmosphere in a manner unexpected or undesired in equipment. The objective of this study was to develop and validate a model of industrial ball valve design for applications requiring low fugitive emissions. Initially were identified and assessed the requirements of ISO 15848-1 standard, how much to the appropriate tests to be executed on the prototype of block valve for qualification. It was possible to develop a test procedure. It was made the design of the seals systems for a ball valve prototype, type *Top Entry*, Trunnion, NPS 4", pressure class CL600. Was used API 6D, ASME B16.34 and NBR 15827 as construction standards. A prototype of this equipment has manufactured and used in the realization of design qualification tests. Were performed opening and closing cycles of the valve plug by using the maximum working pressure conform construction standards and was used Helium gas as test fluid. The tests were performed in a valve cycling chamber instrumented with a Helium mass spectrometer, where it was possible to monitor and record the test data as: leaks, number of cycles, pressure, temperature and torque for the valve actuators. The results obtained with respect to the ISO 15848-1 standard requirements were: number of cycles 2500 attending to CO₃, classification leakage Class B, qualification temperature of -29 ° C to 200 ° C. It was also performed the qualification Fire Test ISO 10497 standard as a complement. In conclusion, this work has reached the pre-established objective about the approval of the prototype and contributed to the preservation of the environment, because the conception of effective projects that minimize pollution rates to the atmosphere, contributes to the preservation of ecosystems.

Key Words: Low Fugitive Emission, Ball Valve, Prototype Test.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Emissões fugitivas conforme tipo de equipamento em refinarias de petróleo.....	15
Figura 2 – Sistema de vedação da válvula esfera flutuante.....	17
Figura 3 – Sistema de vedação válvula esfera <i>trunnion</i>	18
Figura 4 – Válvula esfera <i>trunnion Top Entry</i> , NPS 4” CL600 projeto Micromazza.....	19
Figura 5 – Padrões para testes e controle de emissões fugitivas.....	20
Figura 6 – Indicações de locais para as medições de temperatura do protótipo durante o ensaio.....	23
Figura 7 – Estabilização de temperatura para realização do ensaio de BEF.....	24
Figura 8 – Classificação quanto à ciclagem do protótipo.....	26
Figura 9 – Princípio do método de vácuo para detecção de vazamento na haste.....	31
Figura 10 – Configuração de teste global método <i>Vacuum</i>	31
Figura 11 – Medição local com método <i>Sniffing</i>	32
Figura 12 – Fotografias do processo do ensaio <i>Fire Test</i> conforme norma ISO 10497:2010..	35
Figura 13 – Princípio funcionamento do espectrômetro de massa de Hélio.....	37
Figura 14 – Espectrômetro de massa de Hélio utilizado no ensaio modelo: <i>Helium Leak Detector Package promo ASM 340 Wet H</i>	38
Figura 15 – Sistema de engaxetamento do protótipo.....	40
Figura 16 – Métodos de empilhamento do sistema de molas.....	43
Figura 17 – Sistema de vedação do corpo do protótipo.....	44
Figura 18 – Desenho esquemático da instalação do protótipo na câmara de ensaio.....	47
Figura 19 – Foto da montagem do protótipo na câmara de ensaio.....	47
Figura 20 – Fotografia da medição inicial utilizando o método <i>Sniffing</i>	48
Figura 21 – Gráfico geral do ensaio de qualificação.....	50
Figura 22 – Sistema de vedações utilizada em válvulas da empresa XOMOX®.....	53
Figura 23 – Esboço do comportamento do protótipo durante a qualificação <i>Fire Test</i>	55
Figura 24 – Classificação quanto à ciclagem do protótipo conforme ISO 15848:2015.....	55

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Classes de estanqueidade para vedações da haste da válvula.....	27
Tabela 2 – Classe de estanqueidade para as vedações do corpo da válvula.....	27
Tabela 3 – Classe de estanqueidade conforme diâmetro da haste, fluido Hélio.	28
Tabela 4 – Classes de temperatura.	29
Tabela 5 – Índices máximos de vazamento para o <i>Fire Test</i> conforme ISO 10497:2010.....	34
Tabela 6 – Itens utilizados como vedação no sistema de engaxetamento.	41
Tabela 7 – Taxas de vazamento permitidas para diâmetro de haste de 50 mm.....	42
Tabela 8 – Itens utilizados no sistema de vedação do corpo.	45
Tabela 9 – Resultado dos ensaios de qualificação.....	49
Tabela 10 – Instrumentos e materiais utilizados na qualificação.	51
Tabela 11 – Válvulas Micromazzas qualificadas conforme ISO 15848 Part 1:2006.....	52

LISTA DE ABREVIATURAS

AP	Alta pressão
BP	Baixa pressão
BEF	Baixa emissão fugitiva
CL	Classe de pressão da válvula
DN	Diâmetro nominal da válvula em milímetros
EF	Emissões fugitivas
NPS	Diâmetro nominal da válvula em polegadas
PMT	Pressão máxima de trabalho
ppm	Parte por milhão
ppmv	Parte por milhão em um volume
PTFE	Politetrafluoretileno
RPTFE	<i>Reforced</i> PTFE – PTFE reforçado
RT	<i>Room temperature</i> – temperatura ambiente
SVV	Sem vazamento visível
TMA	Torque máximo admissível
TRO	Torque real de operação

LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANSI	<i>American National Standards Institute</i>
API	<i>American Petroleum Institute</i>
ASME	<i>The American Society of Mechanical Engineers</i>
ASTM	<i>ASTM International - American Society for Testing and Materials</i>
EPA	<i>United States Environmental Protection Agency</i>
LTM	Laboratório Técnico Micromazza
ISO	<i>International Standardization Organization</i>
NBR	Norma Brasileira
SGQ	Sistema de Gestão da Qualidade
TA Luft	<i>Technical Instructions on Air Quality Control</i>

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	14
2.	OBJETIVOS.....	16
2.1	GERAL.....	16
2.2	ESPECÍFICOS.....	16
2.3	AMBIENTE DO TRABALHO.....	16
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	17
3.1	VÁLVULAS INDUSTRIAIS DO TIPO ESFERA.....	17
3.2	NORMALIZAÇÃO PARA ENSAIOS DE EMISSÕES FUGITIVAS.....	20
3.2.1	Histórico de normas e leis para baixa emissão fugitiva.....	20
3.2.2	Ensaio de baixa emissão fugitiva conforme a norma ISO 15848.....	22
3.3	ENSAIO A FOGO EM VÁLVULAS CONFORME NORMA ISO 10497.....	33
3.4	ESPECTRÔMETRO DE MASSA DE HÉLIO.....	36
4	MATERIAIS E MÉTODO.....	39
3.5	DIMENSIONAMENTO DAS VEDAÇÕES UTILIZADAS NO PROTÓTIPO.....	39
3.5.2	Dimensionamento das vedações da haste.....	39
3.5.3	Dimensionamento das vedações do corpo.....	44
3.6	INSTRUMENTAÇÃO DO ENSAIO.....	46
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	48
5	CONCLUSÕES.....	56
6	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	57
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	58
	Apêndice A – Desenho da válvula esfera <i>Top Entry</i> NPS 4” CL600.....	63
	Apêndice B – Etapas do ensaio de baixa emissão fugitiva.....	64
	Apêndice C – Gráficos dos ensaios de qualificação.....	67
	Apêndice D – Fotografias da instrumentação.....	83
	Apêndice E – Configuração do <i>Fire Test</i> conforme ISO 10497:2010.....	88
	Apêndice F – Fotografias do ensaio <i>Fire Test</i> no protótipo.....	89
	Anexo A – Certificado BEF conforme ISO 15848-1:2006.....	91
	Anexo B – Certificado <i>Fire Test</i> conforme ISO 10497:2010.....	92

1. INTRODUÇÃO

O termo Emissões Fugitivas pode ser definido como qualquer produto químico ou mistura de substâncias, de qualquer forma física, que se apresenta à atmosfera através de vazamentos inesperados ou indesejados em equipamentos instalados em plantas industriais (1).

As emissões fugitivas são provenientes de processos industriais onde a manipulação de compostos químicos é realizada através de tanques interligados por tubulações, válvulas, bombas e outros equipamentos. Todos estes componentes possuem sistemas de vedações que, com o passar do tempo e em função de desgaste na operação, podem permitir a liberação de gases à atmosfera, impactando de forma nociva ao meio ambiente por serem considerados tóxicos e muitas vezes cancerígenos (2).

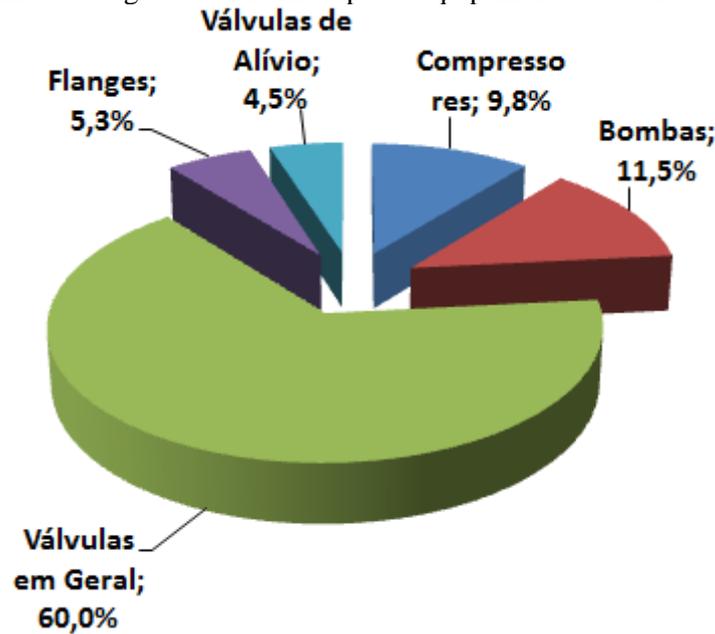
Nas últimas décadas constata-se um aumento na preocupação mundial com a redução e controle de gases para atmosfera em função de danos ambientais e custos elevados da perda de produtos durante a manipulação e armazenagem, principalmente na indústria do petróleo e gás (3).

As emissões de benzeno das refinarias de petróleo e fábricas de produtos químicos podem causar risco à saúde dos trabalhadores e às comunidades locais há longo prazo. Já, a liberação de sulfeto de hidrogênio (H_2S), em várias concentrações, causa efeitos sobre a saúde humana. Com 10 ppm, verifica-se irritação dos olhos, aos 100 ppm, ocorre tosse e perda de olfato em exposição acima de 15 minutos. De 500 a 700 ppm pode levar à perda de consciência e conseqüentemente à fatalidade. Com 800 ppm, ocorre à perda rápida de consciência, afetando severamente a respiração, causando a morte (4).

Outro exemplo é a emissão de dióxido de enxofre para a atmosfera, o qual reage com o vapor de água e aumenta a acidez das chuvas. Isso resulta na acidificação das águas no meio ambiente e conseqüentemente causa danos aos ecossistemas, especialmente lagos e florestas, que por sua vez tem efeito adverso sobre a saúde humana (4).

Desde os testes realizados na década de 1990 até atualidade em refinarias de petróleo, verifica-se na Figura 1, que 60% de toda a emissão fugitiva do segmento estão relacionadas a válvulas, pois em uma refinaria de médio porte estima-se a presença de 80 a 95 mil válvulas. Em uma válvula existem dois tipos de vedações: estáticas e dinâmicas. Nos flanges e união corpo tampa são estáticas e na haste são consideradas dinâmicas, pois este componente realiza movimento para abrir e fechar o obturador para liberar ou bloquear a vazão de fluido (5) (6).

Figura 1 – Emissões fugitivas conforme tipo de equipamento em refinarias de petróleo.



Fonte: Adaptado de (5).

No setor de óleo e gás, verifica-se uma tendência de aumento na demanda por normas rigorosas de controle de emissões impostas pelos organismos internacionais, nacionais e locais em todo o mundo. Portanto, a compreensão aprofundada do assunto relacionado ao tema Baixa Emissão Fugitiva (BEF) está se tornando extremamente importante para a concepção de projetos de equipamentos que possam desempenhar suas funções de modo a minimizar a emissão de poluentes a taxas aceitáveis, e que tenham uma longa vida em operação, principalmente no que se refere a sistemas de vedações (2) (4).

Nos últimos anos, as válvulas de um quarto de volta, incluindo válvulas do tipo esfera e borboleta cada vez mais têm sido utilizadas no lugar de válvulas do tipo gaveta ou globo em plantas de produtos petrolíferos, petroquímicos e químicos. Isto ocorre principalmente porque as válvulas de um quarto de volta permitem o escoamento com mínima perda de carga e rápida abertura e fechamento (7).

Atualmente existem diversas normas de testes para controle de emissões fugitivas em projetos de válvulas, bem como diversos tipos de projetos de componentes aplicados a válvulas para minimizar as taxas de emissões fugitivas. Este trabalho utiliza os parâmetros da norma ISO 15848-1:2006 para realização de ensaios de protótipo, sendo efetuado a validação normativa de um projeto de válvula do tipo esfera para esta aplicação.

2. OBJETIVOS

2.1 GERAL

Desenvolver e validar projeto de válvula industrial do tipo esfera para aplicações que requerem baixas emissões fugitivas de gases para atmosfera.

2.2 ESPECÍFICOS

- a) Identificar e avaliar os requisitos normativos quanto aos ensaios executados em protótipos de válvula do tipo esfera para baixa emissão fugitiva para a elaboração de procedimentos de ensaios conforme norma ISO 15848:2006;
- b) Dimensionar sistemas de vedação para válvulas do tipo esfera utilizando literatura da área e testes práticos;
- c) Executar os ensaios de validação de projeto em protótipo;
- d) Analisar os resultados dos ensaios através de gráficos de desempenho;
- e) Realizar ensaio *Fire Test*, conforme norma ISO 10497:2010, na válvula protótipo como complementação a qualificação de baixa emissão fugitiva do projeto.

2.3 AMBIENTE DO TRABALHO

Este trabalho é realizado na empresa Micromazza Ltda. fabricante de válvulas industriais. É desenvolvido em maior parte nos setores de engenharia de produto e no Laboratório Técnico Micromazza (LTM).

Os relatórios e procedimentos gerados são arquivados e utilizados nos setores de Engenharia e Laboratório Técnico.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

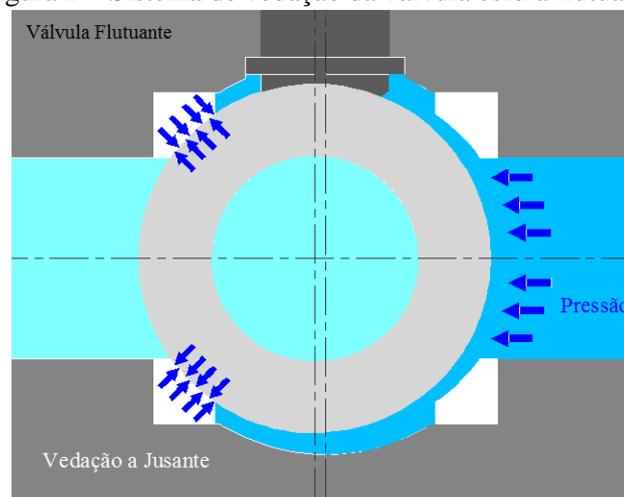
3.1 VÁLVULAS INDUSTRIAIS DO TIPO ESFERA

Válvulas esfera são basicamente de funcionamento *on-off*, na qual uma esfera é utilizada como obturador com um orifício passante. Este descreve um movimento rotacional de 0° a 90° em relação ao sentido de escoamento do fluido na tubulação ou recipiente para abrir e fechar. Na posição aberta, o furo da passagem da esfera fica totalmente alinhado com a tubulação, permitindo a vazão do fluido. Na posição fechada, o orifício da esfera fica perpendicular ao sentido do escoamento do fluxo, efetuando o boqueio da passagem do fluido (8) (9) (10).

De forma mais específica, o sistema de vedação da válvula esfera junto ao obturador pode ter dois padrões construtivos denominados de flutuante e *trunnion* (11) (12).

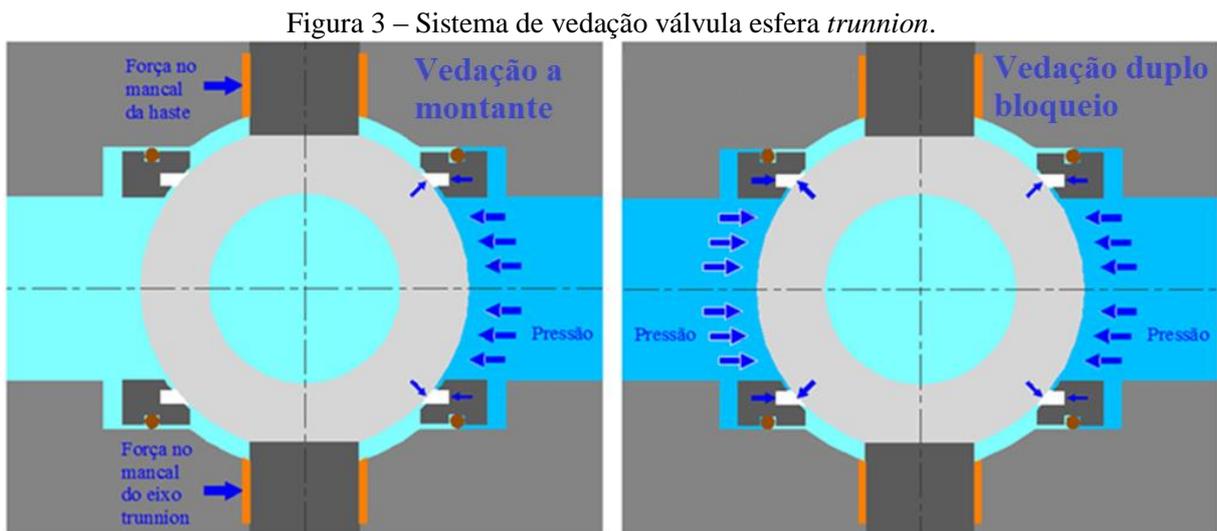
Válvula esfera flutuante: este projeto permite liberdade de movimento da esfera que, na posição fechada, flutua movendo-se em direção ao anel de vedação. Ocorre pequeno deslocamento do eixo central vertical da esfera com relação ao eixo central vertical da válvula durante o processo de obstrução do fluxo. 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, Figura 2 (13).

Figura 2 – Sistema de vedação da válvula esfera flutuante.



Fonte: Adaptado de (11) (13).

Válvula esfera *trunnion*: a esfera é bi apoiada por eixos na qual o componente de vedação é geralmente denominado anel da sede ou porta sede, que consiste de um anel metálico com o inserto de um anel de vedação de material resiliente denominado 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 na qual efetua o movimento de rotação para mover o obturador nas posições aberto e fechado. Os esforços são absorvidos por mancais autolubrificantes que também tem a função de minimizar o atrito durante os acionamentos da válvula. As linhas de centro vertical da esfera e do corpo da válvula permanecem sempre alinhadas. O conceito *trunnion* além da vedação a montante permite estanqueidade do fluido nos dois sentidos de fluxo, efetuando a vedação denominada de duplo bloqueio conforme ilustração na Figura 3 (13).



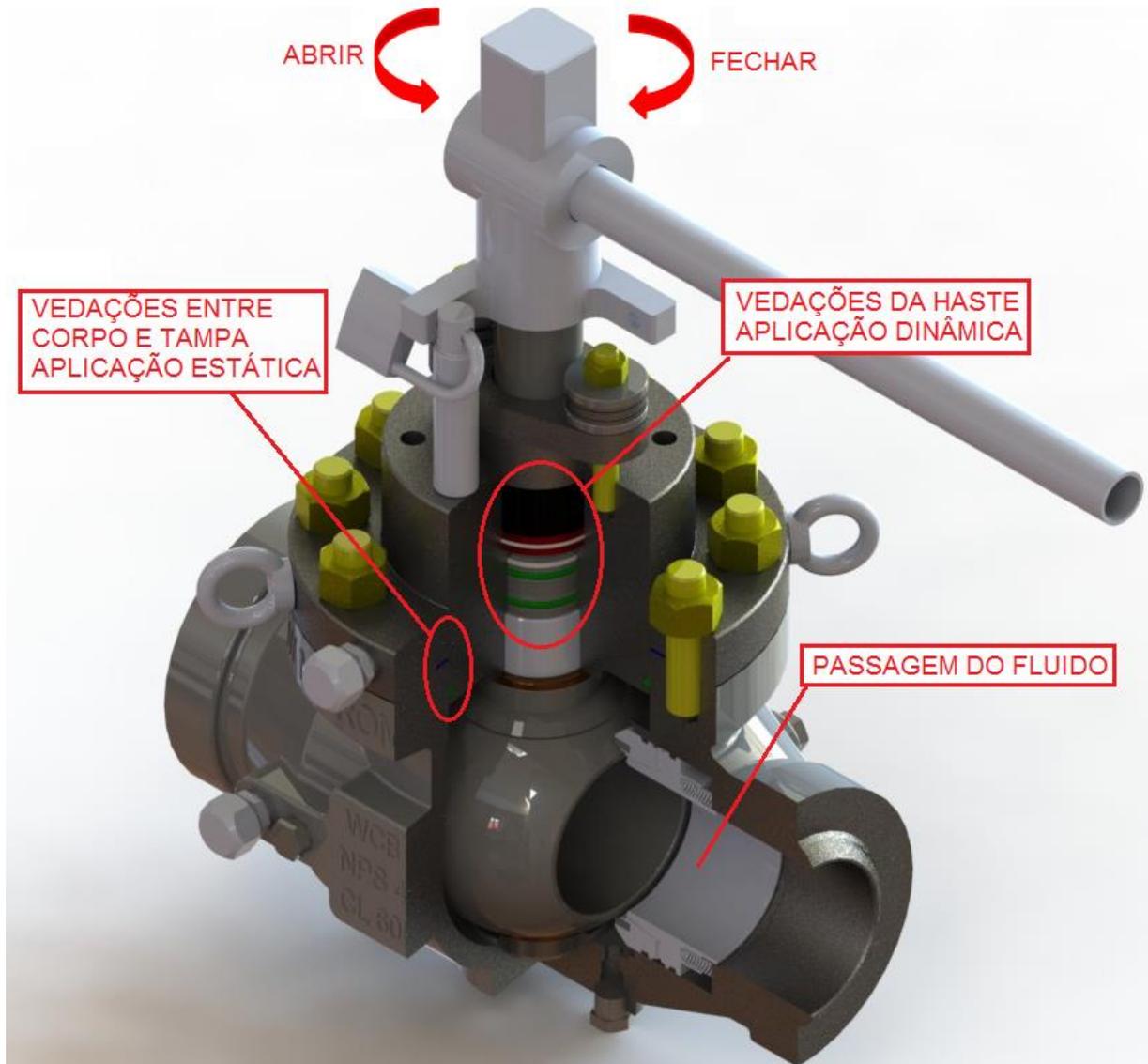
Fonte: Adaptado de (11) (13).

Para a fabricação dos componentes denominados sedes, os quais efetuam a vedação junto ao obturador em válvulas do tipo esfera, em grande parte das aplicações utilizam-se materiais do grupo dos polímeros. Por isso, são denominados resilientes pela norma ABNT NBR 15827: 2014. A resiliência de um material é a propriedade pela qual a energia armazenada em um corpo deformado é devolvida quando cessa a tensão causadora da deformação elástica. Pode ser caracterizada também como a resistência ao choque (14) (15).

Para a análise das emissões fugitivas em válvulas não são as vedações entre sede e esfera que devem ser analisadas, mas sim as vedações entre corpo e tampa da válvula, ou seja,

vedações da carcaça, consideradas estáticas e vedações dinâmicas aplicadas na haste, onde ocorre movimento do eixo para abertura e fechamento do obturador, Figura 4 (5).

Figura 4 – Válvula esfera *trunion Top Entry*, NPS 4" CL600 projeto Micromazza.



Fonte: Adaptado de (16).

A válvula apresentada na Figura 4, possui montagem do tipo *Top Entry*, ou seja, a montagem da esfera, haste e demais componentes internos é efetuada pelo topo do componente denominado corpo. Possui a vantagem de ter somente uma ligação parafusada entre corpo e tampa, minimizando pontos de possíveis vazamentos se comparado com outros tipos de montagem que podem ter até quatro uniões parafusadas no corpo (8).

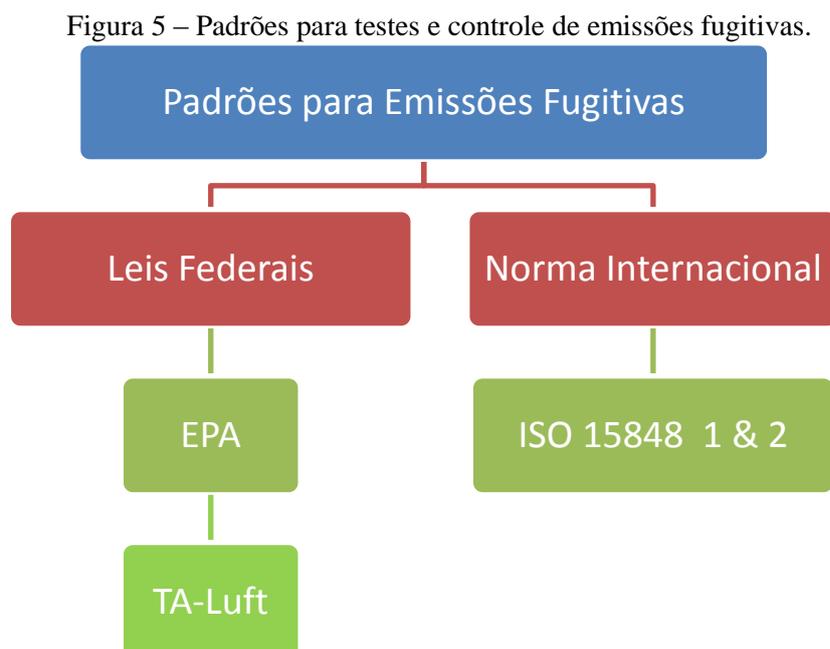
3.2 NORMALIZAÇÃO PARA ENSAIOS DE EMISSÕES FUGITIVAS

3.2.1 Histórico de normas e leis para baixa emissão fugitiva

Atualmente, vários padrões e códigos internacionais estão disponíveis para selecionar os critérios e metodologia de ensaios de emissões fugitivas aplicados em válvulas. Portanto, torna-se importante que os usuários finais especifiquem as condições de operação da válvula ou até mesmo solicitem qual ou quais as normas a serem atendidas conforme sua aplicação, durante o processo de solicitação de fornecimento. Cabe também aos fabricantes de válvulas buscarem certificações de seus produtos conforme padrões adequados com o intuito de atingir o melhor desempenho possível dos componentes de vedação (4).

As certificações de emissões fugitivas têm o objetivo de: checar as taxas de vazamento de válvulas de controle e bloqueio, minimizar e controlar vazamentos em uma planta industrial prevendo eventuais manutenções, inspecionar o desempenho de válvulas utilizando técnicas apropriadas sendo possível estimar as taxas de vazamento da válvula em operação (4).

Os padrões mais utilizados no mundo para a qualificação de válvulas para baixa emissão fugitiva podem ser verificados na Figura 5.



Fonte: Adaptado de (6).

Como pode ser observado na Figura 5, existem leis federais e norma internacional para o controle de emissões fugitivas.

Um dos métodos mais mencionados no mercado quando se fala em baixa emissão fugitiva é o *TA Luft* que significa *Technical Instructions on Air Quality Control*. Trata-se de uma lei federal alemã de controle de poluição do ar, que em português significa "Instruções Técnicas sobre o Controle da Qualidade do Ar" em alemão *Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft*. É comumente referido como *TA Luft*.

Foi criada em 1964 a primeira versão da *TA Luft*. Houve diversas revisões como em 1974 quando o governo alemão promulgou a lei de controle de poluição federal, revista em 1983, 1988 e 2002 sendo esta última válida atualmente. Partes do *TA Luft* foram adotadas por outros países do mundo. Por ser a norma mais antiga e adotada por diversos países da Europa, esta lei é uma das especificações mais conhecidas quando se fala em baixas emissões fugitivas (16).

O *TA Luft* direciona a instrução VDI 2440 quanto a vazamento de juntas de uniões flangeadas e vedações utilizadas em válvulas, apresentando passos para conformidade do teste. O fluido de teste utilizado é o Hélio. Apenas são permitidos métodos de detecção de fugas globais. Existem dois limites diferentes de nível de emissões fugitivas (EF) e estão relacionados com a temperatura da aplicação da válvula. O limite de vazamento para temperatura abaixo de 250 °C pode ser considerado rígido, enquanto que acima de 250 °C, o limite pode ser considerado como menos exigente (3) (17) (18).

A norma *TA-Luft* não define o número exato de ciclos de funcionamento, por isso deixa espaço para diferentes interpretações. Por exemplo, qual a vida operacional de uma válvula de controle que pode ser estabelecida em 500 ou 60.000 ciclos operacionais? Além disso, *TA-Luft* não contém um procedimento de ciclagem definido conforme a temperatura de operação da válvula. Estes aspectos demonstram as desvantagens na avaliação de desempenho de válvulas para BEF em condições reais de utilização (3).

Outro país pioneiro em leis voltadas ao meio ambiente é os EUA, que em 1970 cria a EPA, *Environmental Protection Agency* com o objetivo de investigar, monitorar e normalizar as medidas relacionadas à proteção ao meio ambiente. As normas específicas aplicadas a BEF em válvula são denominadas EPA 40 e EPA 21. O EPA 40, partes 60/63, apresenta critérios de nível de vazamento entre 100 a 500 ppm, que devem ser observados durante as condições de utilização reais e em toda a vida do uso das válvulas. O meio de detecção de fugas de vazão é um hidrocarboneto a partir do oleoduto, e o método de detecção é o *Sniffing*. A abordagem é muito simples e inteligente, devido à utilização de uma instalação de processo

como a origem de emissões fugitivas. Outra vantagem é que o nível EF é medido ao longo do ciclo de vida das válvulas. No entanto, os hidrocarbonetos têm um comportamento de fuga diferente, dependendo da natureza do meio de vazão que pode ser gasoso ou líquido. Assim, torna-se difícil comparar o desempenho de emissões evasivas de válvulas em diferentes casos conforme os meios de vazão. Também estes limites de fuga não são muito rigorosos, por isso eles são mais fáceis de serem atendidos (3).

A norma mais recente referente a ensaios de válvulas para baixa emissão fugitiva é a ISO 15848:2006 parte 1, que trata da qualificação de protótipo e a parte 2, referente à adaptação a produção do projeto. Este código não regulamenta o projeto da válvula, mas sim o tipo de ensaios de homologação que os fabricantes de válvulas devem realizar e atender para conquistar a qualificação de seus produtos. Este trabalho utiliza os parâmetros desta norma para realização dos ensaios e os aspectos principais deste requerimento serão apresentados na seção 3.2.2 (1) (19).

3.2.2 Ensaio de baixa emissão fugitiva conforme a norma ISO 15848

A norma ISO 15848 parte 1 tem o objetivo de permitir a classificação de desempenho de diferentes projetos de válvulas industriais na redução de emissões fugitivas. Esta parte da norma também define o tipo de teste para avaliação e qualificação de válvulas em que emissões fugitivas padrões são especificadas.

As avaliações de vazamento de fuga de fluidos para o exterior ocorrem nas vedações da haste da válvula e nas uniões do corpo da válvula. Aplica-se a válvulas do tipo controle e bloqueio, destinadas à aplicação em poluentes atmosféricos voláteis e líquidos perigosos. Juntas de ligação de extremidades da válvula, aplicação de vácuo, efeitos de corrosão e radiação são excluídos desta parte da norma (1).

Apenas uma válvula completamente montada deve ser utilizada para o ensaio. A válvula deve ser selecionada a partir da linha de produção de forma aleatória na fábrica e ter passado pelos processos normais de fabricação sem desvios. Devem ser realizados testes de estanqueidade conforme padrões construtivos. O protótipo deve estar isento de revestimento de proteção superficial. A parte interna da válvula de ensaio deve estar seca e lubrificantes se houverem devem ser removidos (1).

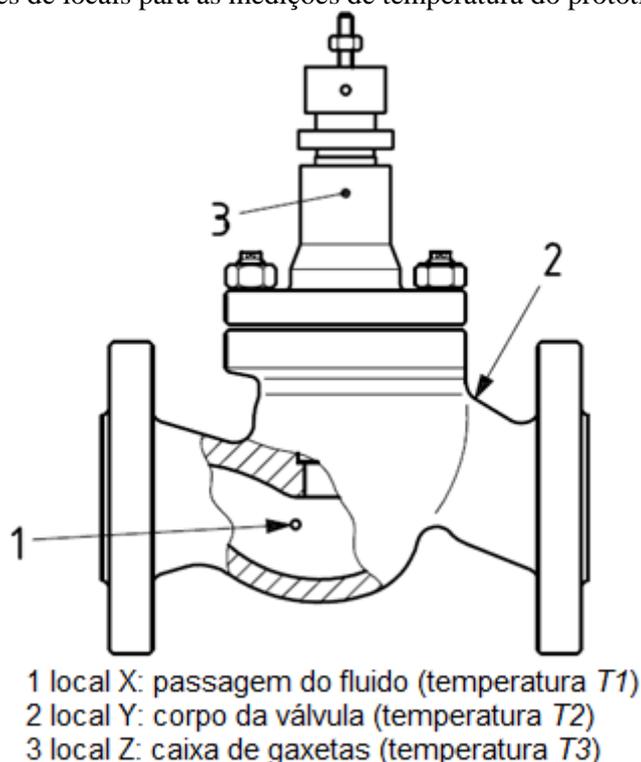
Podem ser realizados arranjos adicionais, bem como a instalação de dispositivos para permitir a medição de vazamento no sistema, desde que não afete o desempenho da vedação da válvula (1).

A válvula protótipo deve estar limpa e livre de água, óleo e poeira. Se a válvula de teste estiver equipada com sistema de preme gaxetas na haste na qual o ajuste da vedação é feito manualmente, este deve ser ajustado inicialmente de acordo com as instruções de trabalho do fabricante e registrada no relatório de ensaio (1).

O fluido de ensaio deve ser gás Hélio ou Metano com, no mínimo, 97% de pureza. O mesmo fluido de teste deve ser usado durante todo o ensaio. O teste utilizando Metano pode ser potencialmente perigoso devido à sua condição inflamável, por isso é usual a utilização do Hélio como fluido de teste (1).

Quanto à temperatura de teste, a válvula protótipo, que passará pela ciclagem mecânica, é mantida à temperatura ambiente e em algumas etapas do teste, a mesma é submetida a temperaturas extremas, conforme selecionado pelo fabricante em conformidade com os requisitos normativos e solicitações de clientes. A temperatura de ensaio deve ser registrada para cada medição do vazamento. A medição de temperatura da válvula de teste é realizada por meio de termopares em três locais (X, Y, Z), como mostrado na Figura 6 (1).

Figura 6 – Indicações de locais para as medições de temperatura do protótipo durante o ensaio.

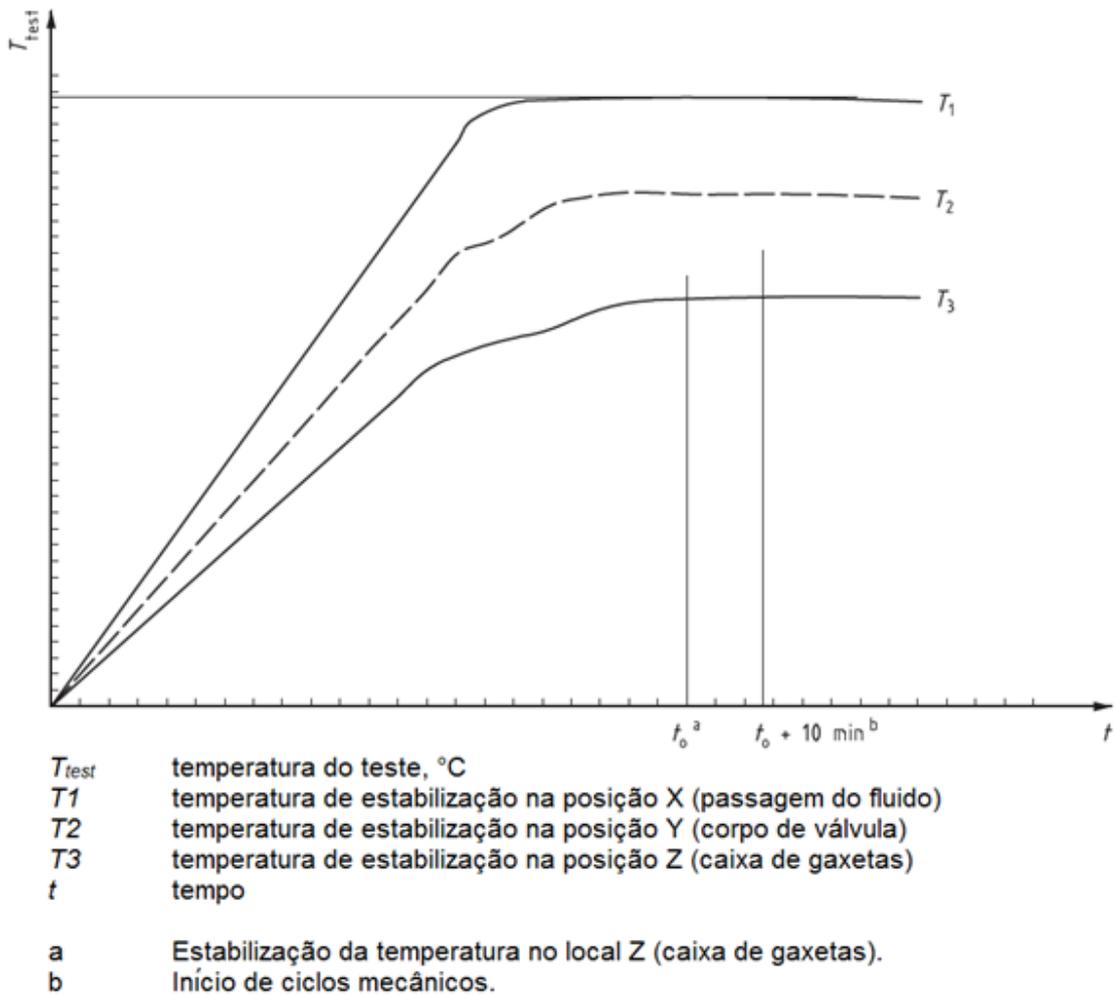


Fonte: Adaptado de (1).

A medição no local "X" é realizada na passagem de fluxo da válvula de teste para registrar a temperatura interna da válvula onde esta se encontra pressurizada pelo fluido de teste. É utilizada para determinar a temperatura de ensaio sendo mandatória em relação às demais. No local "Y", a medição é utilizada para determinar a temperatura externa da válvula adjacente ao corpo. Sendo no local de "Z" efetuada para determinar a temperatura na região da haste, também denominada caixa de gaxetas (1).

Todas as temperaturas na posição X, Y e Z devem ser estabilizadas antes da medição de vazamento durante o ensaio, Figura 7. A temperatura no local "Z" deve ser estabilizada como requisito fundamental para o início da realização dos testes de vazamento na haste. Deve-se manter a temperatura de ensaio estável por no mínimo 10 minutos para posteriormente iniciar os testes. Isso garante que o ensaio seja realizado na temperatura especificada na norma ISO 15848 ou conforme solicitação de cliente (1).

Figura 7 – Estabilização de temperatura para realização do ensaio de BEF.



Fonte: Adaptado de (1).

Na região da haste, o vazamento deve ser medido a partir de uma válvula de teste em repouso na posição parcialmente aberta. A medição do vazamento deve ser realizada pelo método global utilizando o sistema de *Vacuum* ou *Flushing* de acordo com os procedimentos descritos no anexo A da norma ISO 15848-1:2006. Neste teste a unidade de medida geralmente utilizada é expressa em $\text{atm}\cdot\text{cm}^3\cdot\text{s}^{-1}$ (1).

A medição do vazamento no corpo da válvula deve ser medida pelo método denominado local ou *Sniffing*, de acordo com o procedimento descrito no anexo B da norma ISO 15848-1 e expressos em partes por milhão de volume ($1 \text{ ppmv} = 1 \text{ ml} / \text{m}^3 = 1 \text{ cm}^3 / \text{m}^3$) (1).

Uma avaliação das conexões utilizadas na instalação do protótipo deve ser feita para assegurar que as mesmas não afetem os resultados da avaliação das vedações do corpo (1).

As medições de vazamento devem ser registradas em um relatório de ensaio, conforme especificado no item 7 da norma ISO 15848-1, contendo todas as informações pertinentes. Os principais dados registrados são: registro de vazamento, pressão, temperatura, tempo, duração dos ciclos mecânicos e torques de acionamento da válvula protótipo (1).

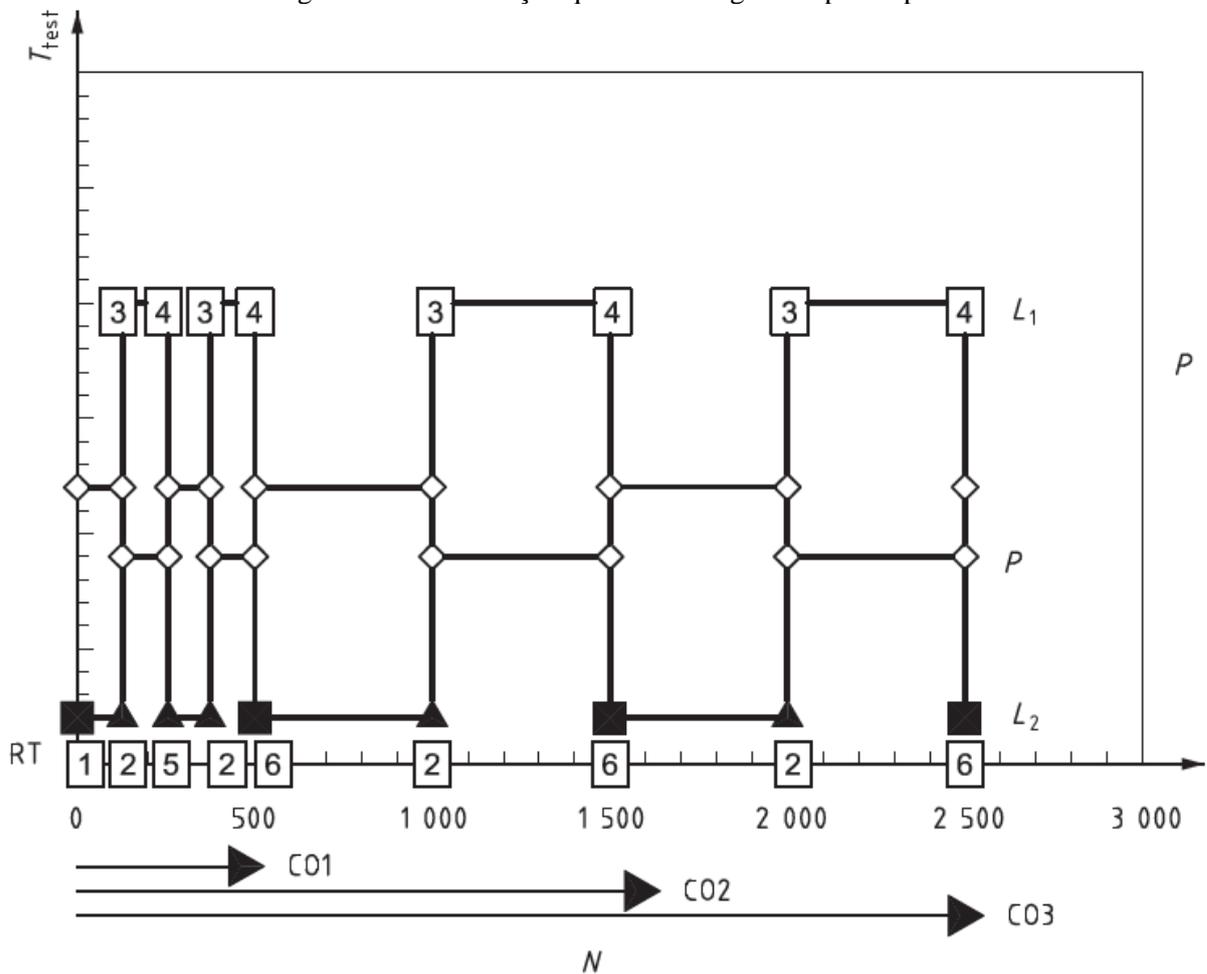
Quanto às pressões de ensaio, estas devem ser aplicadas dentro de um intervalo de $\pm 5\%$ do valor da pressão máxima de trabalho, conforme norma de construção de projeto de válvulas industriais, a ASME B16.34, que apresenta os valores da pressão máxima de trabalho (PMT) conforme material do corpo da válvula em função da temperatura de operação. Após a válvula ser pressurizada, são aplicados ciclos mecânicos de abertura e fechamento na temperatura ambiente, *room temperature* (RT), e em temperaturas extremas selecionadas conforme o objetivo da qualificação, sempre mantendo intervalo de variação da temperatura de no máximo $\pm 5\%$, mas não superior a $15\text{ }^\circ\text{C}$ (1) (19).

Para compreender os passos do ensaio de qualificação conforme norma ISO 15848-1:2006, basta fazer uma análise no gráfico da Figura 8 que apresenta as etapas da ciclagem para válvula do tipo bloqueio. Inicialmente, a válvula protótipo é pressurizada na PMT e na temperatura RT, são realizadas medições de vazamento na região da haste e do corpo. Após as medições serem registradas, são realizados 125 ciclos de abertura e fechamento da válvula. Após o término da ciclagem, são realizadas medições de vazamento novamente. Após este monitoramento, a temperatura do protótipo e do sistema de teste é elevada a temperatura extrema, que pode ser $200\text{ }^\circ\text{C}$, $400\text{ }^\circ\text{C}$ ou temperatura solicitada pelo cliente final, conforme a aplicação do produto. Ao estabilizar a temperatura, por exemplo, a $200\text{ }^\circ\text{C}$ são efetuadas as medições de vazamento. Após o registro, são realizados 125 ciclos mecânicos com o sistema a $200\text{ }^\circ\text{C}$. No término desta etapa são realizadas novamente medições. Após esta fase o

sistema é arrefecido até a temperatura ambiente e devem ser efetuadas novamente medições de vazamento. Percebe-se, então, que são realizados ciclos na RT e ciclos térmicos em temperaturas extremas, com o monitoramento dos vazamentos. Conforme a quantidade de ciclos realizados pode-se então enquadrar a válvula testada em classes denominadas CO1, CO2 e CO3 (1).

A classe CO1 são 500 ciclos com 2 ciclos térmicos. A classe CO2 é composta pelo acréscimo de mais 1000 ciclos à classe CO1, adicionando também um ciclo térmico. E a classe CO3 adiciona 1000 ciclos em CO2 totalizando 2500 ciclos com a adição de mais um ciclo térmico (10).

Figura 8 – Classificação quanto à ciclagem do protótipo.



- T_{test} temperatura do teste, ° C
 N número de ciclos mecânicos
 P pressão do fluido de teste
 L_1 medição de vazamento na vedação da haste
 L_2 medição de vazamento na vedação do corpo

Fonte: Adaptado de (1).

A classe de desempenho da válvula testada é definida pela combinação dos seguintes critérios:

- 1) *tightness class*, classe de estanqueidade com padrões definidos para haste na Tabela 1 e na Tabela 3 e para o corpo na Tabela 2.

Tabela 1 – Classes de estanqueidade para vedações da haste da válvula.

Classe	Medição de taxa ^a de vazamento [$\text{mg}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^{-1}$]	Observações
A ^b	$\leq 10^{-6}$	Normalmente alcançado com vedações seladas por fole ou equivalente para sistema de vedação de válvulas de um quarto de volta.
B	$\leq 10^{-4}$	Normalmente alcançado com vedações a base de PTFE ou elastômeros.
C	$\leq 10^{-2}$	Normalmente alcançado com vedações à base de grafite flexível.

^a Expresso em [$\text{mg}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^{-1}$], medido com o método global, conforme definido no Anexo A da norma ISO 15848-1:2006.

^b Classe A pode ser medido apenas com Hélio utilizando o método a vácuo.

Fonte: Adaptado de (1).

De forma mais prática e específica, pode-se verificar as taxas de vazamentos permitidas para determinada válvula em função do diâmetro da haste de acionamento através de consulta a Tabela 3.

Tabela 2 – Classe de estanqueidade para as vedações do corpo da válvula.

Medição de concentração

≤ 50

Nota: Expresso em ppmv medido através do método *Sniffing* conforme definido no Anexo B da norma ISO 15848-1:2006. [1 ppmv = 1 ml/m³ = 1 cm³/m³].

Fonte: adaptado de (1).

Tabela 3 – Classe de estanqueidade conforme diâmetro da haste, fluido Hélio.

	Classe A	Classe B	Classe C
	$[\text{mg}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^{-1}]$	$[\text{mg}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^{-1}]$	$[\text{mg}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^{-1}]$
	10^{-6}	10^{-4}	10^{-2}
Diâmetro da Haste	Classe AH	Classe BH	Classe CH
[mm]	$[\text{atm}\cdot\text{cm}^3\cdot\text{s}^{-1}]$	$[\text{atm}\cdot\text{cm}^3\cdot\text{s}^{-1}]$	$[\text{atm}\cdot\text{cm}^3\cdot\text{s}^{-1}]$
10	$1,76 \times 10^{-7}$	$1,76 \times 10^{-5}$	$1,76 \times 10^{-3}$
15	$2,64 \times 10^{-7}$	$2,64 \times 10^{-5}$	$2,64 \times 10^{-3}$
20	$3,52 \times 10^{-7}$	$3,52 \times 10^{-5}$	$3,52 \times 10^{-3}$
25	$4,40 \times 10^{-7}$	$4,40 \times 10^{-5}$	$4,40 \times 10^{-3}$
30	$5,28 \times 10^{-7}$	$5,28 \times 10^{-5}$	$5,28 \times 10^{-3}$
35	$6,16 \times 10^{-7}$	$6,16 \times 10^{-5}$	$6,16 \times 10^{-3}$
40	$7,04 \times 10^{-7}$	$7,04 \times 10^{-5}$	$7,04 \times 10^{-3}$
45	$7,92 \times 10^{-7}$	$7,92 \times 10^{-5}$	$7,92 \times 10^{-3}$
50	$8,80 \times 10^{-7}$	$8,80 \times 10^{-5}$	$8,80 \times 10^{-3}$
55	$9,68 \times 10^{-7}$	$9,68 \times 10^{-5}$	$9,68 \times 10^{-3}$
60	$1,06 \times 10^{-6}$	$1,06 \times 10^{-4}$	$1,06 \times 10^{-2}$
65	$1,14 \times 10^{-6}$	$1,14 \times 10^{-4}$	$1,14 \times 10^{-2}$
70	$1,23 \times 10^{-6}$	$1,23 \times 10^{-4}$	$1,23 \times 10^{-2}$
75	$1,32 \times 10^{-6}$	$1,32 \times 10^{-4}$	$1,32 \times 10^{-2}$
80	$1,41 \times 10^{-6}$	$1,41 \times 10^{-4}$	$1,41 \times 10^{-2}$

Fonte: Adaptado de (1).

- 2) *endurance class*, classe de durabilidade ou desempenho com relação ao número de ciclos, conforme Figura 8.
- 3) *temperature class*, classificação conforme a temperatura. A classe de temperatura alvo deve ser selecionada a partir da Tabela 4. Se o teste for realizado em qualquer outra temperatura diferente do especificado, a próxima classe abaixo se aplica. No caso de abaixo de zero aplica-se a classe imediatamente superior. Exemplo, se a temperatura de teste é 405 °C, o valor deve ser classificado como 400 °C. Todas as temperaturas de teste devem ser registradas no relatório de ensaio.

Tabela 4 – Classes de temperatura.

(t -196 °C)	(t -46 °C)	(t RT)	(t 200 °C)	(t 400 °C)
-196 °C	-46 °C	Temperatura ambiente, °C	200 °C	400 °C

Fonte: Adaptado de (1).

A norma ISO 15848-1 apresenta sistema de abrangência para as classes de temperatura:

- Teste a - 196 °C qualifica a válvula na faixa de - 196 ° C até à temperatura ambiente;
- Teste na - 46 °C qualifica a válvula na faixa de - 46 ° C até à temperatura ambiente;
- Teste à RT qualifica a válvula na faixa de - 29 ° C a 40 °C;
- Teste a 200 °C qualifica a válvula na faixa de RT a 200 °C;
- Teste a 400 °C qualifica a válvula na faixa de RT a 400 °C.

Alternativas de temperatura de ensaio ficam sujeitas a acordo entre o fabricante e o cliente final.

- Stem Seal Adjustment (SSA)*: número de ajuste na vedação da haste. Geralmente, os protótipos de válvulas possuem dispositivos de vedação na região da haste que permitem reaperto ao longo da operação. Ajustes mecânicos no sistema de vedação da haste durante o ensaio de qualificação são permitidos quando a taxa de vazamento requerida for ultrapassada. Pode ser efetuado apenas uma vez, para cada uma das fases de qualificação, conforme critério de resistência em função do número de ciclos. O torque aplicado deve ser conforme procedimento do fabricante. Exemplo: um ajuste no máximo é aceito para CO1, pode-se acrescentar se necessário um ajuste para cada etapa subsequente em CO2 e CO3, totalizando no máximo três ajustes para qualificação que se estenda até CO3.

O número total de ajustes na vedação da haste deve ser registrado no relatório de ensaio e indicado com a designação da classificação da válvula como "SSA-1" equivale a 1 reaperto, "SSA-2" para dois reapertos e "SSA-3" para três reapertos.

Se ocorrer falha no teste após o ajuste de vedação da haste, ou seja, se não for possível atingir a classe de estanqueidade pretendida, o ensaio deve ser considerado encerrado, e a válvula de teste deve ser avaliada se atenderá alguma classe especificada ou será considerada reprovada.

Ao atender os critérios de qualificação requeridos às válvulas podem ser marcadas com a inscrição ISO FE acrescentadas do grau da qualificação, exemplos:

- ISO FE BH – CO3 - SSA 1 - t (- 46 °C, 200 °C) - CL150 - ISO 15848-1.

b) ISO FE BH – CO3 - SSA 3 - t (- 29 °C, 200 °C) – CL600 - ISO 15848-1.

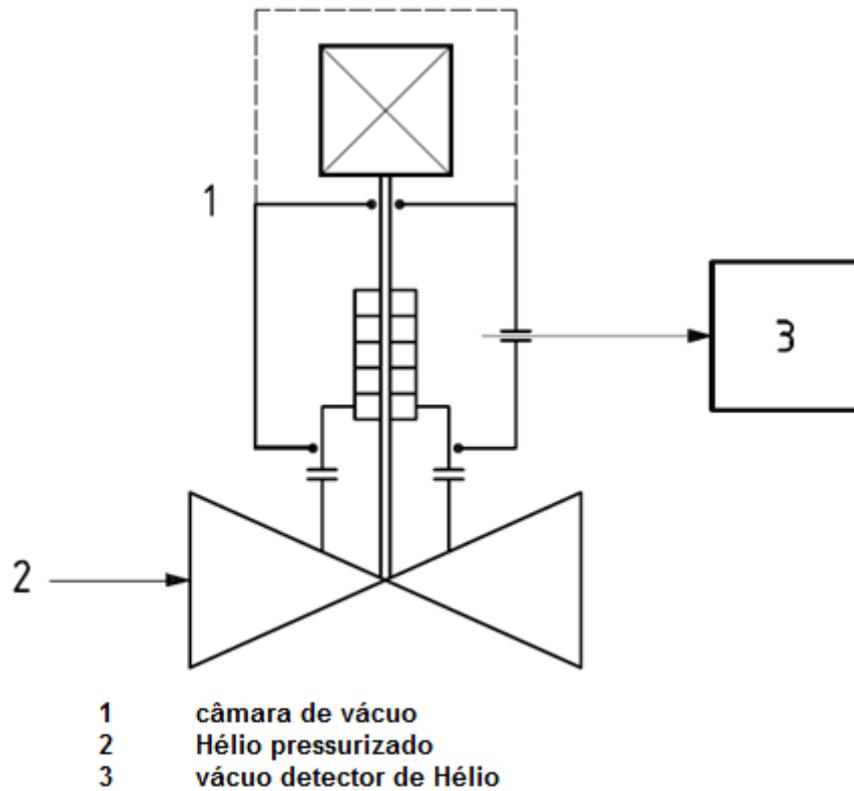
Após a conclusão bem sucedida do programa de teste, tal como definido na parte 1 da ISO 15848, esta qualificação pode ser estendida para tamanhos não testados desde que tenham o mesmo padrão construtivo e forem cumpridos os seguintes critérios:

- a) As vedações da haste e juntas do corpo devem ser do mesmo material e de mesma forma construtiva, independente do tamanho;
- b) Os carregamentos de tensão aplicados aos elementos de vedação devem ser semelhantes às utilizadas na válvula ensaiada;
- c) O tipo de movimento da haste deve ser idêntico;
- d) As especificações de tolerâncias e indicações de estados de superfícies de todos os componentes da válvula que afetam o desempenho das vedações devem ser idênticas;
- e) Os diâmetros das hastes devem estar dentro do intervalo de 50 % inferior a 200 % superior aos diâmetros das hastes das válvulas ensaiadas;
- f) A classe de válvula deve ser igual ou inferior a da válvula ensaiada;
- g) A classe de temperatura requerida situa-se entre a temperatura ambiente e a temperatura de ensaio da válvula testada;
- h) A classe de aperto necessária deve ser igual ou menor do que a da válvula qualificada. O uso de caixa de redução ou atuador não requer qualificação separada.

Quanto ao sistema de medição de vazamento na haste, utiliza-se o método *Vacuum* que está referenciado ao anexo A da norma ISO 15848-1. Este anexo especifica o método de vácuo usado para medir a taxa de vazamento total do sistema de vedação da haste de uma válvula industrial com a utilização de um espectrômetro de massa de Hélio. O fluido de teste é o Hélio com no mínimo 97% de pureza.

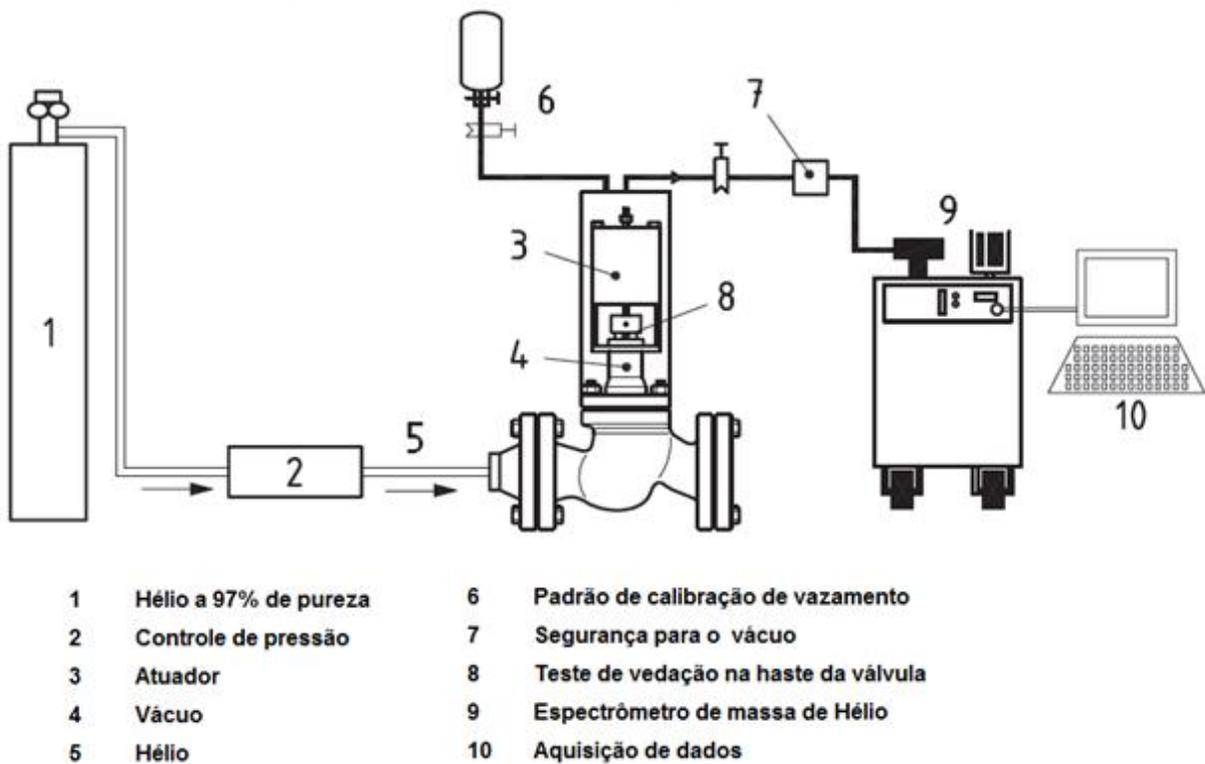
O princípio da montagem do sistema de vácuo na haste da válvula pode ser observado na Figura 9. A fonte do vazamento é fechada em uma câmara, que é evacuada e ligada a um espectrômetro de massa de Hélio. Na Figura 10 apresenta um esboço esquemático dos itens utilizados no teste. Um cilindro de Hélio é utilizado para pressurizar à válvula a PMT de forma controlada. A haste da válvula é acionada por um atuador para realizar os ciclos de abertura e fechamento. A câmara de vácuo é acoplada ao espectrômetro de massa de Hélio calibrado, que realiza a medição das taxas de vazamento que são registradas e armazenadas em um computador de apoio interligado ao sistema (1).

Figura 9 – Princípio do método de vácuo para detecção de vazamento na haste.



Fonte: Adaptado de (1).

Figura 10 – Configuração de teste global método *Vacuum*.

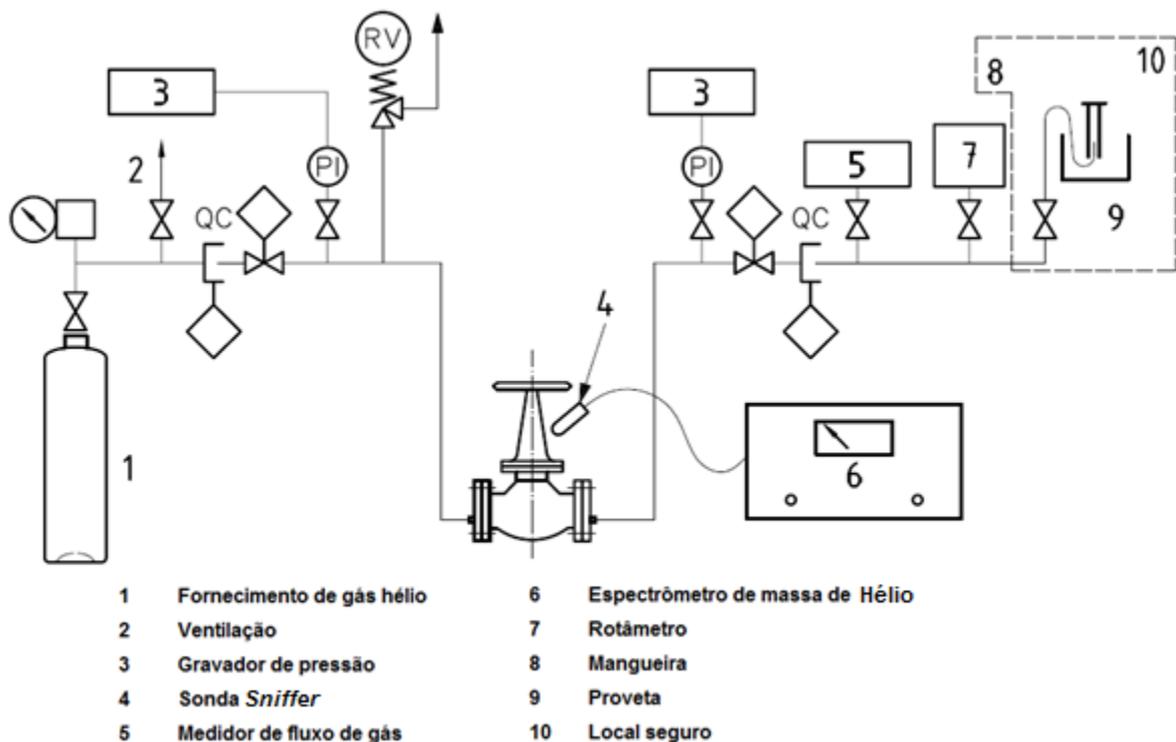


Fonte: Adaptado de (1).

Para a medição do corpo é utilizado o método do *Sniffing* que está referenciado no Anexo B da norma ISO 15848-1:2006. Este anexo especifica o uso de um detector de vazamento equipado com uma sonda denominada de *Sniffer* para medir a concentração do gás utilizado como fluido de teste na atmosfera devido às emissões provenientes dos sistemas de vedações do corpo da válvula. Geralmente o fluido de teste utilizado é o Hélio, embora o Metano também seja aceito. O anexo B da ISO 15848-1:2006 se baseou no método de medições de acordo com os princípios descritos no procedimento EPA 21 da Agência de Proteção Ambiental dos EUA (1).

A sonda detectora do método *Sniffing* permite a medição local de emissões do sistema de vedações do corpo. A concentração medida é expressa em partes por milhão por volume. A Figura 11 apresenta a configuração esquemática dos equipamentos utilizados no método *Sniffing*.

Figura 11 – Medição local com método *Sniffing*.



Fonte: Adaptado de (1).

Alguns espectrômetros de massa de Hélio são capazes de medir a taxa de vazão volumétrica global expressa em $\text{atm}\cdot\text{cm}^3/\text{s}$ e medição local de concentração de Hélio na atmosfera, expresso em ppm. Não há qualquer correlação entre as unidades de medida dos métodos local e global (1) (21).

3.3 ENSAIO A FOGO EM VÁLVULAS CONFORME NORMA ISO 10497

A qualificação *Fire Type-Testing* conforme norma ISO 10497:2010, conhecida também como *Fire Test* ou *Fire Safe*, está frequentemente presente nos requisitos de compra de válvulas industriais já há alguns anos. Já, a qualificação para baixa emissão fugitiva é um critério que atualmente vem sendo cada vez mais solicitado. Estas duas qualificações vem se tornando requisitos primordiais para o fornecimento de válvulas para grandes empresas do setor de óleo e gás.

A norma ISO 10497:2010 cobre os requerimentos e métodos para avaliar o desempenho de válvulas quando expostas a condições definidas de fogo. Os requisitos de desempenho estabelecem os limites de aceitabilidade de vazamento de uma válvula, independente do diâmetro ou da classe de pressão durante o ensaio de queima. O período de queima é estabelecido para representar o tempo máximo requerido para extinguir um suposto incêndio em uma planta industrial (22).

A pressão do teste durante a queima é estabelecida em 2 bar para válvulas de sedes resilientes de classes de pressão CL150 e CL300. Para classes de pressão CL600 e maiores, a pressão na qual a válvula é submetida durante a queima é de 75% da PMT. Desta forma, procura-se representar as condições que seriam esperadas numa planta industrial quando um incêndio é detectado e as bombas de determinados sistemas são desligadas. Nesse caso, a fonte de pressão no sistema é proveniente da própria coluna hidrostática resultante dos níveis de líquido em torres e vasos (22).

O princípio do teste consiste em uma válvula na posição fechada completamente preenchida com água sob pressão. A válvula é completamente envolvida em chamas com uma temperatura na região da válvula entre 750 °C a 1000 °C por um período de 30 minutos. O objetivo é envolver completamente a válvula em chamas para garantir que as áreas de vedações fiquem expostas a alta temperatura durante a queima. A temperatura é monitorada utilizando termopares e cubos calorímetros instalados no corpo da válvula e arredores. Durante o período da queima, os vazamentos internos e externos da válvula são monitorados e registrados (22).

Após extinção do fogo, realiza-se o resfriamento forçado da válvula de teste com água a temperatura ambiente, de forma que a temperatura da superfície externa da válvula reduza e permaneça abaixo de 100 °C. O tempo para o resfriamento não pode ultrapassar 10 minutos (22).

Após resfriamento do sistema, pressuriza-se a válvula hidrostáticamente a pressão de 2 bar por 5 minutos. Durante este período são monitorados e registrados os vazamentos que podem ocorrer entre sede e esfera. Após esta etapa concluída realiza-se a abertura do obturador da válvula e eleva-se a pressão a 75% da PMT. Neste período são monitorados e registrados os vazamentos nas vedações do corpo da válvula (22).

As taxas de vazamento do corpo da válvula e entre sede e esfera não devem exceder os valores expressos na Tabela 5 para que seja realizada a validação da qualificação executada por órgão certificador terceirizado que acompanha todo o processo do ensaio.

A Figura 12 apresenta fotografias do processo de ensaio de um protótipo de válvula esfera NPS 4" CL600 realizado no LTM conforme norma ISO 10497:2010 e procedimento interno denominado I-ENG/016 (23). Verifica-se claramente as etapas principais da qualificação *Fire Test*, tais como: a montagem da válvula no forno, o envolvimento da válvula em chamas durante a queima, a coloração avermelhada da superfície da válvula aquecida à alta temperatura momentos antes da realização do resfriamento, o resfriamento abrupto através de jatos d'água a temperatura ambiente, o acionamento realizado no final da qualificação para a realização do teste hidrostático final a 75% da pressão máxima de trabalho e os componentes da válvula após a realização do ensaio. Um esboço do aparato do ensaio pode ser visualizado no Apêndice E deste trabalho.

Tabela 5 – Índices máximos de vazamento para o *Fire Test* conforme ISO 10497:2010.

Índices máximos de vazamento [ml/min]							
Dimensão da Válvula		Vazamento através da sede			Vazamento externo		
Bitola	Bitola	Durante a queima		Após resfriamento	Durante queima e resfriamento		Após teste operacional
DN	NPS	2 bar CL150/300	75% PMT CL600	2 bar	2 bar CL150/300	75% PMT CL600	75% PMT
8	¼	32	128	13	8	32	8
10	3/8	40	160	16	10	40	10
15	½	60	240	24	15	60	15
20	¾	80	320	32	20	80	20
25	1	100	400	40	25	100	25
32	1 ¼	128	512	51	32	128	32
40	1 ½	160	640	64	40	160	40
50	2	200	800	80	50	200	50
65	2 ½	260	1040	104	65	260	65
80	3	320	1280	128	80	320	80
100	4	400	1600	160	100	400	100
125	5	500	2000	200	125	500	125
150	6	600	2400	240	150	600	150
200	8	800	3200	320	200	800	200
>200	>8	800	3200	320	200	800	200

Fonte: Adaptado de (20).

Figura 12 – Fotografias do processo do ensaio *Fire Test* conforme norma ISO 10497:2010. Realizado em um protótipo de válvula do tipo esfera. a) Válvula montada no forno. b) Realização da queima do protótipo. c) Abertura do forno momentos antes de iniciar o resfriamento. d) Resfriamento realizado com água a temperatura ambiente. e) Abertura da válvula após a queima para realização do teste hidrostático final. f) Válvula desmontada após o ensaio realiza-se a inspeção dos componentes.



Fonte: Adaptado de (16).

3.4 ESPECTRÔMETRO DE MASSA DE HÉLIO

A espectrometria de massa de Hélio é um método utilizado na detecção de vazamento em processos industriais. Isso ocorre porque o Hélio possui uma série de propriedades que contribuem para esta aplicação, tais como: é inerte, não condensável, não tóxico, relativamente barato, alta capacidade de encontrar regiões para vazamento devido à sua pequena massa atômica e não inflamável. A única molécula menor que o Hélio, massa 4, é Hidrogênio massa 2, porém este não é inerte. O Hélio é muito mais leve que a próxima molécula mais pesada e inerte o Neon de massa 20. O Hélio está presente no ar da atmosfera terrestre na proporção de 5 ppm (45) (22).

O conceito da espectrometria de massa consiste em ionizar um composto através de um método de ionização, os íons são separados na base da razão entre massa/carga por meio de um método de separação. O número de íons que corresponde a cada unidade de razão massa/carga é registrado na forma de um espectro de massa que pode definir de forma qualitativa e quantitativa os compostos de uma amostra (45).

Quanto ao funcionamento, o espectrômetro de massa possui três partes fundamentais: fonte de ionização, analisador e detector. Este conjunto trabalha em vácuo para que os íons gerados possam trafegar através do equipamento sem que haja interferência do meio. Para isso, o conjunto é submetido à baixa pressão com a ajuda de uma bomba de pré-vácuo que funciona no lado externo do espectrômetro de massas e por uma bomba de alto vácuo que está localizada no interior do aparelho, chamada bomba turbo molecular (45).

O método utilizado para ionização, neste caso, é denominado ionização elétrica. Os elétrons utilizados para ionização são produzidos pela passagem de corrente elétrica por um filamento de tungstênio. A intensidade da corrente elétrica controla o número de elétrons emitidos por este filamento. Um campo elétrico acelera os elétrons ionizados para produzir um feixe de elétrons de alta energia. Quando uma molécula do analito passa através do feixe de elétrons, esta é bombardeada perdendo valência e produzindo íons. A ionização não ocorre pela captura de elétrons, o que interfere fortemente na estrutura molecular, ao invés disso, a ionização elétrica produz íons positivos pelo bombardeamento da valência da molécula do analito (45).

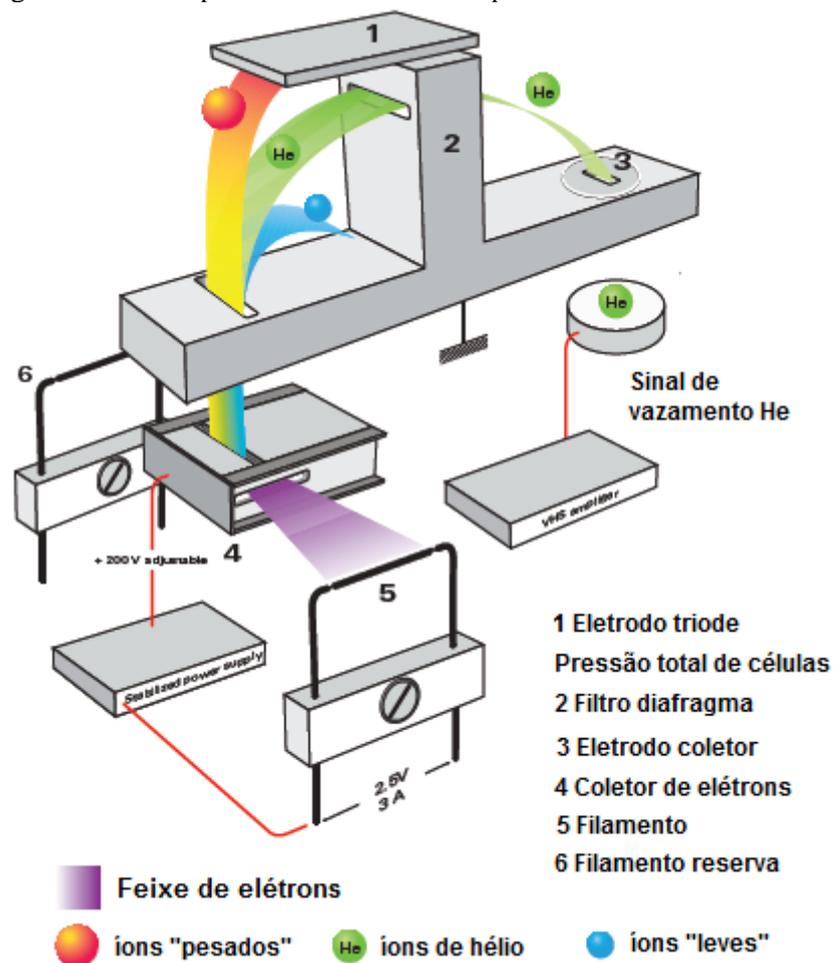
Quanto ao analisador de massa, sua principal função é separar os íons formados no ionizador do espectrômetro de massa de acordo com sua razão massa/carga. O espectrômetro utilizado neste trabalho contém um analisador do tipo Setor Magnético de 180 °.

O analisador conta com uma célula que está sujeita a um campo magnético que tem a propriedade de desviar as trajetórias dos íons ao longo de diferentes curvas de acordo com a razão (m/e). Os íons de Hélio ($m/e = 4$) são separados, pois o campo magnético constante e o campo eléctrico acelerador são ajustados de modo que os íons de Hélio sigam uma trajetória pré-determinada passando pelo filtro ou diafragma, até chegar ao alvo de entrada de corrente direta do amplificador. A corrente de íons de Hélio é proporcional à pressão parcial de Hélio na instalação, desta forma, pode-se encontrar a taxa de fluxo de vazamento que tenha sido detectada durante um experimento (45).

Quanto ao detector de massa, este tem a função de monitorar os íons e amplificar o sinal, transmitindo a um sistema de aquisição de dados (45).

A Figura 13 apresenta um esboço do princípio de funcionamento do espectrômetro de massa de Hélio.

Figura 13 – Princípio funcionamento do espectrômetro de massa de Hélio.



Fonte: Adaptado de (45).

Quanto aos principais componentes, de forma geral, um detector de vazamento é constituído de: um espectrômetro sintonizado para detectar massa de Hélio, um sistema de vácuo para manter adequadamente a baixa pressão no espectrômetro, uma bomba mecânica para evacuar a câmara onde se encontra a peça alvo do teste, válvulas que permitem que as diferentes fases do ciclo de detecção de vazamento sejam realizadas, um amplificador instrumentado para a função de monitorar o sinal de saída do espectrômetro e uma fonte de alimentação elétrica (46).

O equipamento utilizado no ensaio de emissões fugitivas é o espectrômetro de massa de Hélio modelo *Helium Leak Detector Package promo ASM 340 Wet HV*, Figura 14, o qual possui a função de detectar e quantificar o vazamento externo da válvula durante a ciclagem da mesma em temperatura ambiente e extrema.

A comunicação entre o aparelho e um computador de apoio permite o registro dos dados obtidos durante o ensaio. Todos os dados e gráficos gerados pelo equipamento são transferidos simultaneamente para o computador, garantindo assim total segurança com os resultados obtidos durante o teste.

O programa utilizado para converter a taxa de vazamento que o equipamento registra durante o ensaio em planilha de dados e registros gráficos é o *ASM View*, o qual permite salvar os resultados em arquivos nos formatos (.pdf), (.txt) e (.csv).

Figura 14 – Espectrômetro de massa de Hélio utilizado no ensaio modelo: *Helium Leak Detector Package promo ASM 340 Wet H*.



Fonte: Autor (2015).

4 MATERIAIS E MÉTODO

Dados do protótipo escolhido para realização deste trabalho: válvula industrial do tipo esfera *trunnion*, NPS 4", montagem *Top Entry*, classe de pressão CL600, projeto desenvolvido na empresa Micromazza durante a elaboração deste estudo. Ensaios de qualificação realizados conforme norma ISO 15848-1:2006, utilizando os métodos de medição de vazamento do tipo *Vacuum* para a região da haste e do tipo *Sniffing* para as vedações do corpo utilizando como fluido de teste o gás Hélio.

As temperaturas de ensaio selecionadas são: a temperatura ambiente RT de -29 °C a 40 °C e a temperatura extrema de 200 °C. Este critério foi selecionado com objetivo de atender a faixa de operação de válvulas de uso geral estabelecida pela norma ABNT NBR 15827:2014 que é de -29 °C a 150 °C (25).

Realizado ensaio complementar *Fire Test* conforme norma ISO 10497:2010 no protótipo.

3.5 DIMENSIONAMENTO DAS VEDAÇÕES UTILIZADAS NO PROTÓTIPO

Os dimensionamentos das vedações utilizadas no protótipo são divididos em duas partes: dimensionamento das vedações da haste e dimensionamento das vedações do corpo da válvula.

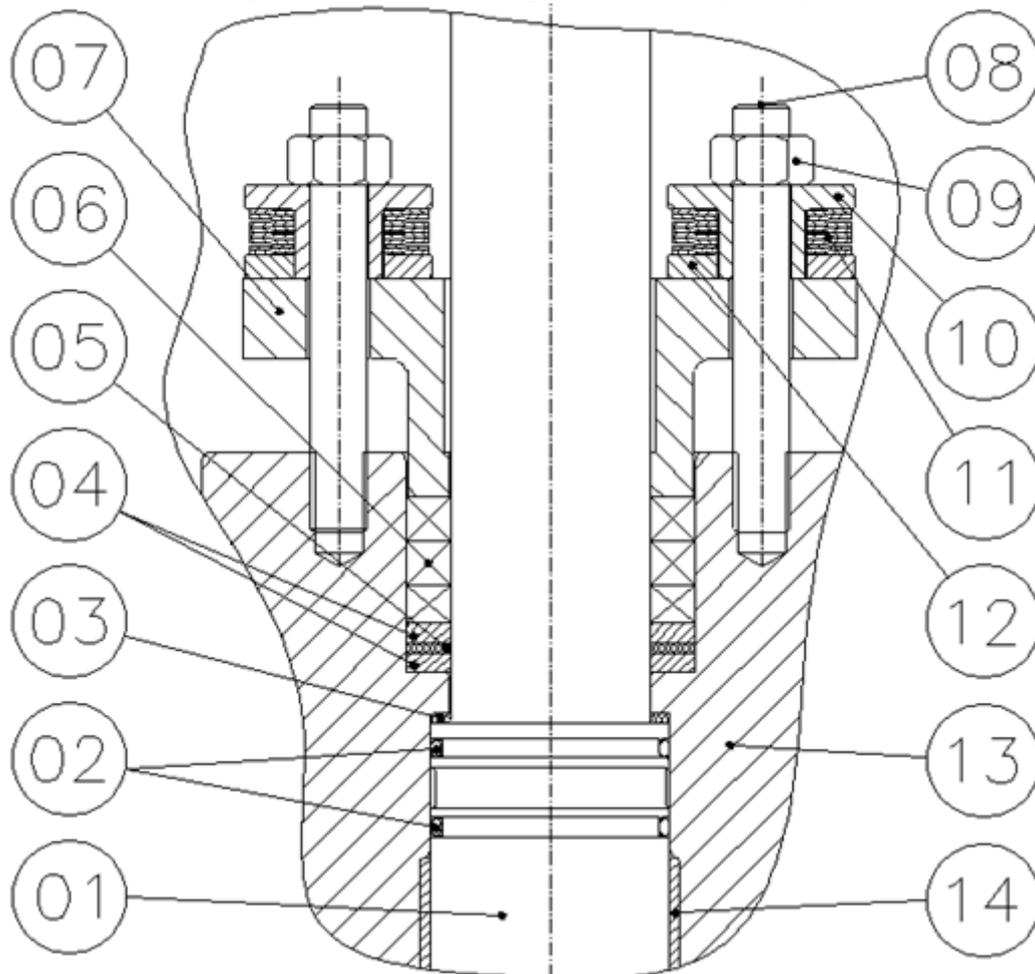
3.5.2 Dimensionamento das vedações da haste

A haste do protótipo conta com três tipos de vedação: uma com base de grafite denominada gaxeta, outra de material elastômero conhecido comercialmente como *o'ring* e uma junta em material polimérico denominado politetrafluoretileno (PTFE) reforçado com carbono. Esta combinação de sistemas de vedações com vários materiais distintos permite o atendimento a diversas qualificações necessárias para o enquadramento do produto no mercado de óleo e gás. Além de baixa emissão fugitiva conforme a ISO 15848, o produto

também deve ser testado a fogo, *Fire Test*, conforme a norma ISO 10497:2010 e permitir a instalação de dispositivo para injeção de selante na haste (22).

A Figura 15 apresenta o sistema de engaxetamento do protótipo, indicando os principais componentes e a Tabela 6 as especificações de cada item.

Figura 15 – Sistema de engaxetamento do protótipo.



01 - Haste	08 - Prisoneiro
02 - O' Ring	09 - Porca
03 - Anel mancal	10 - Bucha
04 - Anel metálico	11 - Mola prato
05 - Junta	12 - Batente
06 - Gaxeta	13 - Tampa
07 - Preme gaxeta	14 - Mancal

Fonte: Adaptado de (16).

Tabela 6 – Itens utilizados como vedação no sistema de engaxetamento.

Pos.	Item	Material	Modelo/Fabricante
01	Haste	ASTM A 217 GR CA15	Ø50mm/ Micromazza
02	O'Ring	Viton 1238-95A	ANEL O'RING Ø3,53 D 95 SHORE "A"(AED) / Parker®
03	Anel mancal	PTFE + 25% Carbono	Teflon® PTFE 2824 A/ Dupon't®
04	Anel metálico	AISI 304	Micromazza®
05	Junta	PTFE + 25% Carbono	Teflon® PTFE 2824 A/ Dupon't®
06	Gaxeta	Grafite flexível com malha de Inconel®	Quimgax 2236 / Teadid®
07	Preme gaxeta	ASTM A 216 GR WCB	Micromazza®
08	Prisioneiro	ASTM A 193 GR B7	9/16"-12 UNC-2A
09	Porca	ASTM A 194 GR 2H	9/16"-12 UNC-2A
10	Bucha	AISI 304	Micromazza®
11	Mola Prato	SAE 301	MOLA PRATO FINA DIA. INT. Ø22,4 - EXT. Ø45 - ALT. 1,25 mm / Spirol®
12	Anel Batente	AISI 304	Micromazza®
13	Tampa	ASTM A 216 GR WCB	Micromazza®
14	Mancal	GU	GU / Grafimec®
	Autolubrificante		

Fonte: Adaptado de (16).

Os detalhes de cada item podem ser verificados a seguir:

1. Haste: a haste da válvula é dimensionada através de cálculos analíticos levando em consideração o torque máximo admissível (TMA) para abertura da válvula, conforme norma ABNT NBR 15827:2014. O material utilizado é o ASTM A 217 GR CA15 conforme configuração padrão de materiais para válvula industrial de uso geral sendo corpo em ASTM A 216 GR WCB. O diâmetro considerado para relacionar a taxa de vazamento permitida é de Ø50 mm. A Tabela 7 apresenta as taxas de vazamento permitidas para este diâmetro de haste (1) (23) (24) (25);

Tabela 7 – Taxas de vazamento permitidas para diâmetro de haste de 50 mm.

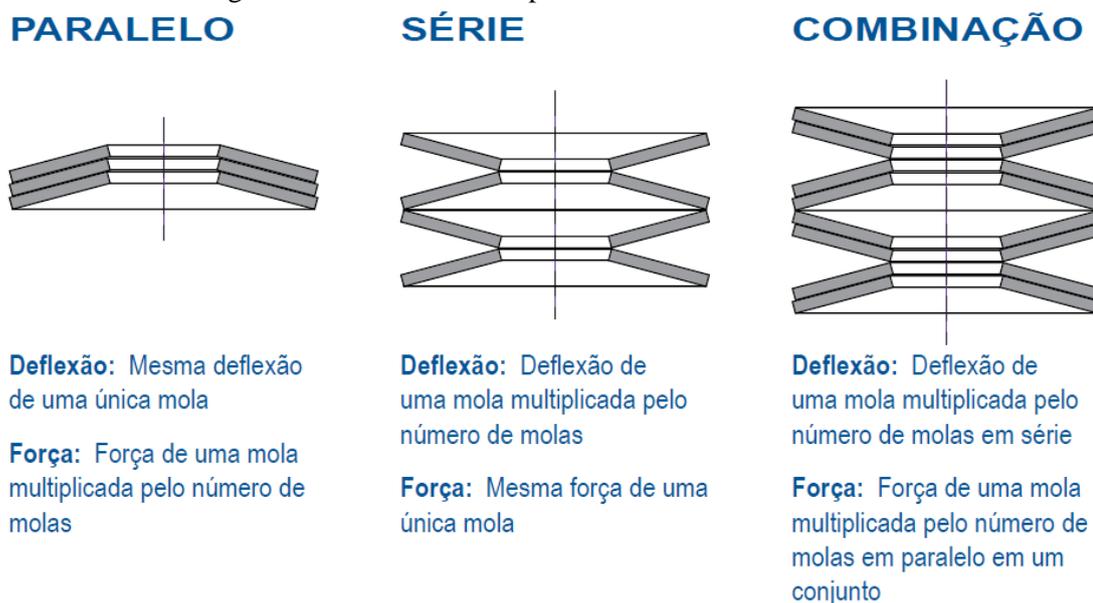
Classe de vazamento			
Diâmetro da haste [mm]	Class AH [atm·cm ³ ·s ⁻¹]	Class BH [atm·cm ³ ·s ⁻¹]	Class CH [atm·cm ³ ·s ⁻¹]
50	$8,8 \times 10^{-7}$	$8,8 \times 10^{-5}$	$8,8 \times 10^{-3}$

Fonte: Adaptado de (1).

- 2 O'ring: o anel o'ring é a vedação primaria no sistema de vedação da haste. O material é o Viton 1238-95A Parker[®] (26). Este material é indicado para aplicações que requerem uso de o'rings com sistema de anti descompressão explosiva. Esta recomendação é atrelada à norma API 6D:2014 que também faz parte do escopo de normas de construção de válvulas industriais. Este padrão indica a utilização deste tipo de material para válvulas de classe de pressão CL600 e maiores. Na aplicação apresentada na Figura 15, utiliza-se estes anéis de vedação. O objetivo é fornecer um espaço situado entre estes dois anéis o'rings para permitir o depósito de selante em aplicações que requerem este tipo de dispositivo de segurança (29);
- 3 Anel mancal: produzido em PTFE 2824 Dupon't[®] é utilizado para permitir o deslizamento da haste minimizando os atritos durante a operação (30);
- 4 Anel metálico: concebido em ASTM A 276 TP 304 utilizado para prensar o segundo sistema de vedação efetuado pela junta, item 05 da Figura 15 (31);
- 5 Junta: produzida em PTFE 2824 Dupon't[®], tem a função de efetuar a vedação secundária. Possui a função de garantir as taxas de vazamento abaixo da classe B durante os ensaios de baixa emissão fugitiva conforme norma ISO 15848:2006 (30) (32);
- 6 Gaxetas: o modelo de gaxeta escolhido foi a Quingas 2236 fabricante Teadid[®] fabricada a partir de fios de grafite flexível para alta temperatura, reforçados individualmente com uma malha de fios de Inconel[®] (33). Para haste com diâmetro de Ø50 mm, a gaxeta recomendada é a de seção quadrada 7/16" de largura conforme indicação da Chesterton[®] (34). Esta seção foi à escolhida para o protótipo na quantidade de três anéis conforme o critério de número mínimo de gaxetas requeridas pela norma ABNT NBR 15827:2011 (35). Tem a função de manter a vedação na região da haste pelo menos na Classe C da norma ISO 15848:2006 e atender os requisitos de ensaio do tipo *Fire Test* conforme norma ISO 10497:2010;

- 7 Preme gaxeta: Projetado pela Micromazza[®] no material ASTM A 216 GR WCB para manter o mesmo material do corpo da válvula. Segue as instruções de projeto do anexo A da norma ABNT NBR 15857:2014;
- 8 Prisioneiro: foram utilizados dois prisioneiros 9/16"-12 UNC-2A com comprimento de 108 mm no material ASTM A 193 GR B7 conforme padrão construtivo. O torque de aperto dos prisioneiros é de 74 Nm a 80 Nm conforme procedimento Micromazza I-MVA/003 (36) (37) (38);
- 9 Porca: foram utilizadas duas porcas 7/16"-14 UNC-2A no material ASTM A 194 GR 2H conforme padrão construtivo (36) (39);
- 10 Bucha: utilizada para apoiar à porca e realizar a prensagem do conjunto de molas. Concebida no material ASTM A 276 TP 304, segue padrão de projeto Micromazza (31).
- 11 Mola Prato: o sistema de mola utilizado garante uma carga constante de aperto nas gaxetas. Este sistema também é conhecido como *Living Loading* e é geralmente empregada em válvulas que requerem baixas emissões fugitivas em aplicações. O material utilizado é o aço mola SAE 301. Um detalhe importante é a posição da montagem dos conjuntos de mola, ou seja, o método de empilhamento. A Figura 16 apresenta os métodos de empilhamento de molas mais usuais. O escolhido para o protótipo foi o método de combinação que amplifica a deflexão e a força conforme o número de molas utilizadas (40);

Figura 16 – Métodos de empilhamento do sistema de molas.



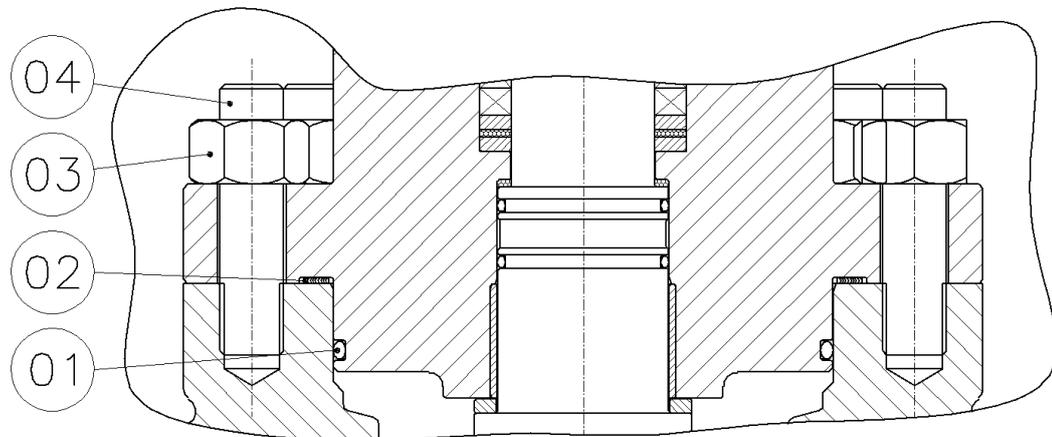
Fonte: Adaptado de (40).

- 12 Anel batente: utilizado como base para o conjunto de molas, possui uma altura que permite que a deflexão das molas seja feita com no máximo 75% da sua altura inicial, conforme recomendação do fabricante. Esta medida é tomada com objetivo de manter as propriedades da mola em flexão tendo em vista que uma deformação acima de 75% da mola acarretaria deformação plástica no componente que teria sua função mola prejudicada. Produzida no material ASTM A 276 TP 304, segue padrão de projeto Micromazza (40);
- 13 Tampa: parte integrante da carcaça da válvula efetua fechamento do corpo e serve como suporte para o sistema de acionamento da válvula. Projetada em ASTM A 216 GR WCB conforme padrão construtivo;
- 14 Mancal Autolubrificante: a estrutura deste mancal é composta de uma base de aço carbono, uma camada intermediária de bronze sinterizado e uma película de PTFE. Possui baixo coeficiente de atrito e alta capacidade de suportar carga (41).

3.5.3 Dimensionamento das vedações do corpo

A carcaça do protótipo conta com uma união entre corpo e tampa a qual requer vedações. A Figura 17 apresenta as regiões de vedações do corpo e seus componentes e a Tabela 8 os detalhes de cada item.

Figura 17 – Sistema de vedação do corpo do protótipo.



01 – O'RING

02 – JUNTA

03 – PORCA

04 – PRISIONEIRO

Fonte: Adaptado de (22).

Tabela 8 – Itens utilizados no sistema de vedação do corpo.

Item	Material	Modelo/Fabricante
O'Ring	Viton 1238-95A	ANEL O'RING Ø5,33 D 95 SHORE "A"(AED) / Parker®
Junta Espiralada	AISI 304 + Grafite	Teadid®
Porca	ASTM A 194 GR 2H	7/8"-9 UNC-2A
Prisioneiro	ASTM A 193 GR B7	7/8"-9 UNC-2A

Fonte: Adaptado de (16).

As vedações do corpo e tampa das válvulas de uso geral devem ser providas de uma vedação primária de anéis resilientes como, por exemplo, *o'ring*, atendendo os padrões construtivos correspondentes e adicionalmente deve ser provida de uma vedação complementar em um anel de grafite para evitar vazamento pelo corpo caso haja falha dos anéis resilientes. Para válvulas ensaiadas a fogo conforme ISO 10497:2010, pode ser utilizada uma junta do tipo espiralada, em aço inoxidável austenítico, com enchimento de grafite. Esta é uma recomendação feita pela norma ABNT NBR 15827:2007 (42). A revisão 2014 desta norma não apresenta a obrigatoriedade do uso das juntas espiraladas, porém em função dos excelentes resultados deste tipo de vedação em ensaios de alta temperatura, esta configuração foi mantida nos projetos Micromazza. Os detalhes de cada item estão apresentados a seguir:

1. O'ring: o anel o'ring é a vedação primária no sistema de vedação entre corpo e tampa. O material é o Viton 1238-95A Parker®. Este material é indicado para aplicações que requerem uso de o'rings com sistema de anti descompressão explosiva. Esta recomendação é atrelada à norma API 6D:2014 que também faz parte do escopo de normas de construção de válvulas industriais.
2. Junta espiralada: a junta espiralada é a vedação complementar do corpo, fabricada em espiras de aço inoxidável em AISI 304 com enchimento de grafite entre as espiras. Permite vedações mesmo em altas temperaturas, como no caso dos *Fire Test*, onde as válvulas são submetidas a temperaturas entre 750 °C a 1000 °C, conforme a ISO 10497:2010 (43).
3. Porca: foram utilizados dez porcas 7/8"-9 UNC-2A no material ASTM A 194 GR 2H conforme padrão construtivo;
4. Prisioneiro: foram utilizados dez prisioneiros 7/8"-9 UNC-2A com comprimento de 95 mm no material ASTM A 193 GR B7 conforme padrão construtivo". Torque de aperto é de 280 Nm a 304 Nm conforme procedimento Micromazza I-MVA/003 (38).

3.6 INSTRUMENTAÇÃO DO ENSAIO

Inicialmente, a válvula protótipo é instalada na câmara de ensaios de válvulas no Laboratório Técnico Micromazza (LTM), para a realização dos ensaios de emissões fugitivas. São verificadas todas as condições de instalação do protótipo quanto à segurança e funcionalidade dos equipamentos utilizados nos ensaios. A instrumentação e realização do ensaio são efetuadas conforme procedimento interno Micromazza I-ENG/018 que apresenta as diretrizes para esta qualificação (44).

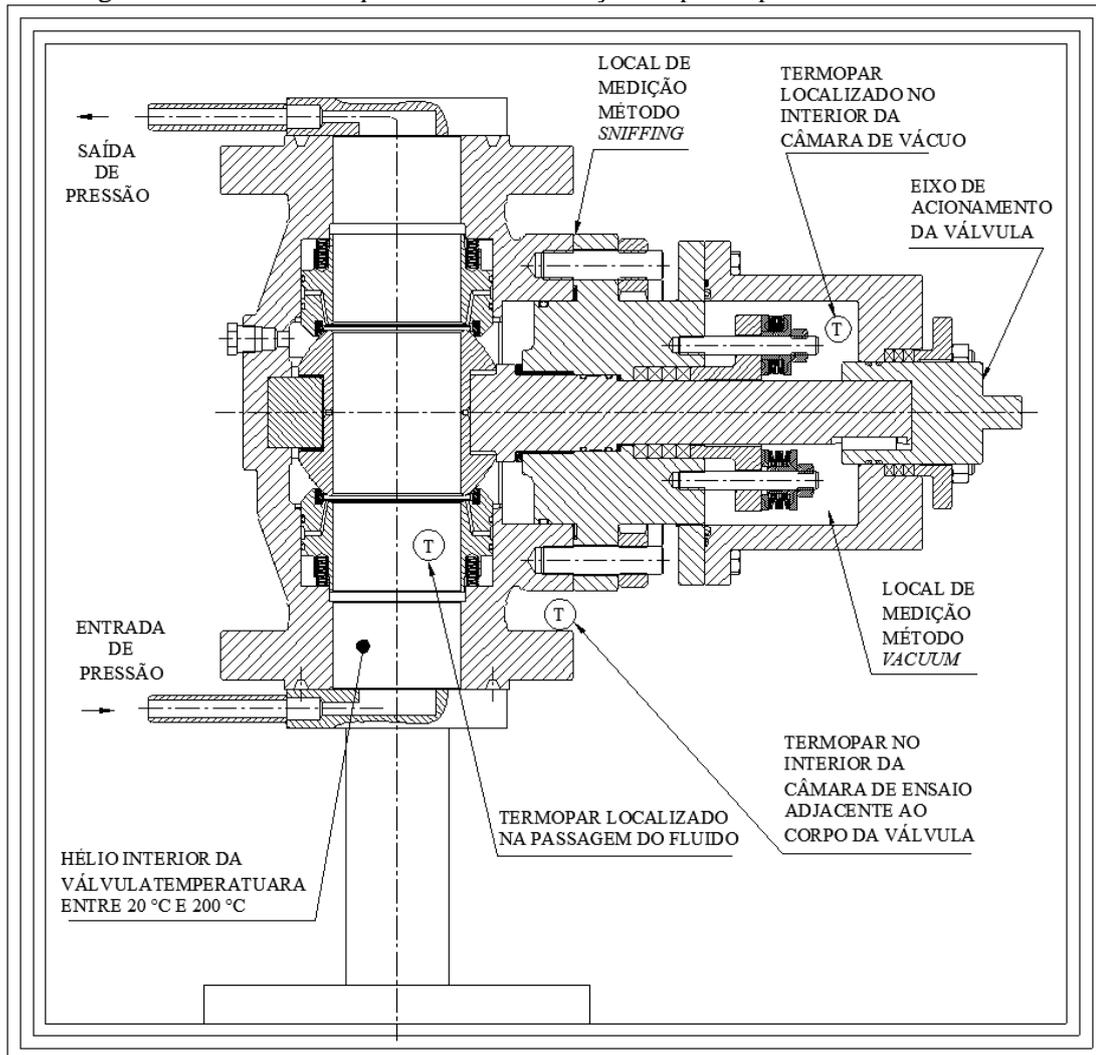
A sequência de operação para instalação da válvula na câmara de ensaios segue a seguinte ordem:

- a) Fixar a válvula na mesa da câmara de ensaio de válvulas e verificar se os manômetros estão adequados para a pressão que vai ser aplicada no teste;
- b) Efetuar a instalação do duto flexível que interliga a câmara de vácuo ao equipamento espectrômetro de massa de Hélio, o qual será responsável pela comunicação entre a válvula a ser testada e o equipamento detector;
- c) A válvula a ser submetida ao ensaio cíclico é ligada ao transdutor de torque através de um eixo de acionamento, o torque da válvula é transmitido ao transdutor de forma mecânica e o transdutor envia essas informações para aquisição computacional dos dados;
- d) Verificar se existem vazamentos de fluido de teste pela carcaça da válvula ou sistema de interligação da câmara de ensaio, se houver, os mesmos devem ser sanados.

A Figura 18 apresenta um desenho esquemático da montagem do protótipo da válvula NPS 4" CL600 *Top Entry* na câmara de ciclagem de válvulas. Pode ser verificado a entrada e saída de pressão, a região de instrumentação dos termopares para monitoramento da temperatura, o eixo de acionamento da válvula e os locais onde são realizados os testes de verificação de vazamento no corpo da válvula através do método *Sniffing* e na câmara de vácuo onde são realizadas as medições na região da haste da válvula através do método *Vacuum*.

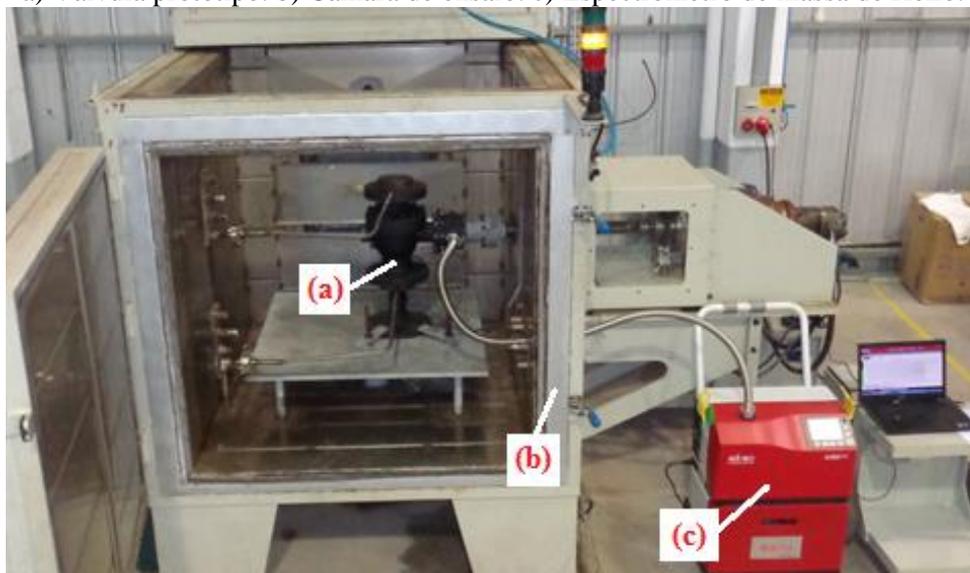
A Figura 19 apresenta uma fotografia da montagem do protótipo na câmara de ciclagem localizada no LTM, onde os três elementos principais do teste podem ser identificados como a válvula protótipo, a câmara de ciclagem e o espectrômetro de massa de Hélio interligado a um computador que registra os valores de vazamento ao longo dos testes.

Figura 18 – Desenho esquemático da instalação do protótipo na câmara de ensaio.



Fonte: Adaptado de (16).

Figura 19 – Foto da montagem do protótipo na câmara de ensaio.
a) Válvula protótipo. b) Câmara de ensaio. c) Espectrômetro de massa de Hélio.



Fonte: Fonte: Adaptado de (16).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram realizados 2500 ciclos de abertura e fechamento da válvula com a pressão máxima de trabalho para o atendimento a classificação CO3, utilizando como fluido de teste o gás Hélio, atendendo a taxa de vazamento Classe B da norma ISO 15848:2006.

As etapas do ensaio podem ser visualizadas na Tabela 1B no Apêndice B.

Inicialmente, foi realizado o teste *Sniffing* para verificar a concentração de Hélio na atmosfera, Figura 20. Nesta fase foram testadas as vedações do corpo da válvula e o sistema de teste. A temperatura utilizada estava em torno de 21 °C com a pressão máxima de trabalho de 102 bar conforme ASME B16.34:2013. A concentração máxima permitida é de 50 ppmv conforme indicado na Tabela 2.

Nesta etapa foram encontrados no máximo 11 ppmv de Hélio na atmosfera na região de instrumentação do protótipo, uma concentração normal para o ambiente é em torno de 5 ppm (43).

A Figura 21 apresenta o resultado geral dos ensaios através de gráfico, sendo na Tabela 9 a apresentação de todos os resultados numéricos dos testes para qualificação. O Apêndice C apresenta os gráficos gerados durante cada etapa do ensaio de qualificação.

Figura 20 – Fotografia da medição inicial utilizando o método *Sniffing*.



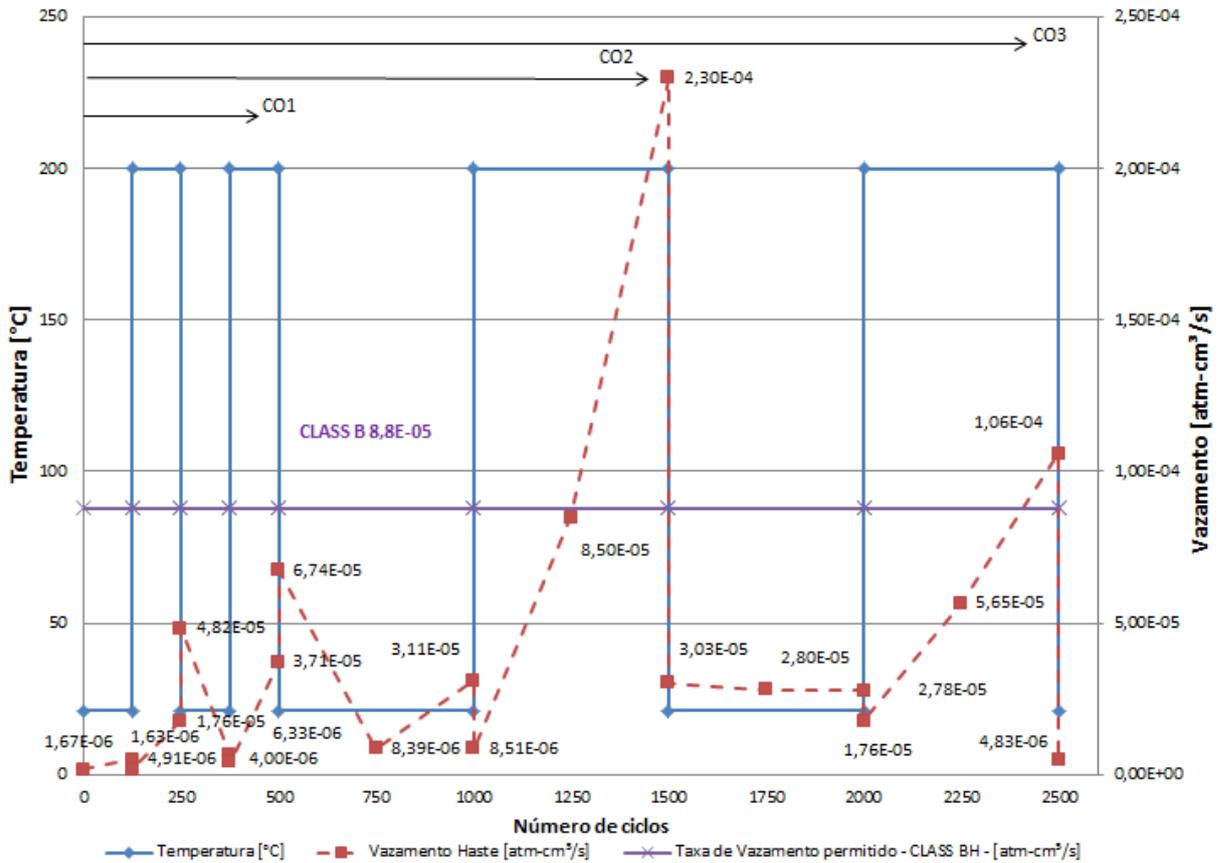
Fonte: Adaptado de (16).

Tabela 9 – Resultado dos ensaios de qualificação.

ETAPA N° CICLOS	DATA	HORA	TEMP. [°C]	VAZAME NTO HASTE [atm-cm ³ /s]	PRESSÃO NA VÁLVULA [BAR]	PRESSÃO NA CÂMARA DE VÁCUO [mbar]	REAPER TO NO PREME- GAXETA	GRÁFICO DO ENSAIO APENDICE C
0	14/08/2015	10:20:20 – 10:26:27	21	11 [ppm]	104	0,83 [atm]	N/A	FIGURA C1
0	14/08/2015	10:53:44 – 10:59:42	21	2,1E-06	104	5,5E-01	N/A	FIGURA C2
0 - 125	14/08/2015	11:01:56 – 12:21:01	21	1,1E-05	104	5,5E-01	N/A	FIGURA C3
125	14/08/2015	12:55:21 – 13:01:19	21	1,0E-05	104	5,1E-01	N/A	FIGURA C4
125	14/08/2015	15:08:42 – 15:14:39	200	1,6E-06	89	5,2E-01	N/A	FIGURA C5
125-250	14/08/2015	15:16:35 – 16:21:32	200	1,5E-05	89	5,2E-01	N/A	FIGURA C6
250	14/08/2015	16:25:11 – 16:31:09	200	1,9E-05	89	2,2E-01	N/A	FIGURA C7
250	17/08/2015	10:31:18 – 10:37:17	21	5,8E-05	104	5,1E-01	N/A	FIGURA C8
250-375	17/08/2015	10:40:35 – 11:27:08	21	4,2E-05	104	2,1E-01	N/A	FIGURA C9
375	17/08/2015	11:52:10 – 11:58:08	21	7,5E-06	104	5,2E-01	N/A	FIGURA C10
375	17/08/2015	14:14:01 – 14:19:59	200	3,8E-06	89	5,3E-01	N/A	FIGURA C11
375 - 500	17/08/2015	14:23:51 – 15:29:29	200	3,2E-05	89	2,2E-01	N/A	FIGURA C12
500	17/08/2015	07:19:52 – 07:25:50	200	3,8E-05	89	2,2E-01	N/A	FIGURA C13
500	18/08/2015	07:19:52 – 07:25:50	21	6,5E-05	104	5,5E-01	N/A	FIGURA C14
500 - 750	18/08/2015	12:45:12 – 14:28:03	21	1,4E-05	104	5,0E-01	N/A	FIGURA C15
750 - 1000	18/08/2015	14:32:12 – 16:02:06	21	1,4E-05	104	5,1E-01	N/A	FIGURA C16
1000	19/08/2015	07:20:50 – 07:26:47	21	3,9E-05	104	5,6E-01	N/A	FIGURA C17
1000	19/08/2015	09:36:30 – 09:42:28	200	8,5E-06	89	2,3E-01	N/A	FIGURA C18
1000 - 1250	19/08/2015	09:44:30 – 12:04:22	200	8,6E-06	89	2,1E-01	N/A	FIGURA C19
1250 - 1500	19/08/2015	13:28:42 – 16:05:00	200	2,2E-04	89	2,2E-04	N/A	FIGURA C20
1500	19/08/2015	16:10:34 – 16:16:32	200	2,3E-04	89	2,1E-01	N/A	FIGURA C21
1500	20/08/2015	07:20:50 – 07:26:47	21	3,1E-05	104	5,3E-01	1	FIGURA C22
1500 - 1750	20/08/2015	08:38:28 – 09:34:03	21	3,3E-05	104	5,1E-01	N/A	FIGURA C23
1750 - 2000	20/08/2015	13:41:02 – 15:54:56	21	7,4E-05	104	5,0E-01	N/A	FIGURA C24
2000	20/08/2015	16:12:31 – 16:18:29	21	3,3E-05	104	5,2E-01	N/A	FIGURA C25
2000	21/08/2015	09:04:54 – 09:10:52	200	2,2E-05	89	2,3E-01	NA	FIGURA C26
2000 - 2250	21/08/2015	09:12:17 – 11:30:42	200	5,5E-05	89	2,2E-01	N/A	FIGURA C27
2250 - 2500	21/08/2015	13:30:15 – 15:52:52	200	1,2E-04	89	2,0E-01	N/A	FIGURA C28
2500	21/08/2015	16:00:22 – 16:06:20	200	1,1E-04	89	2,0E-01	N/A	FIGURA C29
2500	24/08/2015	08:12:56 – 08:18:46	21	5,5E-05	104	5,1E-01	N/A	FIGURA C30
2500	24/08/2015	08:23:25 – 08:29:43	21	43 [ppm]	104	0,83 [atm]	N/A	FIGURA C31

Fonte: Adaptado de (16).

Figura 21 – Gráfico geral do ensaio de qualificação.
 Ensaio de Emissões Fugitivas - VES TOP ENTRY BIP. TRUN. Ø4" CL600 S-290 DEVLON BEF



Fonte: Adaptado de (16).

Após o atendimento ao critério do método *Sniffing*, iniciou-se os testes das vedações da haste através do método *Vacuum*. A primeira medição deste método foi realizada com a válvula com a esfera semiaberta e a haste estática. Nesta fase encontrou-se a menor taxa de vazamento. A taxa de vazão mássica neste período foi de no máximo $2,1E-06$ atm·cm³/s. Após esta etapa iniciou-se a ciclagem de 125 ciclos de movimentos de um quarto de volta para abrir e fechar a válvula. A taxa de vazamento foi monitorada ao longo de toda ciclagem que ocorreu a temperatura ambiente 21 °C. Após esta fase inicial de ciclagem foi realizada novamente a medição da taxa de vazamento no modo estático sem movimento do obturador a temperatura ambiente, e logo após, foi realizado o aquecimento do sistema a temperatura de 200 °C. Após o teste estático, iniciou-se uma ciclagem a alta temperatura onde foram realizados mais 125 ciclos. Portanto o atendimento à classificação CO1 contemplou 500 ciclos, divididos em quatro etapas de ciclagem, duas a temperatura ambiente e duas a temperatura extrema máxima a 200 °C. Verificou-se o pleno atendimento a Classe B na etapa CO1 com ligeiros aumentos na taxa de vazamento chegando a $6,5E-05$ atm·cm³/s nos 500 ciclos durante a medição final do CO1.

Iniciou-se, então, a etapa CO2 realizando uma ciclagem a temperatura ambiente e logo após outra ciclagem a temperatura de 200 °C. Na metade da etapa da ciclagem térmica verificou-se que a taxa de vazamento atingiu valores acima da Classe B pretendida, elevando-se ao final da ciclagem até a taxa de 2,3E-04 atm·cm³/s. Nesta etapa, após a válvula retornar a temperatura ambiente, foi realizado o primeiro reaperto nos fixadores do preme gaxeta, com torque controlado de 80 Nm conforme procedimento interno Micromazza IMV-003.

Após o ajuste na sobreposta iniciou-se a medição com a haste estática e a taxa de vazamento foi reduzida para 3,9E-05 atm·cm³/s, retornando ao atendimento a Classe B. Realizou-se, então, a ciclagem na etapa CO3, que foi finalizada também com atendimento a Classe B sem a necessidade de reaperto do preme gaxeta.

Ao final dos testes, foi desmontada a válvula protótipo e os dispositivos utilizados para a montagem da câmara de vácuo. Foi realizado um exame visual nos componentes de vedação do corpo e da haste da válvula. Nas vedações do corpo e da haste não foram encontrados danos significativos. O Apêndice D apresenta fotografias dos componentes antes e depois do ensaio.

Os principais instrumentos e materiais utilizados nos ensaio de qualificação que requerem certificados de calibração e conformidade estão relacionados na Tabela 10.

Tabela 10 – Instrumentos e materiais utilizados na qualificação.

DESCRIÇÃO	IDENTIFICAÇÃO	CERTIFICADO	DATA CALIBRAÇÃO	VALIDADE
Manômetro Analógico – 0 – 400 kgf/cm ²	MV 202	3191/2015	03/06/2015	03/09/2015
Manômetro Analógico– 0 – 400 kgf/cm ²	MV 199	3190/2015	03/06/2015	03/09/2015
Termômetro Tipo PT 100 - 0-240°C	IND 091	T0091/2014	07/02/2014	07/02/2016
Termômetro Tipo PT 100 - 0-240°C	IND 090	T0094/2014	07/02/2014	07/02/2016
Termômetro Tipo PT 100 - 0-240°C	IND 094	T0095/2014	07/02/2014	07/02/2016
Transdutor de Torque T40 – 0 - 500Nm		136058-101		11/02/2016
Cilindro de Gás Hélio – 99,999% de pureza – AIR LIQUIDE	Hélio 5.0	Lote:	(Envase)	16/04/2020
		2002	16/04/2015	22/06/2020
		2161	22/06/2015	23/06/2020
		2163	23/06/2015	
Espectrômetro de massa de Gás Hélio Fabricante: Adixen	ASM 340 WET HV N° Serie: HLD1404606	Adixen N°: 39206	29/10/2014	29/10/2016

Fonte: Adaptado de (16).

O torque real de operação durante a abertura da válvula (TRO), na pressão máxima de trabalho do início ao final da ciclagem ficou em torno de 400 Nm.

Portanto, realizou-se o processo completo da qualificação da válvula *Top Entry* NPS 4” CL600 para baixa emissão fugitiva conforme norma ISO 15848:2006. O certificado de teste emitido por empresa certificadora é apresentado no anexo A. A nomenclatura da qualificação é a seguinte: ISO FE BH – CO3 - SSA 1 - t (- 29 °C, 200 °C) – CL600 - ISO 15848-1.

A engenharia da empresa Micromazza nos últimos anos vem se aperfeiçoando no desenvolvimento de válvulas com sistema de baixa emissão fugitiva, sendo pioneira no Brasil na realização da qualificação de válvulas conforme ISO 15848 Part 1, realizando os ensaios da haste com o método *Vacuum*. Algumas empresas no Brasil já haviam realizado testes utilizando somente o método *Sniffing*, sendo este de maior simplicidade, pois não requerem equipamentos de medição de alta sofisticação e nem aparato de monitoramento de alto ciclo para a realização destes ensaios. O atendimento ao critério de 50 ppm é relativamente simples para válvulas que possuem sistemas de vedações adequados (44).

A Tabela 11 apresenta as válvulas já qualificadas pela Micromazza conforme ISO 15848-1:2006. A primeira ocorreu em 20/08/2014. Anteriormente a esta data, se um cliente nacional tivesse o interesse em adquirir válvulas homologadas conforme ISO 15848-1:2006, teria que importar de fabricantes europeus ou norte americanos. A cada qualificação alcançada o conhecimento da engenharia Micromazza sobre o tema BEF foi aumentando e se refinando.

Tabela 11 – Válvulas Micromazzas qualificadas conforme ISO 15848 Part 1:2006.

NPS	DN	Prefixo Norma / Fluido	Nº Ciclos	SSA	Temperatura	Classe	Norma	Data
1	25	ISO FE AH	CO3	SSA 2	T(-29°C, 200°C)	800	ISO 15848-1	26/08/2014
3	80	ISO FE BH	CO3	SSA 3	T(-29°C, 200°C)	300	ISO 15848-1	27/09/2014
4	100	ISO FE BH	CO2	SSA 0	T(-29°C, 200°C)	150	ISO 15848-1	01/12/2014
4	100	ISO FE BH	CO3	SSA 1	T(-29°C, 200°C)	600	ISO 15848-1	03/03/2015
4	100	ISO FE BH	CO3	SSA 1	T(-29°C, 200°C)	600	ISO 15848-1	04/09/2015

Fonte: Autor 2015.

O mérito desta última qualificação, a qual gerou este trabalho, foi à utilização da combinação de vários materiais aplicados nas vedações para atingir a homologação para baixa

emissão fugitiva conforme a norma ISO 15848-1:2006 e qualificação *Fire Teste* conforme norma ISO 10497:2010.

A qualificação *Fire Test* foi realizada como complemento, o certificado do teste pode ser verificado no Anexo B e fotografias podem ser visualizadas no Apêndice F.

Com relação à outros trabalhos realizados sobre qualificação de válvulas para baixas emissões fugitivas, verifica-se na principal revista do segmento de válvulas a *Valve World* de junho de 2015, na edição *Fugitive Emissions Special*, um artigo sobre um projeto de válvula, para BEF conforme ISO 15848-1:2006, realizado pelo corpo técnico da empresa norte americana XOMOX[®] do grupo CRANE *ChemPharma & Energy*. É apresentada uma válvula com sistema de três níveis de vedações utilizando uma combinação de materiais para a concepção do sistema de vedação da haste, Figura 22. Verifica-se então a eficiência da combinação de vedações para atender os requisitos de baixa emissão fugitiva utilizadas também por empresas internacionais de válvulas (47).

Porém, ao realizar uma análise do projeto apresentado na Figura 22, verifica-se um possível não atendimento da qualificação *Fire Test* conforme a norma ISO 10497. Atualmente, os clientes do segmento de óleo e gás especificam válvulas que atendam diversas qualificações em um mesmo projeto, sendo as qualificações *Fire Test* e baixas emissões fugitivas essências como requisito de compra.

Figura 22 – Sistema de vedações utilizada em válvulas da empresa XOMOX[®]



Fonte: Adaptado de (47).

O projeto ilustrado na Figura 22, ao ser submetido ao processo de qualificação *Fire-Safe*, na qual provavelmente a vedação primária iria sublimar, ou seja, passar do estado sólido para o estado gasoso em temperatura acima de 365 °C, que é a temperatura média de sinterização do PTFE, pois a válvula seria testada a temperatura em torno de 750 °C a 1000 °C. A sublimação desta peça poderia comprometer o funcionamento da válvula, pois se verifica que além de atuar como vedação primária, este componente está tendo a função de posicionar a haste encaixada na esfera. Este componente não estando mais presente visto que ao final da queima é requerido pela norma um acionamento da válvula com tomada de pressão. Isto, provavelmente, acarretaria um deslocamento na posição de vedação entre sede e esfera e deslocamentos na posição da haste a ponto de, provavelmente, ocasionar vazamento acima do permitido para esta qualificação.

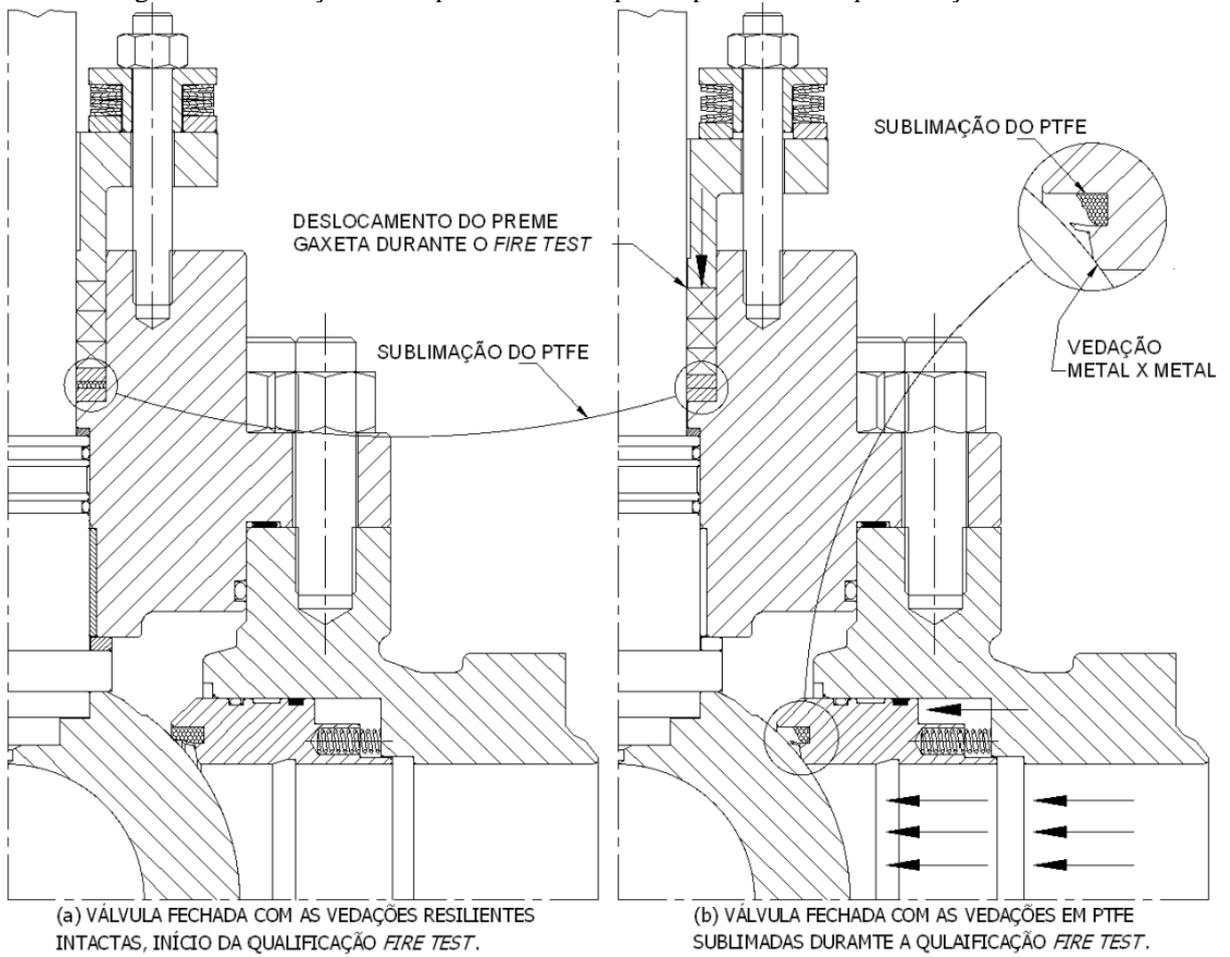
Já, para válvula protótipo qualificada neste trabalho, o projeto foi concebido para atender as duas qualificações: *Fire Test* e BEF. Isso foi possível, pois o projeto contempla um sistema de molas prato que tem a função de além de manter a pressão constante nas gaxetas, o que foi projetado para compensar o espaço deixado no sistema de gaxetas quando o anel a base de PTFE é sublimado no processo de queima.

O atendimento à qualificação *Fire Test* conforme norma ISO 10497 tornou-se possível em função da forma como o projeto foi concebido. Durante a queima, os componentes denominados sedes e anel de vedação a base de PTFE, localizado no sistema de gaxetas, passa a sublimar em função da alta temperatura. Neste momento, o espaço das gaxetas é compensado pelas molas pratos. Quanto à região da esfera a vedação ocorre através do contato com a vedação metálica confeccionada no próprio componente da válvula denominado anel da sede. Esta região possui um raio na mesma dimensão da esfera com um acabamento refinado para que ocorra uma vedação denominada de “Metal x Metal”. Apresenta-se na Figura 23 um esboço do comportamento do protótipo durante a queima.

Na fase final da elaboração deste trabalho, foi lançada a revisão 2015 da norma ISO15848-1:2015. Esta versão foi analisada pela engenharia Micromazza, sendo verificado que praticamente o único parâmetro que foi alterado é o número de ciclos para CO1, que passou de 500 para 205, porém, houve um aumento no número de ciclos do CO2 passando de 1000 para 1295 e o CO3 continuou com 1000 ciclos totalizando os mesmos 2500 ciclos da versão de 2006. As taxas de vazamento permaneceram as mesmas (46).

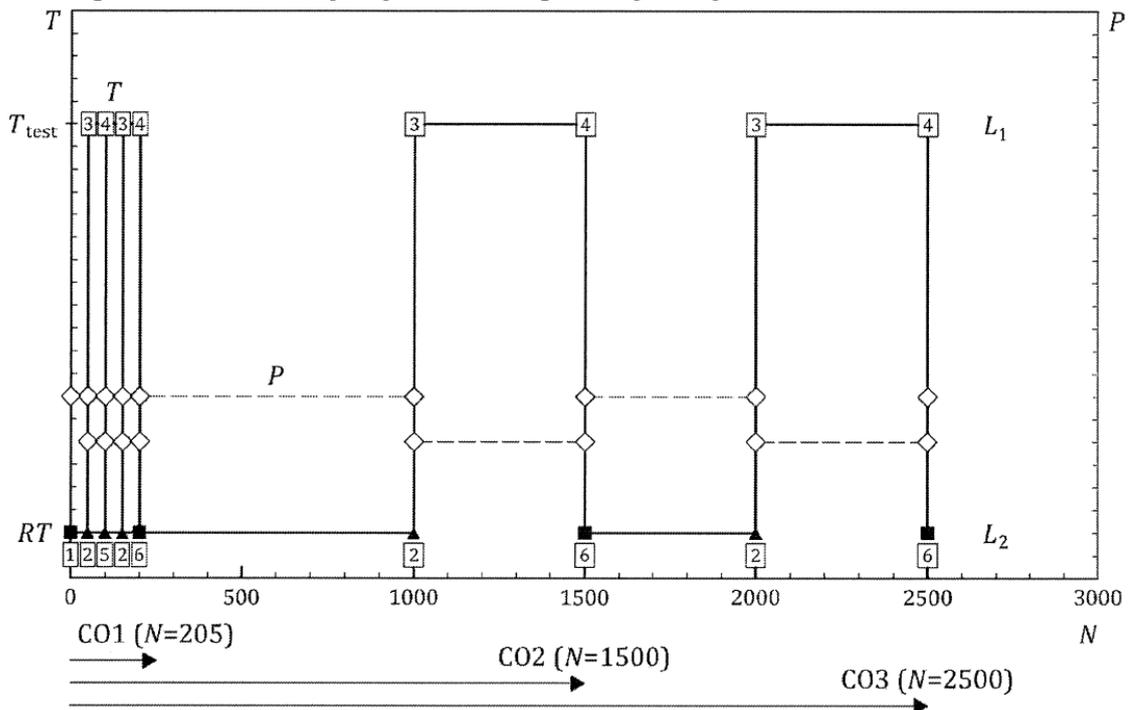
Esta revisão foi realizada com o objetivo de tornar o processo de qualificação mais ágil para clientes que requeiram somente a classificação CO1, pois reduz cada uma das quatro etapas de ciclagem da classe C01 de 125 para 50 ciclos.

Figura 23 – Esboço do comportamento do protótipo durante a qualificação *Fire Test*.



Fonte: Autor 2015.

Figura 24 – Classificação quanto à ciclagem do protótipo conforme ISO 15848:2015.



Fonte: Adaptado de (48).

5 CONCLUSÕES

Com a execução deste trabalho foi possível realizar a qualificação do projeto da válvula do tipo esfera *trunnion* modelo *Top Entry* NPS 4" CL600, para baixa emissão fugitiva, conforme norma ISO 15848-1:2006. Atingiu-se a classe B de vedação e a classe de durabilidade CO3.

Desenvolveu-se uma metodologia aplicável para certificação de válvulas do tipo esfera, conforme norma ISO 15848, sendo o atendimento desta norma na íntegra uma inovação para a indústria brasileira de válvulas industriais, a qual costumava utilizar somente método *Sniffing* para verificação de vazamentos em válvulas já instalados em plantas industriais. Desta forma, é possível que os clientes já instalem em suas aplicações válvulas homologadas, melhorando a qualidade das operações.

Foi possível realizar como complemento a BEF, a qualificação *Fire Test* conforme norma ISO 10497:2010, onde foi realizado o processo de queima da válvula simulando um ambiente de um incêndio em uma planta industrial. A válvula protótipo apresentou funcionamento assegurado neste tipo extremo de solicitação, principalmente referente à capacidade de realizar vedação antes e após a ciclagem da válvula durante o ensaio.

Conclui-se que este trabalho atingiu os objetivos pré-estabelecidos quanto à homologação do protótipo e contribuiu com a preservação do meio ambiente, pois a concepção de projetos eficazes, que minimizam as taxas de poluição para a atmosfera, ajuda a preservar os ecossistemas e concilia o desenvolvimento de tecnologias aplicadas a equipamentos do setor de óleo e gás com destaque na preservação ambiental.

6 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- a) Para a realização deste trabalho foram desenvolvidas metodologia de cálculos analíticos e numéricos através do método dos elementos finitos para dimensionamento do projeto da válvula protótipo. Estes métodos não foram apresentados neste trabalho, em função da grande quantidade de materiais e informações envolvidas neste estudo. Portanto, considera-se viável realizar um trabalho específico focado no tema dimensionamento de projeto de válvulas através de cálculos analíticos;
- b) Realizar processo de qualificação para todos os projetos de válvulas da empresa Micromazza conforme procedimento apresentado neste trabalho;
- c) Realizar estudos e ensaios práticos com diversos tipos e materiais de vedações na busca das melhores soluções aplicadas a válvulas industriais;
- d) Estudar e desenvolver a qualificação para baixas emissões fugitivas em outros modelos de válvulas como, por exemplo, do tipo gaveta, na qual o movimento da haste é ascendente e descendente para efetuar a movimentação do obturador, diferentemente das válvulas esferas, que haste desempenha movimentos rotativos;
- e) Desenvolver e validar método para a realização de projetos de válvulas com maior índice de qualidade e redução de custo, abrangendo todos os padrões construtivos pertinentes e utilizando técnicas de otimização de projeto;
- f) Realizar estudos nas vedações aplicadas entre sede e esfera com o objetivo de atender os requisitos de ciclagem apresentados na norma ABNT NBR 15827:2014.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1 INTERNATIONAL STANDARDIZATION FOR ORGANIZATION. **ISO 15848-1:** Industrial valves - Measurement, test and qualification procedures for fugitive emissions - Part 1: Classification system and qualification procedures for type testing of valves. Genova, 2006.

2 TELES, D. B, *et al.* Testing of low fugitive emission in floating ball valves. **Valve World Americas**, Toronto, Issue 8, p. 8-9, october 2014.

3 LAITINEN, T. Fugitive Emissions (FE) certified valves enhance process plants' safety. **Valve World**, Toronto, Issue 5, p. 81-86, june 2014.

4 PATIL, N. Effective solution to beat Fugitive Emission. **Valve World**, Toronto, Issue 5, p. 65-69, june 2014.

5 HOLMESLET, I. F. Do end-users really care about fugitive emission, or do they only want cheaper valves? Part 1. **Valve World**, Toronto, Issue 3, p. 124-125, april 2014.

6 PATIL, K. S.; RAMAKRISHNAN, V. Trends in fugitive emissions standards and compliance. **Valve World**, Toronto, Issue 5, p. 119-123, june 2014.

7 FUJIWARA, M. R&D for expanded graphite packing for a quarter turn valve. **Valve World**, Toronto, Issue 5, p. 115-116, june 2014.

8 MATHIAS, A. C. **Válvulas: Industriais, segurança, controle: tipos, seleção, dimensionamento.** São Paulo: Artliber, 2008

9 SILVA, O. J. L. **Válvulas Industriais: Petróleo Brasileiro S.A.** Rio de Janeiro: Qualitymark, 2008.

- 10 FORSMAN, C.; MORIN, J. **World Valve: Development of an Outdated Valve Range**. 2005. 84 f. (Master's thesis) - Master Of Science Programme: Ergonomic Design & Production Engineering, Luleå University of Technology, North Plymton, 2005.
- 11 DICKENSON, T. C. **Valves, Piping and Pipelines Handbook**. 3. ed. New York : Elsevier Science Ltd., 1999.
- 12 SMITH, P.; ZAPPE, R. W.; **Valve Selection Handbook: Engineering Fundamentals for Selecting the Right Valve Design for Every Industrial Flow Application**. 5. Ed. London: Elsevier Science Ltd., 2004.
- 13 TELES, D. B. **Requisito de Projeto e Ensaio de Protótipo para Homologação de Válvula do Tipo Esfera Conforme Norma ABNT NBR 15827**. 2013. 113 f. (Graduação em Engenharia Mecânica) – Centro de ciências exatas da natureza e de tecnologia. Universidade de Caxias do Sul, Bento Gonçalves, 2013.
- 14 CALLISTER, W. D. Jr. **Ciência e Engenharia dos Materiais**. 7. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008.
- 15 ASHBY, M. F. **Seleção de Materiais no Projeto Mecânico**. 4. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.
- 16 Arquivos Micromazza. **Arquivos da Empresa Micromazza PMP Ltda**. Vila Flores, 2015.
- 17 Übing, D.; Kropp, L. E. **Environmental laws and their execution in the federal republic of Germany**. Köln: TÜV Rheinland, 1990.
- 18 TA Luft. **Technical Instructions on Air Quality Control**. Berlin: GMBI - Gemeinsames Ministerialblatt Joint Ministerial Gazette, 2002.
- 19 VDI 2440. **Verein Deutscher Ingenieure - Emission control Mineral oil refineries**. Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft, 2000.

20 INTERNATIONAL STANDARDIZATION FOR ORGANIZATION. Industrial valves - Measurement, test and qualification procedures for fugitive emissions - Part 2: Production acceptance tests of valves. **ISO 15848-2**. Genova, 2006.

21 THE AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS. **ASME B16.34**. Valves Flanged, Threaded, and Welding End. New York, 2013.

22 AGILENT TECHNOLOGIES VACUUM PRODUCTS DIVISION. **VS Series Helium Mass Spectrometer Leak Detectors**. Lexington : Agilent, Inc, 2014.

23 INTERNATIONAL STANDARDIZATION FOR ORGANIZATION. **ISO 10497**: Testing of valves - Fire type-testing requirements. Genova, 2010.

24 I-MVA/016. **Procedimento para qualificação Fire Safe Micromazza**. Micromazza PMP Ltda. Vila Flores, 2004.

25 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15827**. Válvulas industriais para instalação de exploração, produção, refino e transporte de produtos de petróleo - Requisitos de projeto e ensaio de protótipo. Rio de Janeiro, 2014.

26 ASTM INTERNATIONAL - AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **A217/A217M-14**, Standard Specification for Steel Castings, Martensitic Stainless and Alloy, for Pressure-Containing Parts, Suitable for High-Temperature Service. West Conshohocken, 2014.

27 ASTM INTERNATIONAL - AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **A216/A216M-14**, Standard Specification for Steel Castings, Suitable for Fusion Welding, for High-Temperature Service. West Conshohocken, 2014.

28 PARKER HANNIFIN CORPORATION O-RING DIVISION. **V1238-95**. Explosive Decompression And Extrusion Resistant Fluorocarbon Elastomer. Lexington, 2010.

29 AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE. **API 6D**. Specification for Pipeline Valves. Washington, 2014.

30 DUPONT. DuPont Teflon PTFE 2824 A. Wilmington, 2013.

31 ASTM INTERNATIONAL - AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **A276-13**, Standard Specification Stainless Steel Bars and Shapes. West Conshohocken, 2013.

32 DUPONT. **Properties Handbook Teflon PTFE fluoropolymer resin**. Wilmington, 2005.

33 TEADIT. **QUIMGAX 2236** - A melhor gaxeta para o controle de emissões fugitivas em válvulas. Rio de Janeiro: 2012.

34 CHESTERTON COMPANY. **1622 Low emissions valve packing**. Groveland., 2011.

35 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15827**. Válvulas industriais para instalação de exploração, produção, refino e transporte de produtos de petróleo - Requisitos de projeto e ensaio de protótipo. Rio de Janeiro, 2011.

36 THE AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS. ASME B1.1. Unified Inch Screw Threads. New York, 2003.

37 ASTM INTERNATIONAL - AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **A193/A193M**, Standard Specification for Steel Alloy-Steel and Stainless Bolting for High Temperature or High Pressure Service and Other Special Purpose Applications. West Conshohocken, 2014.

38 I-MVA/003. **Torque máximo determinado para parafusos, prisioneiros e torque de acionamento**. Micromazza PMP Ltda. Vila Flores, 2004.

39 ASTM INTERNATIONAL - AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **A194/A194M**, Standard Specification for Carbon and Alloy Steel Nuts for Bolts for High Pressure or High Temperature Service, or Both. West Conshohocken, 2014.

40 SPIROL INTERNATIONAL CORPORATION. **Molas Prato**. Indaiatuba, 2013.

41 GRAFIMEC BEARING SYSTEMS. **Catálogo de produtos**. Araras, 2011.

42 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15827**. Válvulas industriais para instalação de exploração, produção, refino e transporte de produtos de petróleo - Requisitos de projeto e ensaio de protótipo. Rio de Janeiro, 2007.

43 Veiga, J. C. **Juntas Industriais**. Rio de Janeiro: Teadit Industria e Comércio Ltda, 2008.

44 I-MVA/018. **Procedimento de medição, teste e qualificação para emissões fugitivas de válvulas industriais conforme ISO 15848**. Micromazza PMP Ltda. Vila Flores, 2015.

45 PFEIFFER VACUUM GmbH. **The Vacuum Technology Book Volume II**. Belliner: Pfeiffer Vacuum, 2013.

46 VARIAN VACUUM TECHNOLOGIES. **Model 979 Series Helium Mass Spectrometer Leak Detector**. Lexington : Varian Inc, 2005.

47 TRUBY, MIKE. How products and practice are crucial in controlling leakage from volatile organic compounds. **Valve World**, Toronto, Issue 5, p. 115-116, June 2014.

48 INTERNATIONAL STANDARDIZATION FOR ORGANIZATION. **ISO 15848-1**: Industrial valves - Measurement, test and qualification procedures for fugitive emissions - Part 1: Classification system and qualification procedures for type testing of valves. Genova, 2015.

APÊNDICE B – ETAPAS DO ENSAIO DE BAIXA EMISSÃO FUGITIVA.

Tabela 1B – Etapas do ensaio de baixa emissão fugitiva.

ETAPA	DESCRIÇÃO DA ETAPA	DETALHES / MÉTODO
01	MEDIÇÃO ESTÁTICA 0 CICLOS TEMPERATURA AMBIENTE	TEMPERATURA AMBIENTE: 20°C PRESSÃO: ATMOSFÉRICA MÉTODO: SNIFFING NÚMERO DE CICLOS: 0 FASE DA QUALIFICAÇÃO: CO1
02	MEDIÇÃO ESTÁTICA 0 CICLOS TEMPERATURA AMBIENTE	TEMPERATURA AMBIENTE: 20°C PRESSÃO VÁCUO: 1MBAR MÉTODO: VACUUM NÚMERO DE CICLOS: 0 FASE DA QUALIFICAÇÃO: CO1
03	MEDIÇÃO DINÂMICA 0 A 125 CICLOS TEMPERATURA AMBIENTE	TEMPERATURA AMBIENTE 20°C PRESSÃO VÁCUO: 1MBAR MÉTODO: VACUUM NÚMERO DE CICLOS: 0 A 125 FASE DA QUALIFICAÇÃO: CO1
04	MEDIÇÃO ESTÁTICA 125 CICLOS TEMPERATURA AMBIENTE	TEMPERATURA AMBIENTE: 20°C PRESSÃO VÁCUO: 1MBAR MÉTODO: VACUUM NÚMERO DE CICLOS: 125 FASE DA QUALIFICAÇÃO: CO1
05	MEDIÇÃO ESTÁTICA 125 CICLOS TEMPERATURA EXTREMA 200°C	TEMPERATURA EXTREMA: 200°C PRESSÃO VÁCUO: 1MBAR MÉTODO: VACUUM NÚMERO DE CICLOS: 125 FASE DA QUALIFICAÇÃO: CO1
06	MEDIÇÃO DINÂMICA 125 A 250 CICLOS TEMPERATURA EXTRE. 200°C	TEMPERATURA EXTREMA: 200°C PRESSÃO VÁCUO: 1MBAR MÉTODO: VACUUM NÚMERO DE CICLOS: 125 A 250 FASE DA QUALIFICAÇÃO: CO1
07	MEDIÇÃO ESTÁTICA 250 CICLOS TEMPERATURA EXTREMA 200°C	TEMPERATURA EXTREMA: 200°C PRESSÃO VÁCUO: 1MBAR MÉTODO: VACUUM NÚMERO DE CICLOS: 250 FASE DA QUALIFICAÇÃO: CO1
08	MEDIÇÃO ESTÁTICA 250 CICLOS TEMPERATURA AMBIENTE	TEMPERATURA AMBIENTE: 20°C PRESSÃO VÁCUO: 1MBAR MÉTODO: VACUUM NÚMERO DE CICLOS: 250 FASE DA QUALIFICAÇÃO: CO1
09	MEDIÇÃO DINÂMICA 250 A 375 CICLOS TEMPERATURA AMBIENTE	TEMPERATURA AMBIENTE 20°C PRESSÃO VÁCUO: 1MBAR MÉTODO: VACUUM NÚMERO DE CICLOS: 250 A 375 FASE DA QUALIFICAÇÃO: CO1

Tabela 1B – Continuação.

10	MEDIÇÃO ESTÁTICA 375 CICLOS TEMPERATURA AMBIENTE	TEMPERATURA AMBIENTE 20°C PRESSÃO VÁCUO: 1MBAR MÉTODO: VACUUM NÚMERO DE CICLOS: 375 FASE DA QUALIFICAÇÃO: CO1
11	MEDIÇÃO ESTÁTICA 375 CICLOS TEMPERATURA EXTREMA 200°C	TEMPERATURA EXTREMA 200°C PRESSÃO VÁCUO: 1MBAR MÉTODO: VACUUM NÚMERO DE CICLOS: 375 FASE DA QUALIFICAÇÃO: CO1
12	MEDIÇÃO DINÂMICA 375 A 500 CICLOS TEMPERATURA EXTRE. 200°C	TEMPERATURA EXTREMA 200°C PRESSÃO VÁCUO: 1MBAR MÉTODO: VACUUM NÚMERO DE CICLOS: 375 A 500 FASE DA QUALIFICAÇÃO: CO1
13	MEDIÇÃO ESTÁTICA 500 CICLOS TEMPERATURA EXTREMA 200°C	TEMPERATURA EXTREMA 200°C PRESSÃO VÁCUO: 1MBAR MÉTODO: VACUUM NÚMERO DE CICLOS: 500 FASE DA QUALIFICAÇÃO: CO1
14	MEDIÇÃO ESTÁTICA 500 CICLOS TEMPERATURA AMBIENTE	TEMPERATURA AMBIENTE 20°C PRESSÃO VÁCUO: 1MBAR MÉTODO: VACUUM NÚMERO DE CICLOS: 500 FASE DA QUALIFICAÇÃO: CO1 (FINAL)
15	MEDIÇÃO DINÂMICA 500 A 1000 CICLOS TEMPERATURA AMBIENTE	TEMPERATURA AMBIENTE: 20°C PRESSÃO VÁCUO: 1MBAR MÉTODO: VACUUM NÚMERO DE CICLOS: 500 A 750 FASE DA QUALIFICAÇÃO: CO2
16	MEDIÇÃO ESTÁTICA 1000 CICLOS TEMPERATURA AMBIENTE	TEMPERATURA AMBIENTE: 20°C PRESSÃO VÁCUO: 1MBAR MÉTODO: VACUUM NÚMERO DE CICLOS: 1000 FASE DA QUALIFICAÇÃO: CO2
17	MEDIÇÃO ESTÁTICA 1000 CICLOS TEMPERATURA EXTREMA 200°C	TEMPERATURA EXTREMA: 200°C PRESSÃO VÁCUO: 1MBAR MÉTODO: VACUUM NÚMERO DE CICLOS: 1000 FASE DA QUALIFICAÇÃO: CO2
18	MEDIÇÃO DINÂMICA 1000 A 1500 CICLOS TEMPERATURA EXTRE. 200°C	TEMPERATURA EXTREMA: 200°C PRESSÃO VÁCUO: 1MBAR MÉTODO: VACUUM NÚMERO DE CICLOS: 1000 A 1500 FASE DA QUALIFICAÇÃO: CO2
19	MEDIÇÃO ESTÁTICA 1500 CICLOS TEMPERATURA EXTREMA 200°C	TEMPERATURA EXTREMA: 200°C PRESSÃO VÁCUO: 1MBAR MÉTODO: VACUUM NÚMERO DE CICLOS: 1500 FASE DA QUALIFICAÇÃO: CO2

Tabela 1B – Continuação.

20	MEDIÇÃO ESTÁTICA 1500 CICLOS TEMPERATURA AMBIENTE	TEMPERATURA AMBIENTE: 20°C PRESSÃO VÁCUO: 1MBAR MÉTODO: VACUUM NÚMERO DE CICLOS: 1500 FASE DA QUALIFICAÇÃO: CO2
21	MEDIÇÃO DINÂMICA 1500 A 2000 CICLOS TEMPERATURA AMBIENTE	TEMPERATURA EXTREMA: 200°C PRESSÃO VÁCUO: 1MBAR MÉTODO: VACUUM NÚMERO DE CICLOS: 1500 A 2000 FASE DA QUALIFICAÇÃO: CO3
22	MEDIÇÃO ESTÁTICA 2000 CICLOS TEMPERATURA AMBIENTE	TEMPERATURA AMBIENTE: 20°C PRESSÃO VÁCUO: 1MBAR MÉTODO: VACUUM NÚMERO DE CICLOS: 2000 FASE DA QUALIFICAÇÃO: CO3
23	MEDIÇÃO ESTÁTICA 2000 CICLOS TEMPERATURA EXTREMA 200°C	TEMPERATURA EXTREMA: 200°C PRESSÃO VÁCUO: 1MBAR MÉTODO: VACUUM NÚMERO DE CICLOS: 2000 FASE DA QUALIFICAÇÃO: CO3
24	MEDIÇÃO DINÂMICA 2000 A 2500 CICLOS TEMPERATURA EXTRE. 200°C	TEMPERATURA EXTREMA: 200°C PRESSÃO VÁCUO: 1MBAR MÉTODO: VACUUM NÚMERO DE CICLOS: 2000 A 2500 FASE DA QUALIFICAÇÃO: CO3
25	MEDIÇÃO ESTÁTICA 2500 CICLOS TEMPERATURA EXTREMA 200°C	TEMPERATURA EXTREMA: 200°C PRESSÃO VÁCUO: 1MBAR MÉTODO: VACUUM NÚMERO DE CICLOS: 2500 FASE DA QUALIFICAÇÃO: CO3
26	MEDIÇÃO ESTÁTICA 2500 CICLOS TEMPERATURA AMBIENTE 20°C	TEMPERATURA EXTREMA: 20°C PRESSÃO VÁCUO: 1MBAR MÉTODO: VACUUM NÚMERO DE CICLOS: 2500 FASE DA QUALIFICAÇÃO: CO3
27	MEDIÇÃO ESTÁTICA 0 CICLOS TEMPERATURA AMBIENTE	TEMPERATURA AMBIENTE: 20°C PRESSÃO: ATMOSFÉRICA MÉTODO: SNIFFING NÚMERO DE CICLOS: 2500 FASE DA QUALIFICAÇÃO: CO3 (FINAL)

Fonte: Autor 2015.

APÊNDICE C – GRÁFICOS DOS ENSAIOS DE QUALIFICAÇÃO

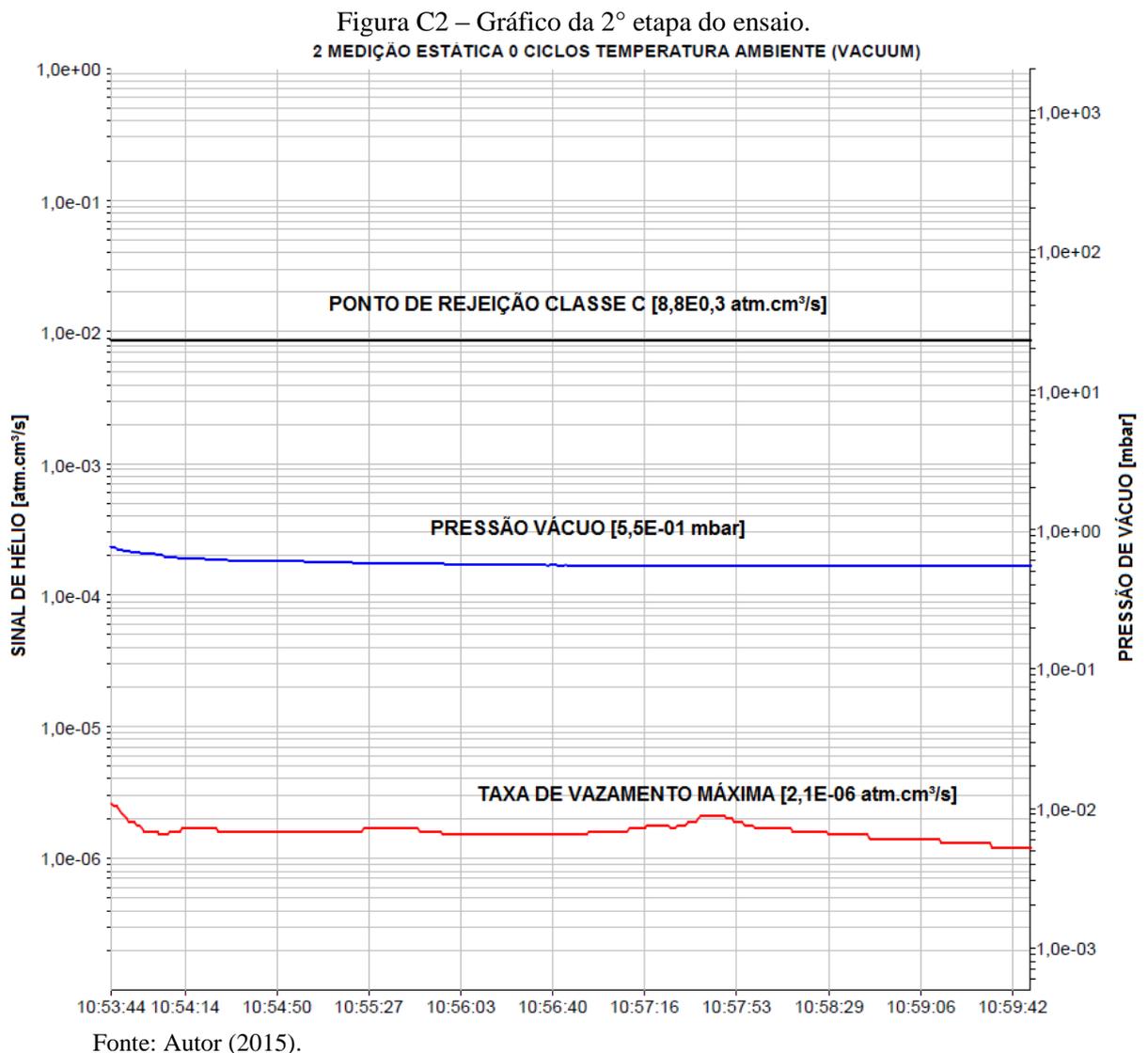
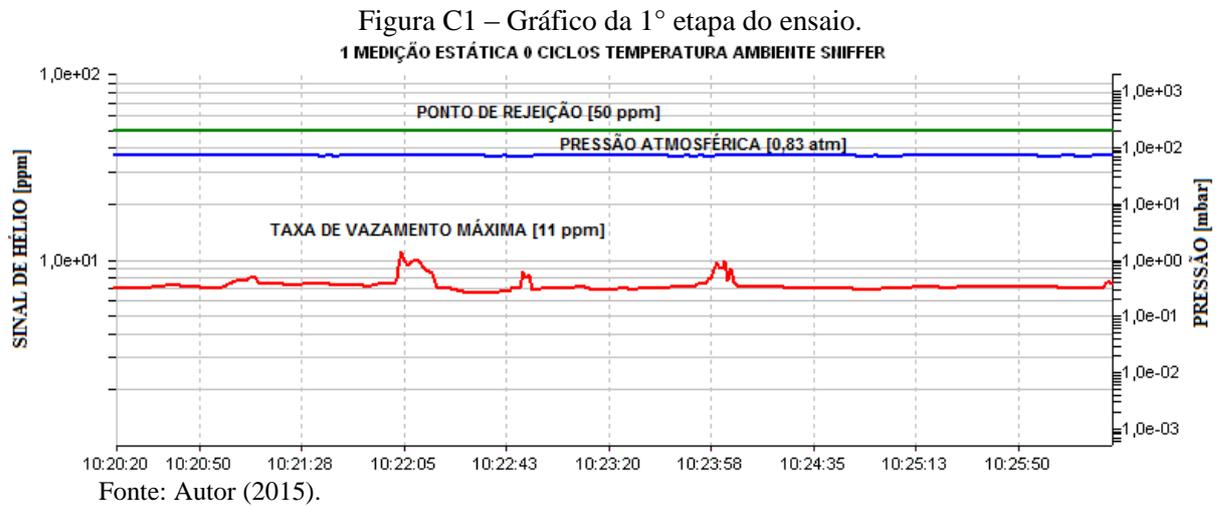
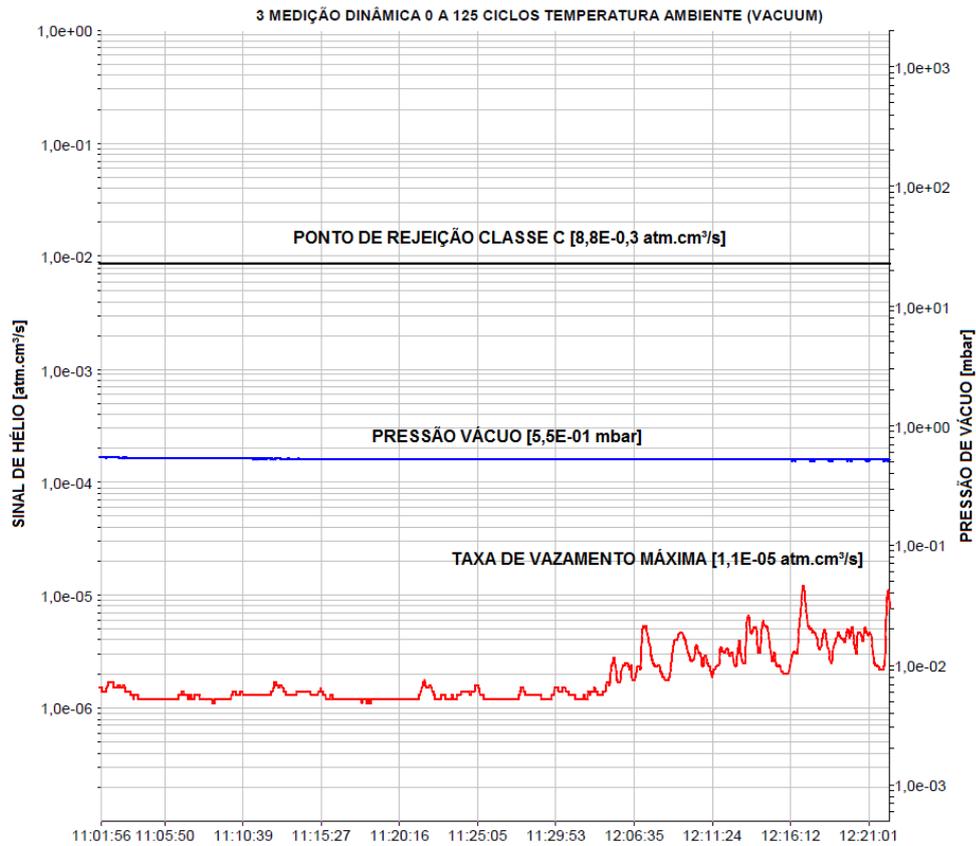
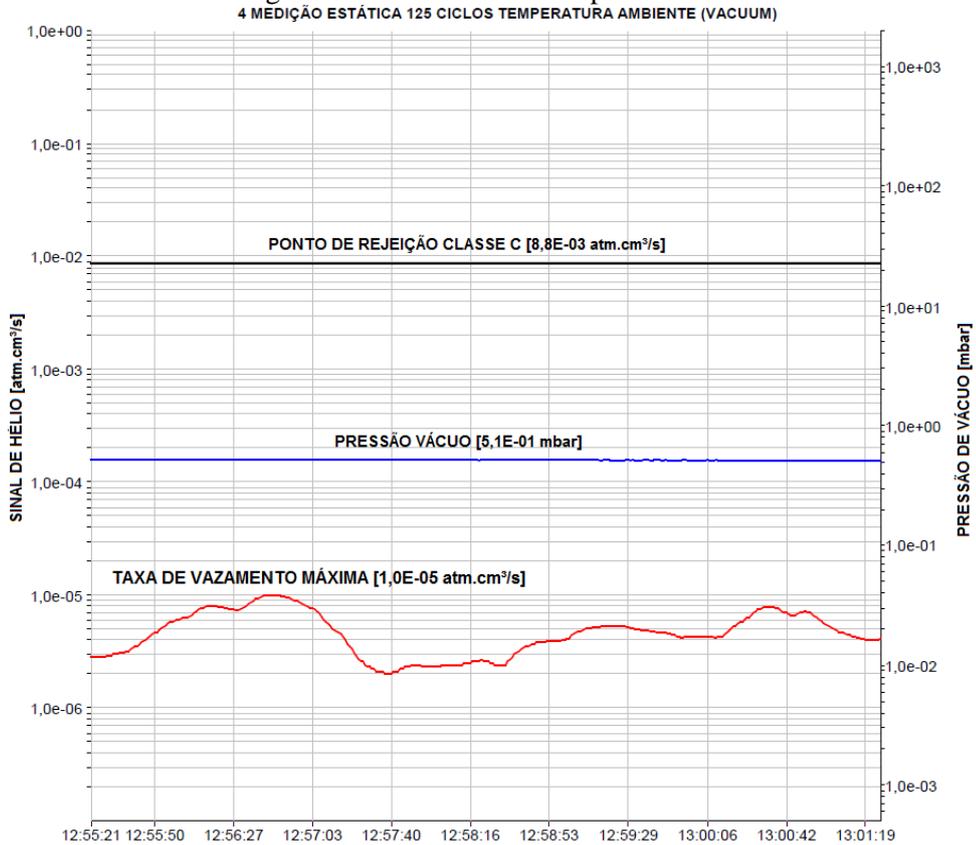


Figura C3 – Gráfico da 3º etapa do ensaio.

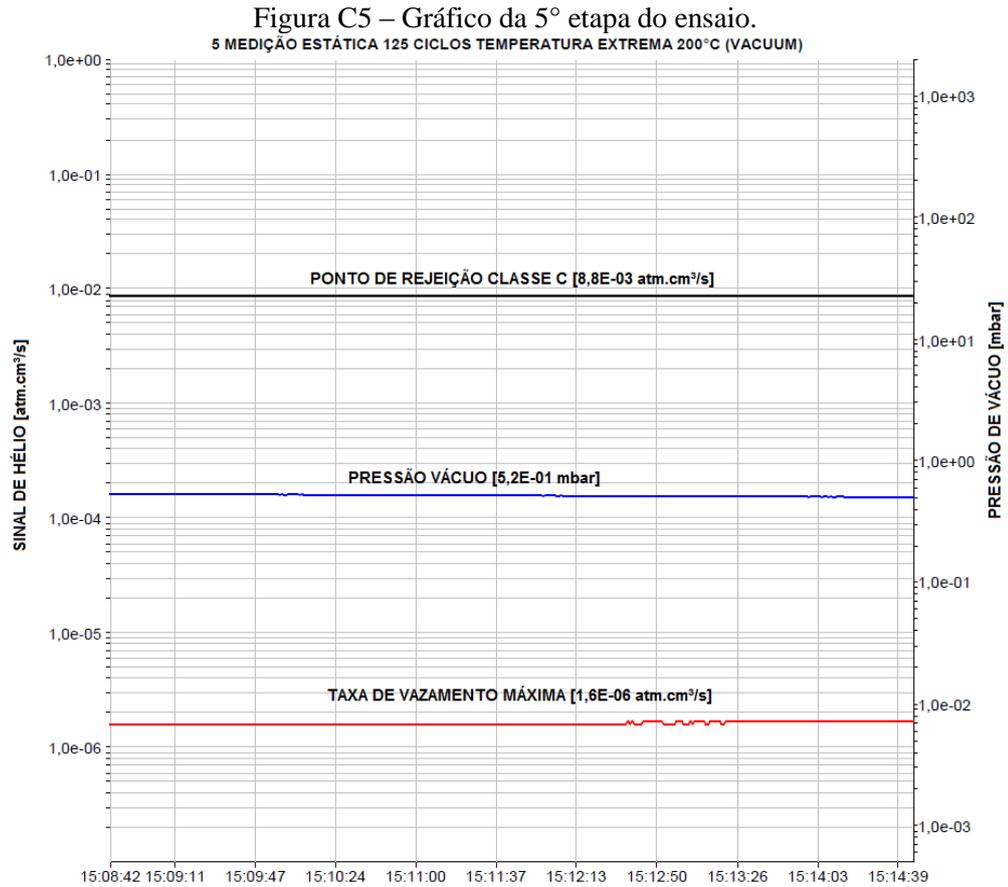


Fonte: Autor (2015).

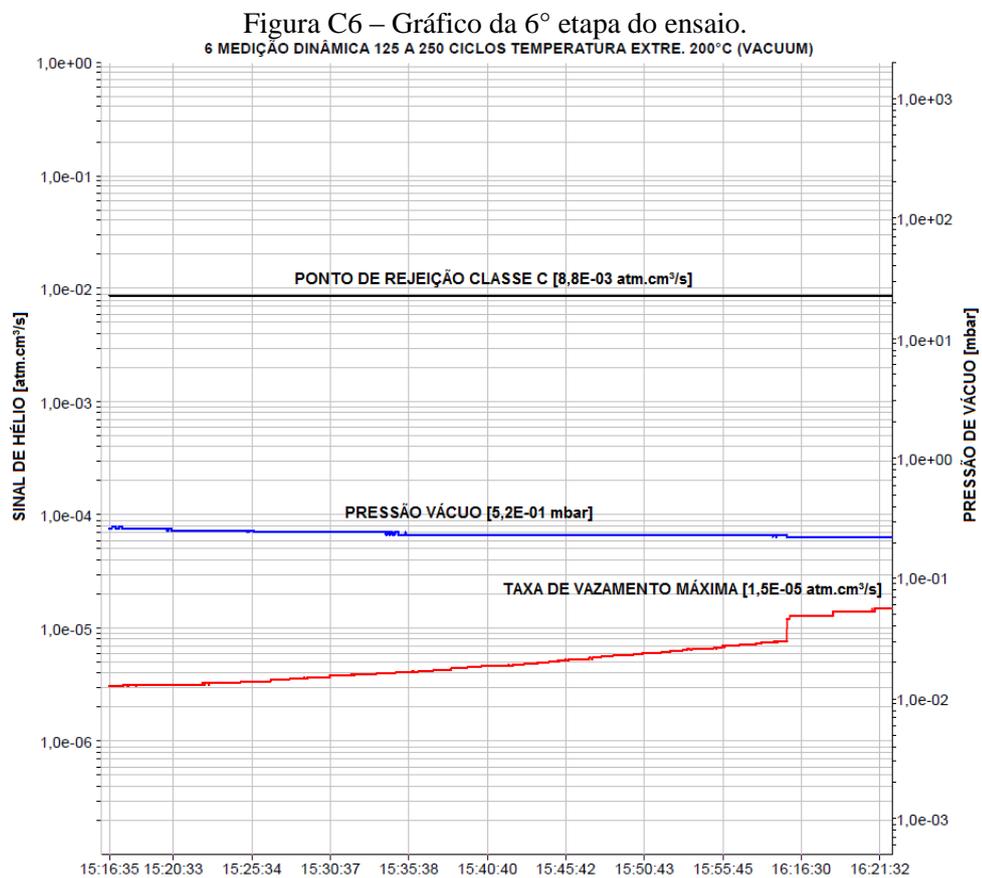
Figura C4 – Gráfico da 4º etapa do ensaio.



Fonte: Autor (2015).

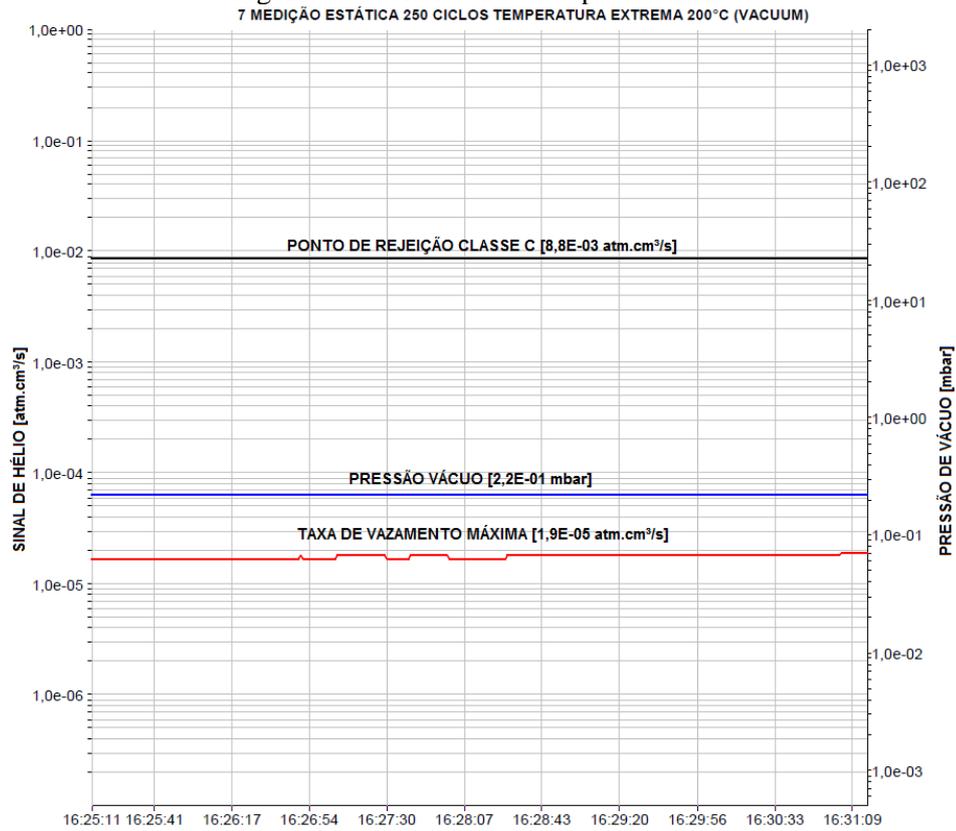


Fonte: Autor (2015).



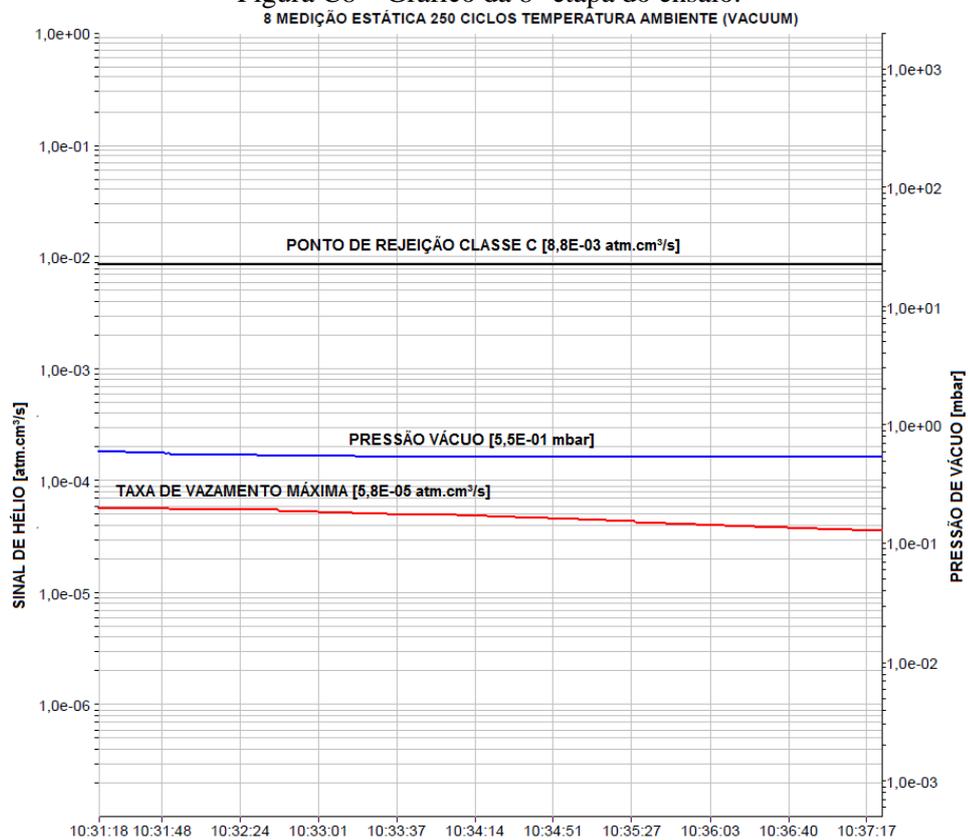
Fonte: Autor (2015).

Figura C7 – Gráfico da 7ª etapa do ensaio.



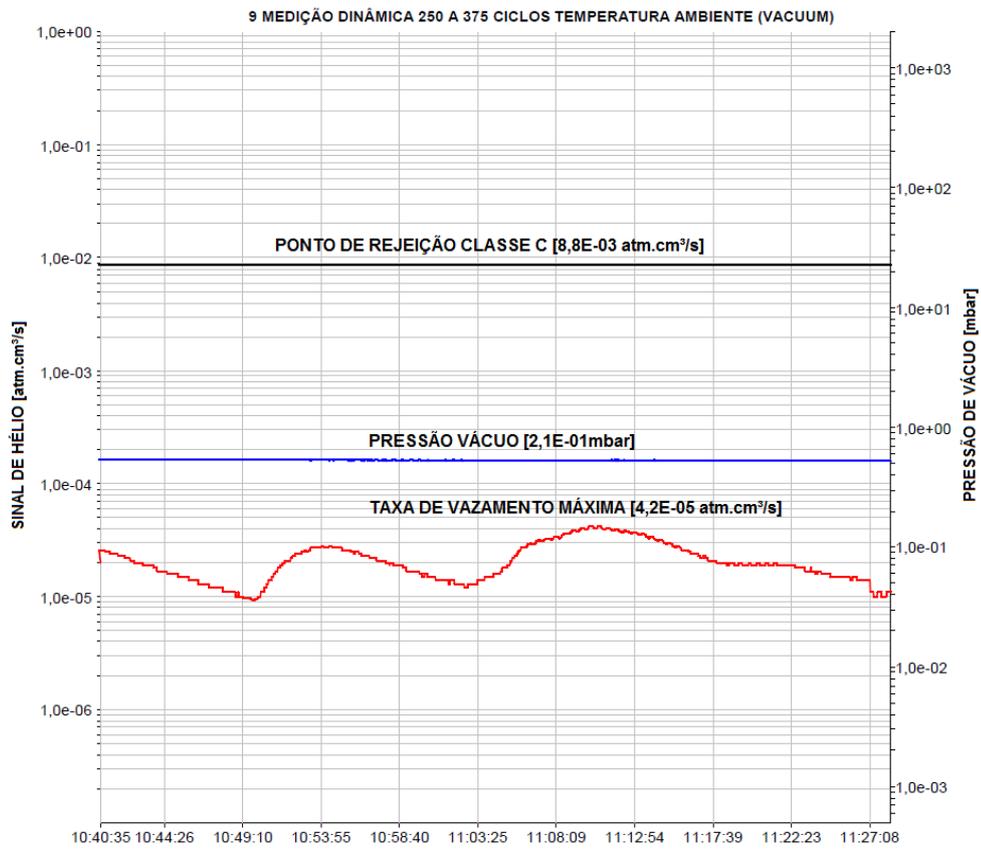
Fonte: Autor (2015).

Figura C8 – Gráfico da 8ª etapa do ensaio.



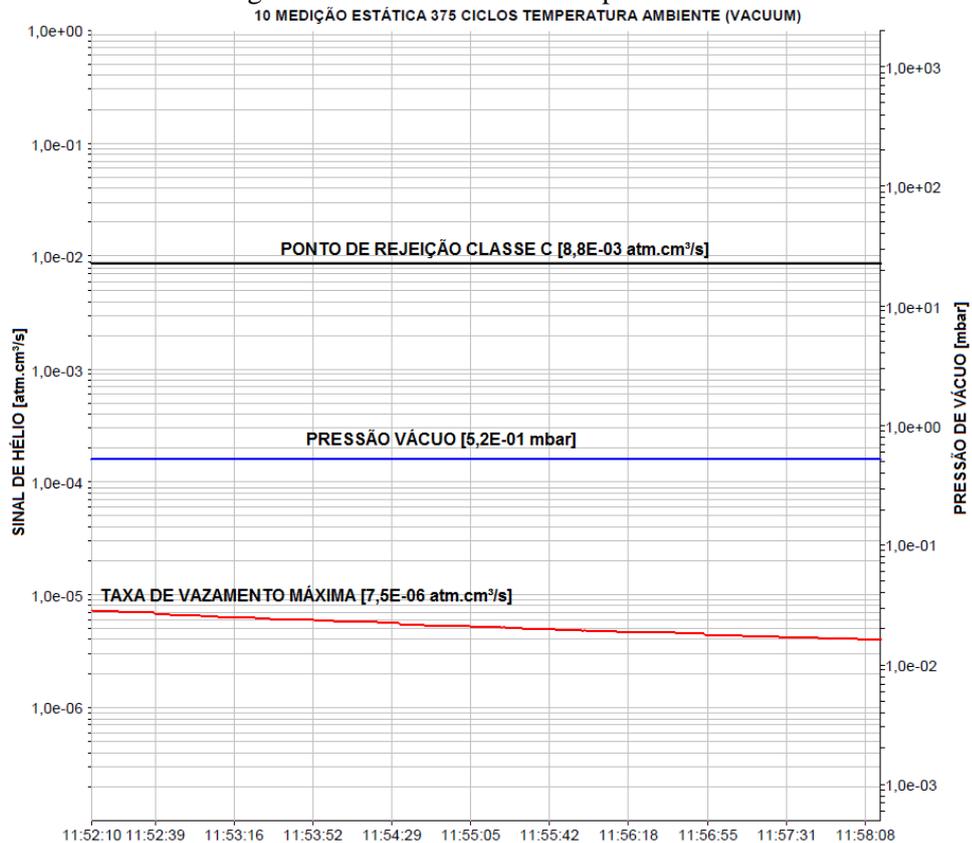
Fonte: Autor (2015).

Figura C9 – Gráfico da 9º etapa do ensaio.



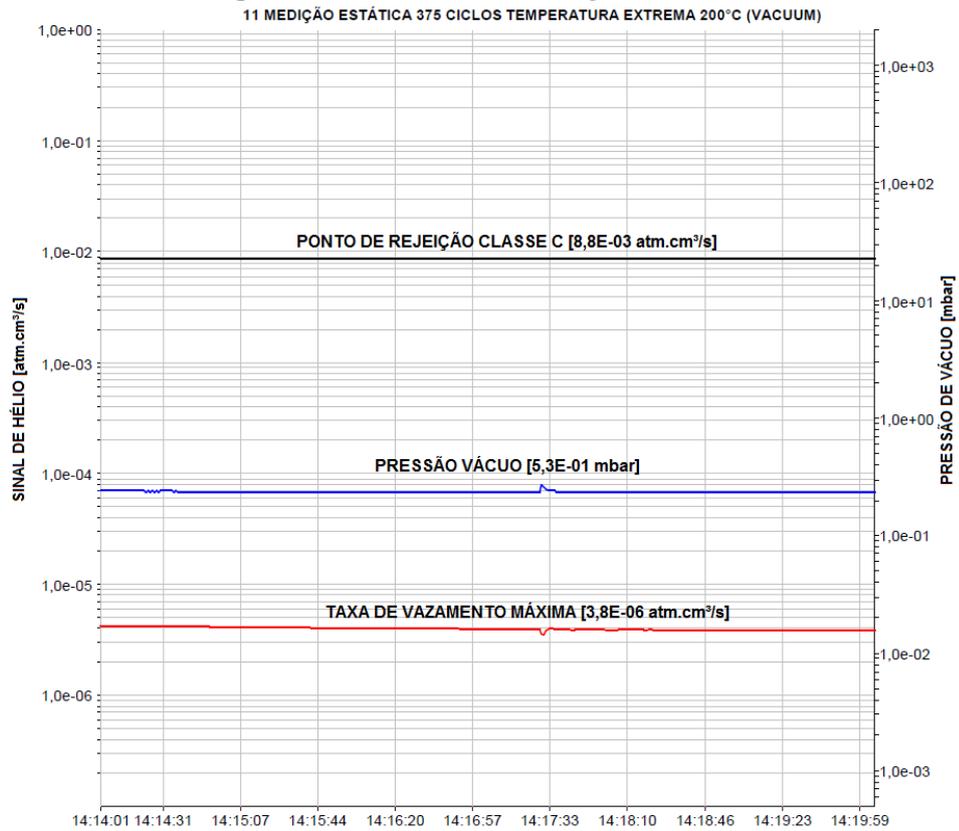
Fonte: Autor (2015).

Figura C10 – Gráfico da 10º etapa do ensaio.



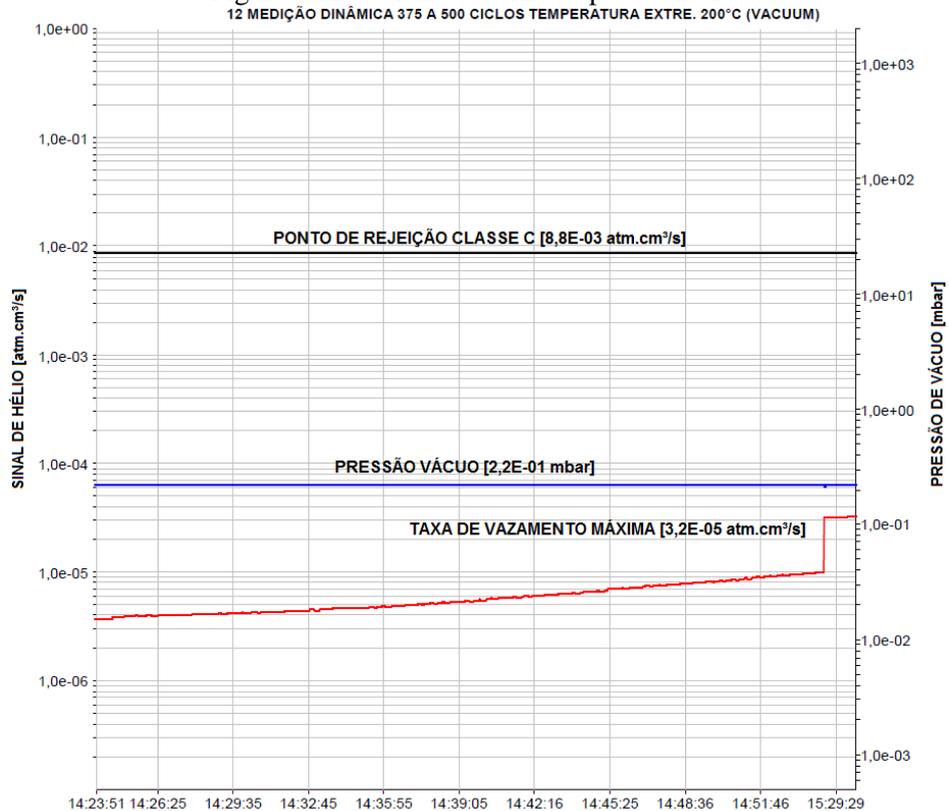
Fonte: Autor (2015).

Figura C11 – Gráfico da 11ª etapa do ensaio.



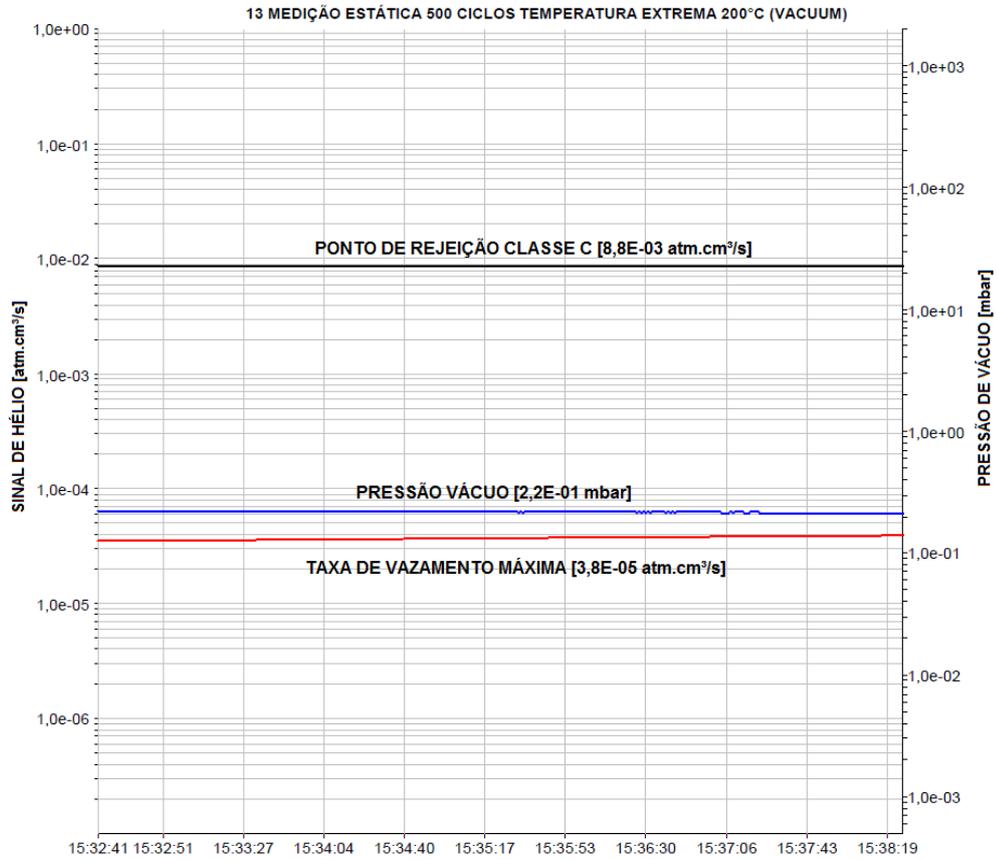
Fonte: Autor (2015).

Figura C12 – Gráfico da 12ª etapa do ensaio.



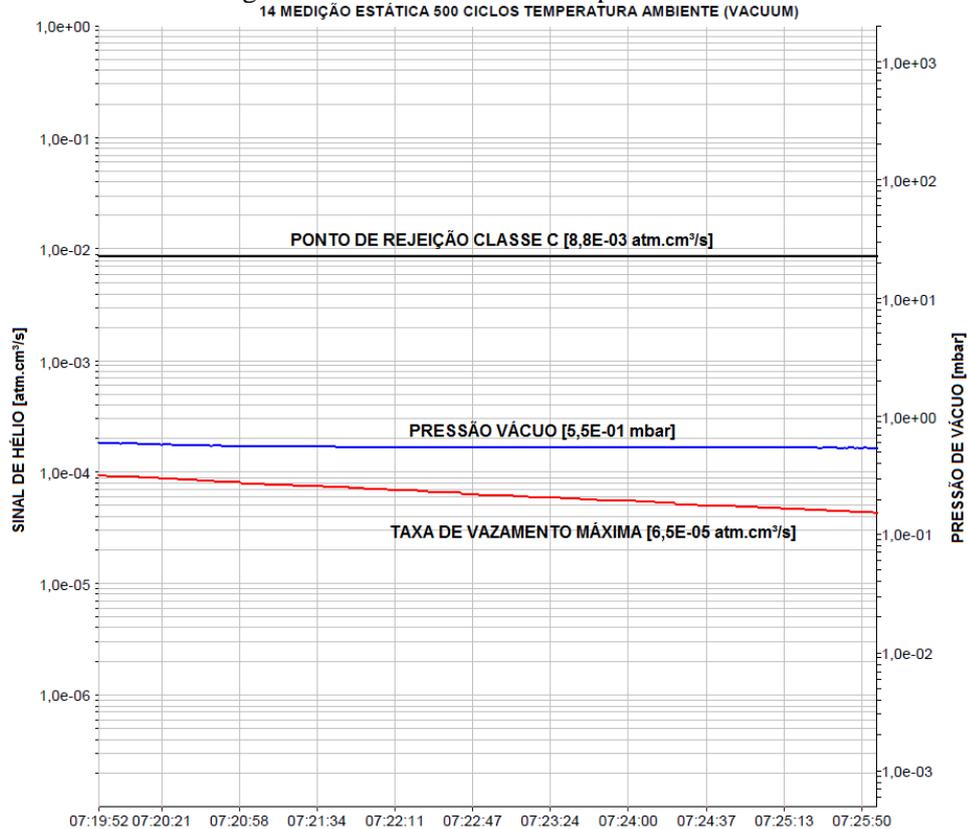
Fonte: Autor (2015).

Figura C13 – Gráfico da 13ª etapa do ensaio.



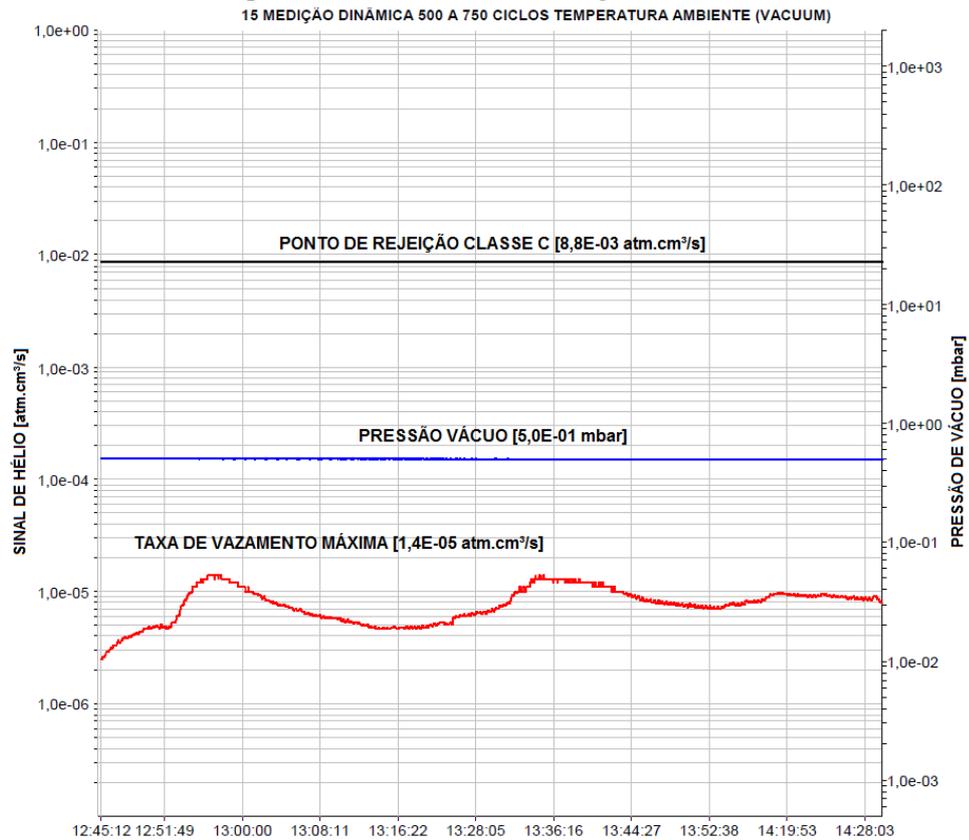
Fonte: Autor (2015).

Figura C14 – Gráfico da 14ª etapa do ensaio.



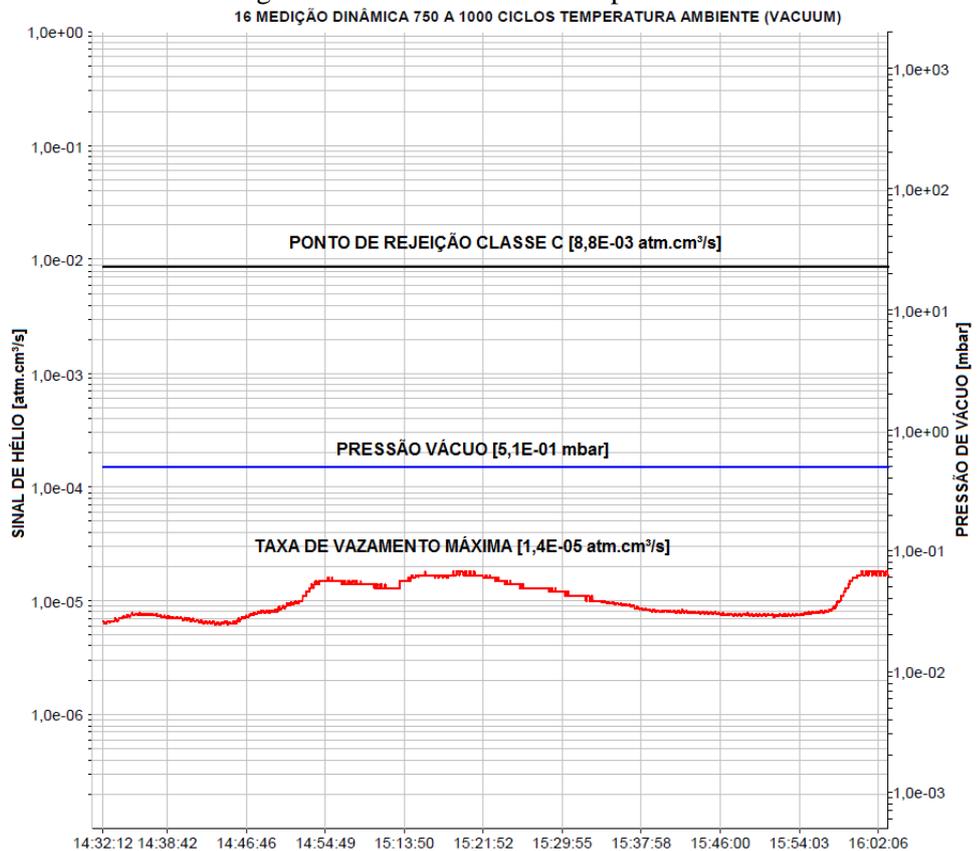
Fonte: Autor (2015).

Figura C15 – Gráfico da 15ª etapa do ensaio.



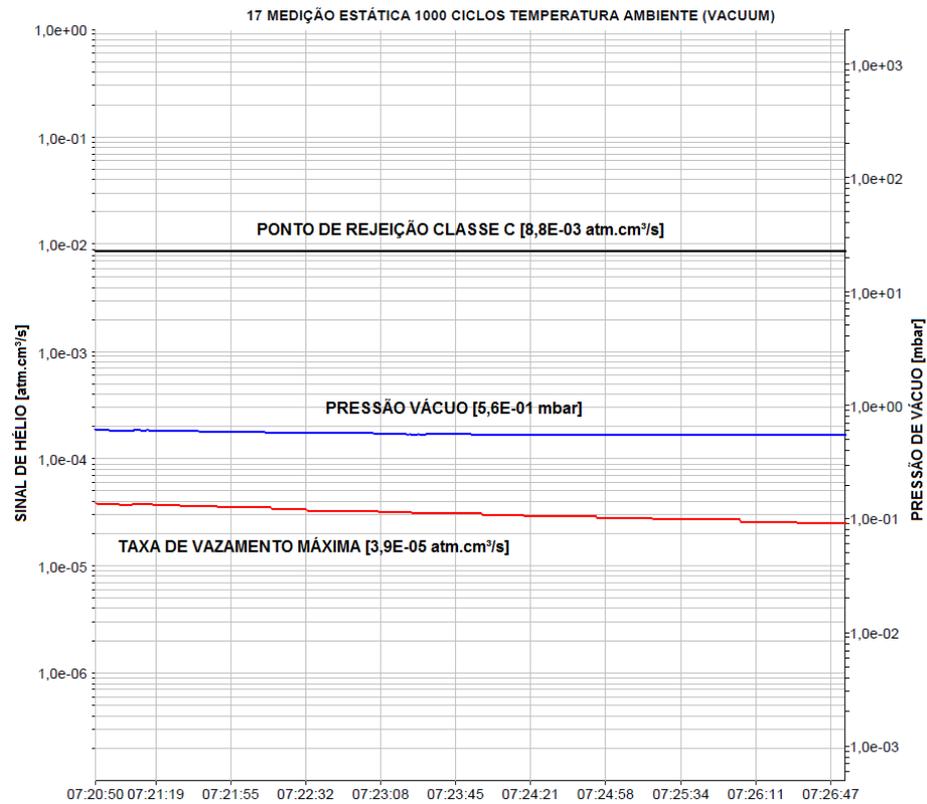
Fonte: Autor (2015).

Figura C16 – Gráfico da 16ª etapa do ensaio



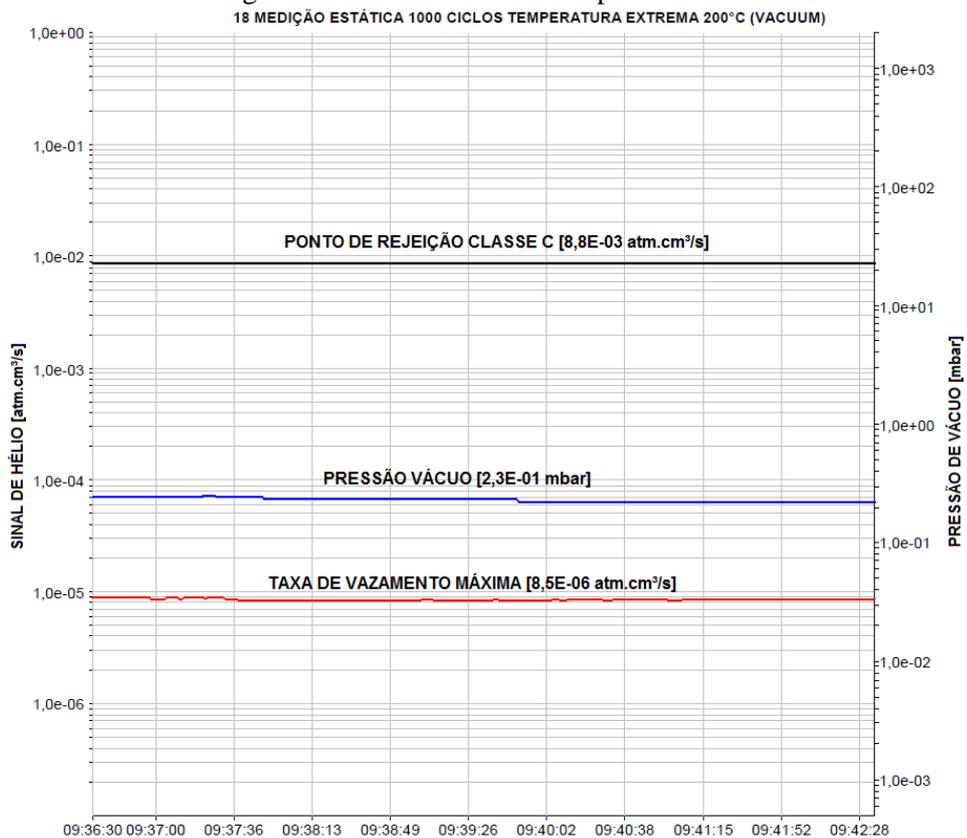
Fonte: Autor (2015).

Figura C17 – Gráfico da 17ª etapa do ensaio.



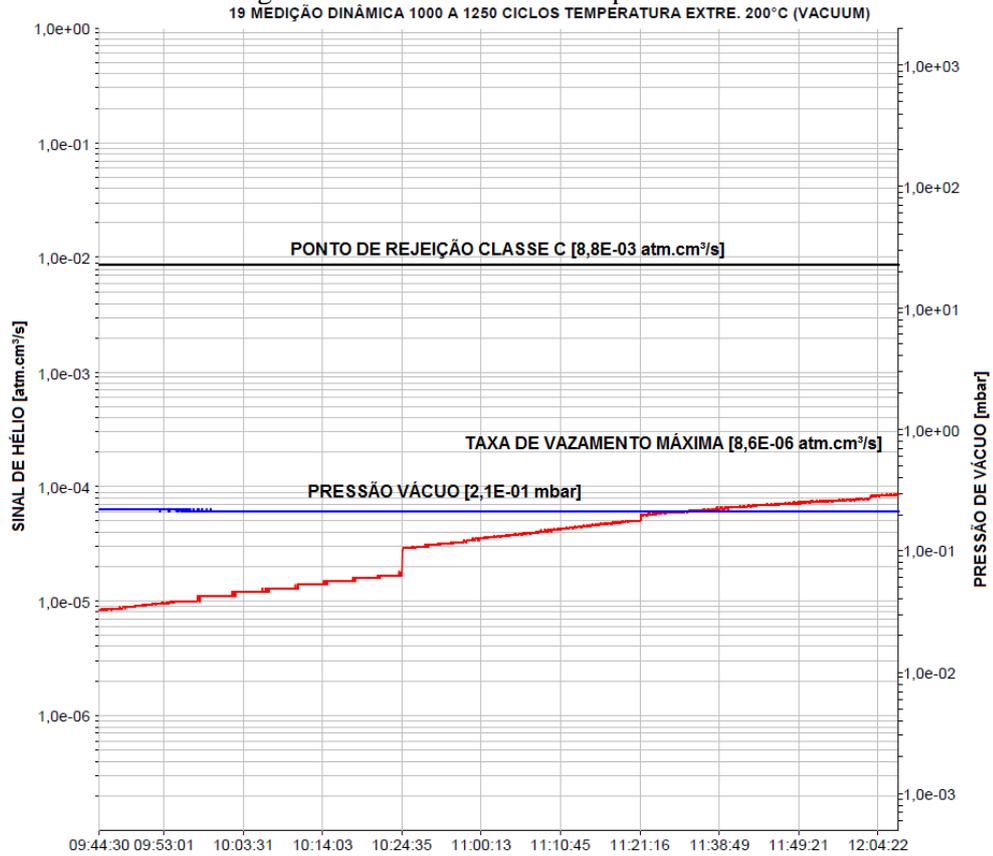
Fonte: Autor (2015).

Figura C18 – Gráfico da 18ª etapa do ensaio.



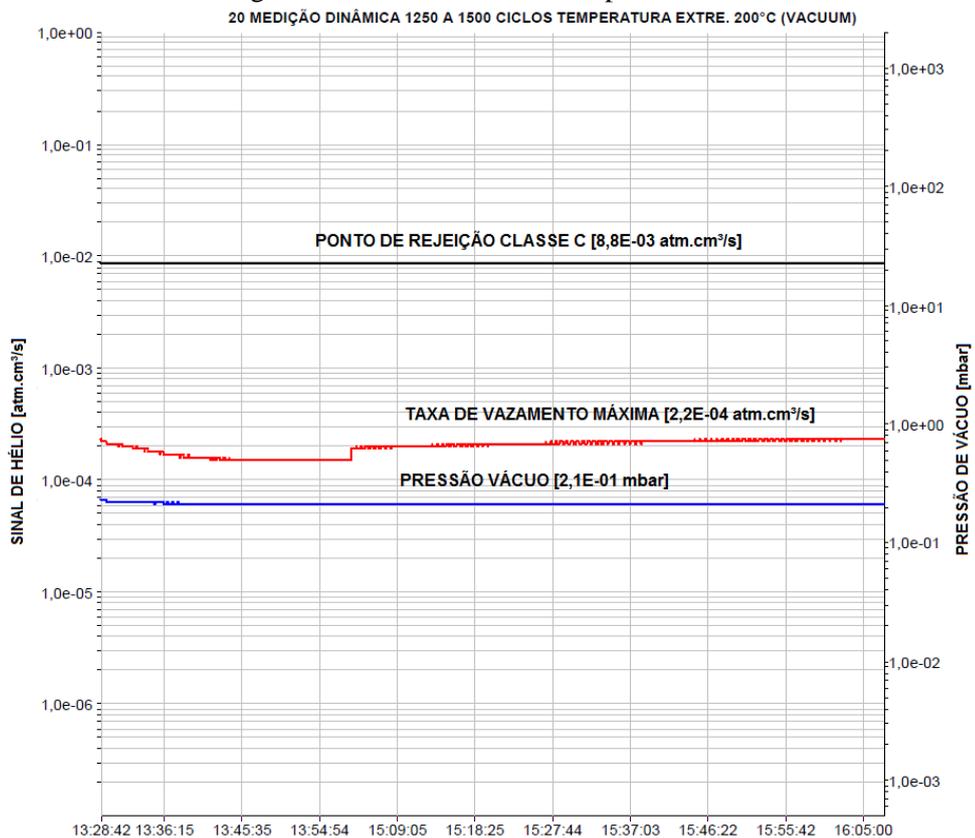
Fonte: Autor (2015).

Figura C19 – Gráfico da 19ª etapa do ensaio.



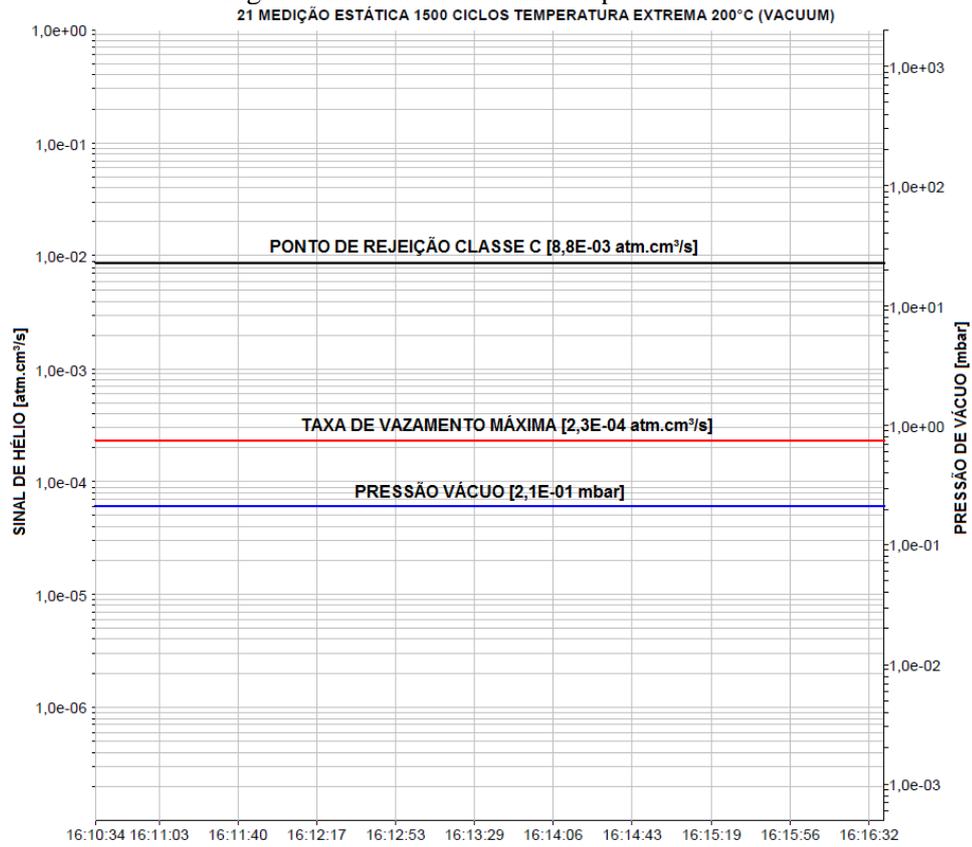
Fonte: Autor (2015).

Figura C20 – Gráfico da 20ª etapa do ensaio.



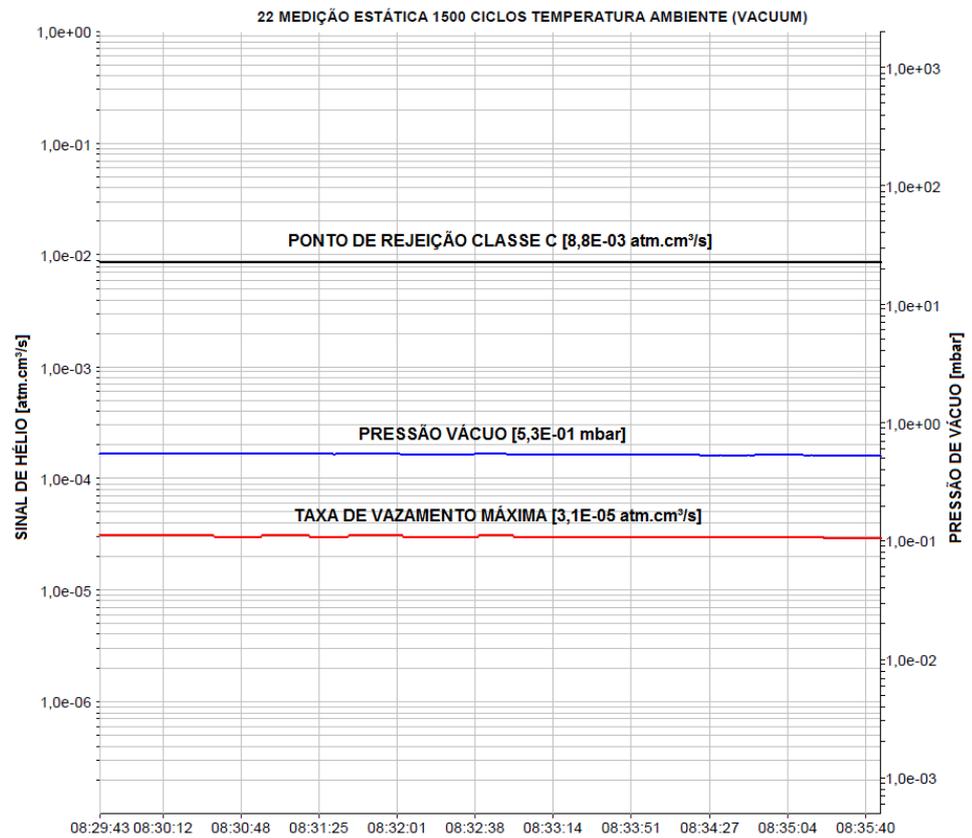
Fonte: Autor (2015).

Figura C21 – Gráfico da 21ª etapa do ensaio.



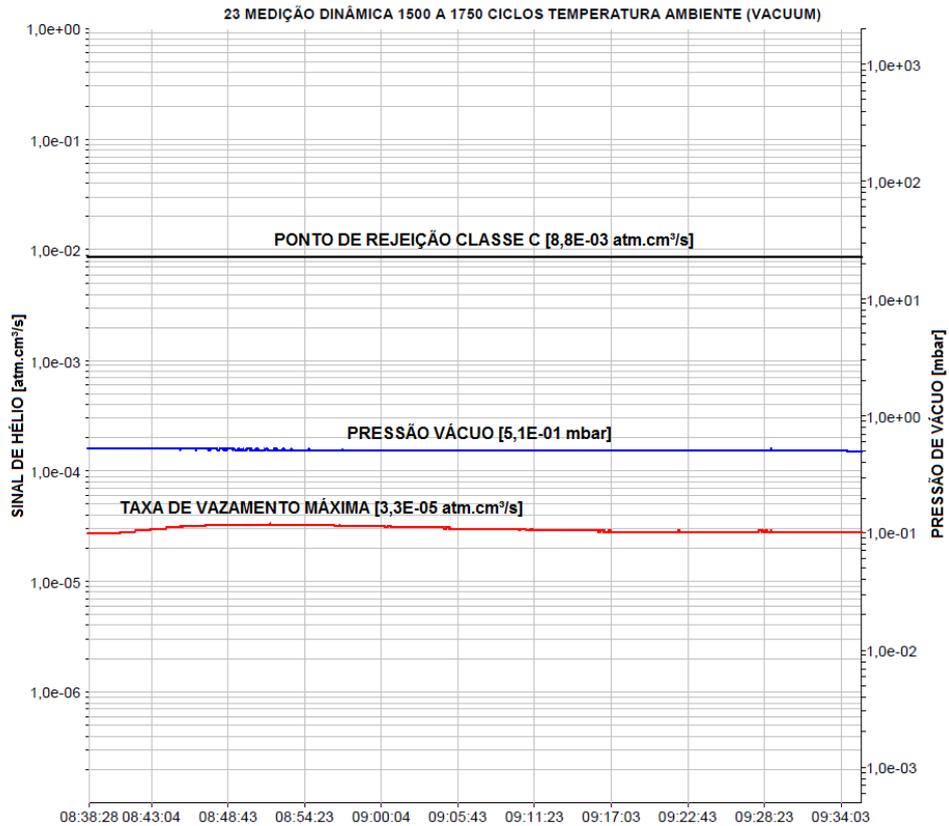
Fonte: Autor (2015).

Figura C22 – Gráfico da 22ª etapa do ensaio.



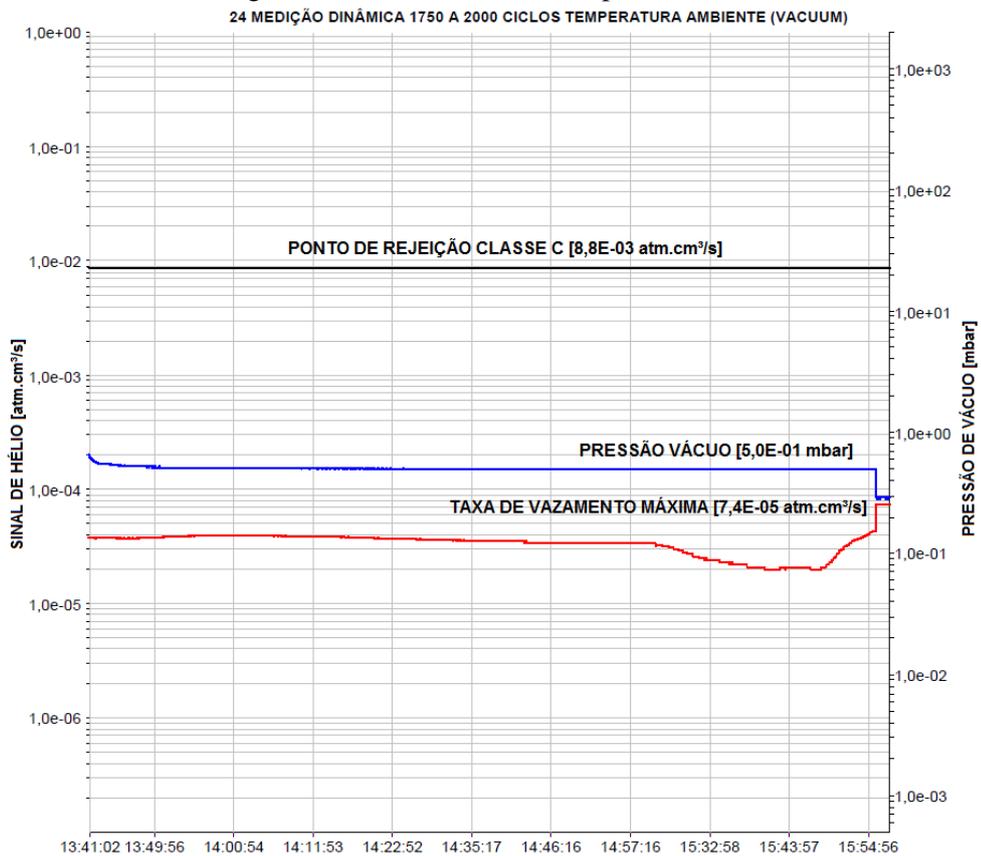
Fonte: Autor (2015).

Figura C23 – Gráfico da 23ª etapa do ensaio.



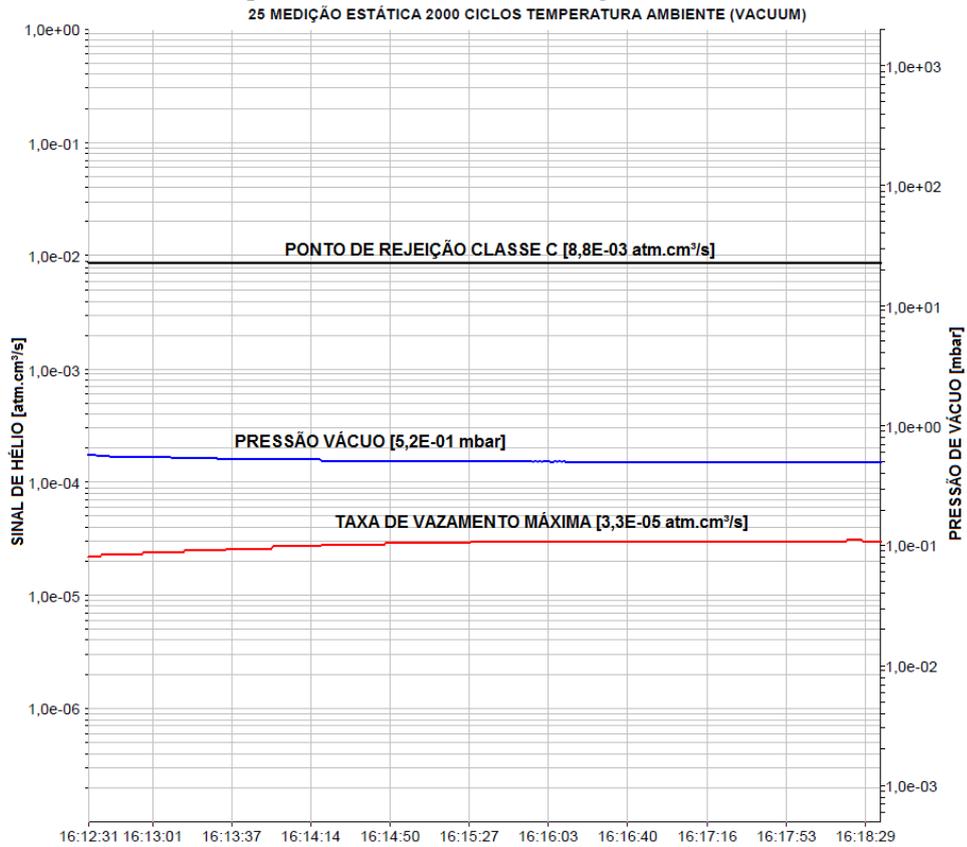
Fonte: Autor (2015).

Figura C24 – Gráfico da 24ª etapa do ensaio.



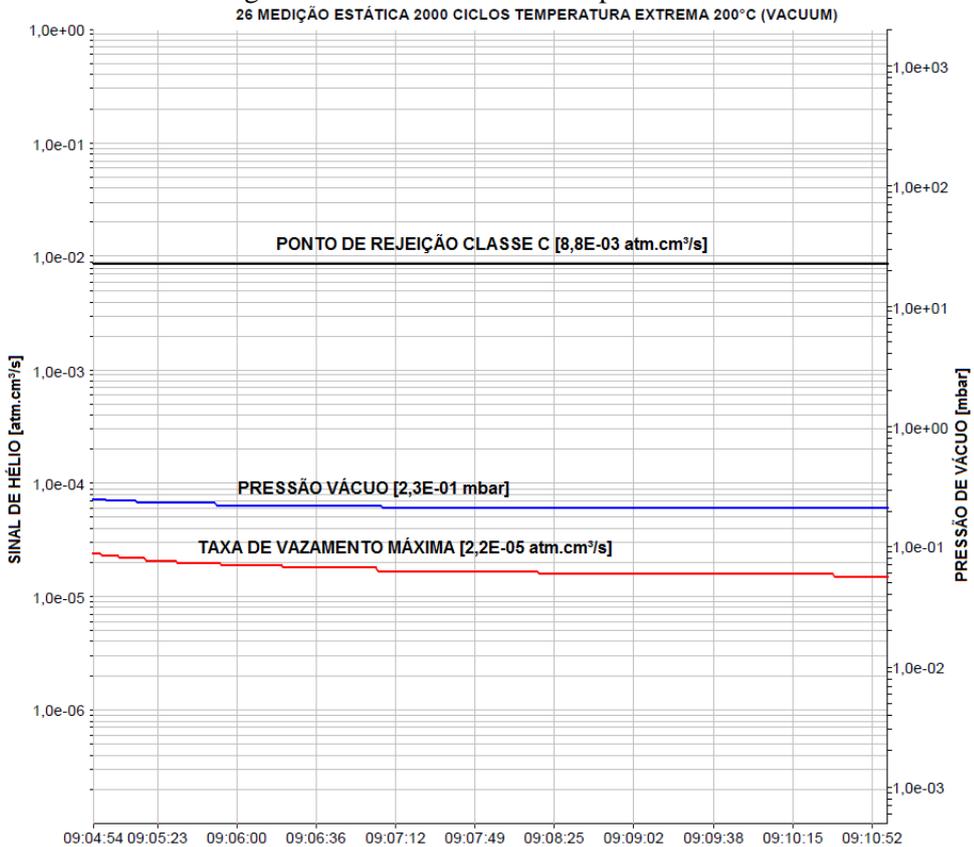
Fonte: Autor (2015).

Figura C25 – Gráfico da 25ª etapa do ensaio.



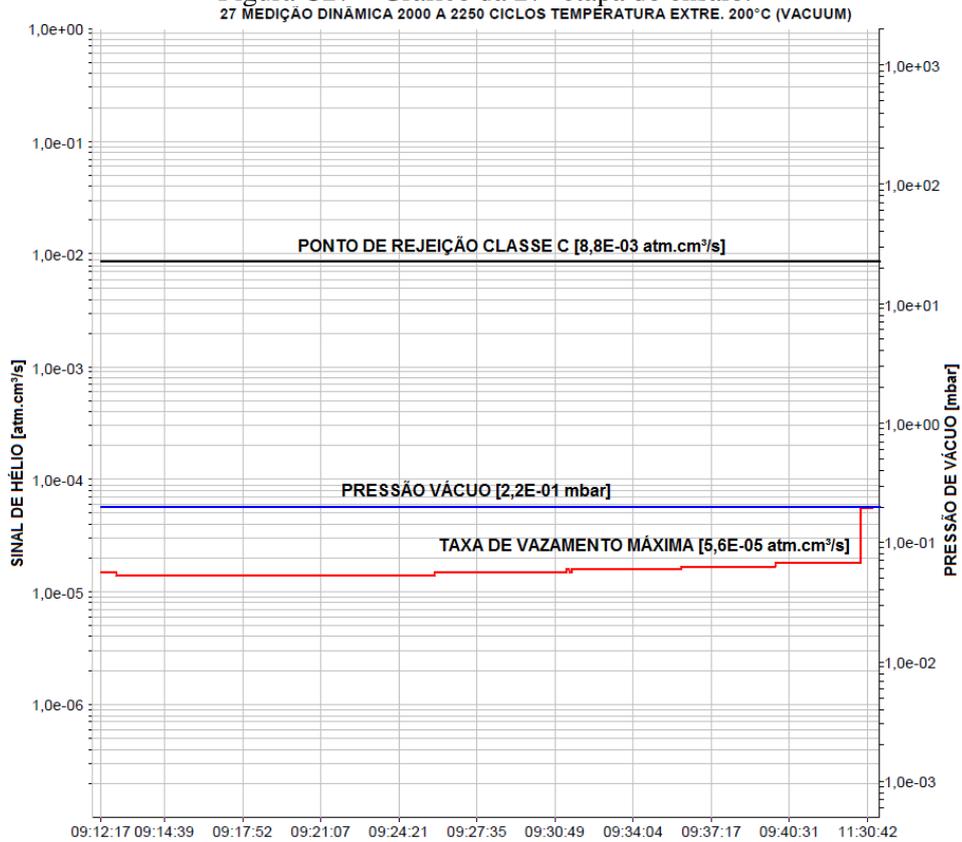
Fonte: Autor (2015).

Figura C26 – Gráfico da 26ª etapa do ensaio.



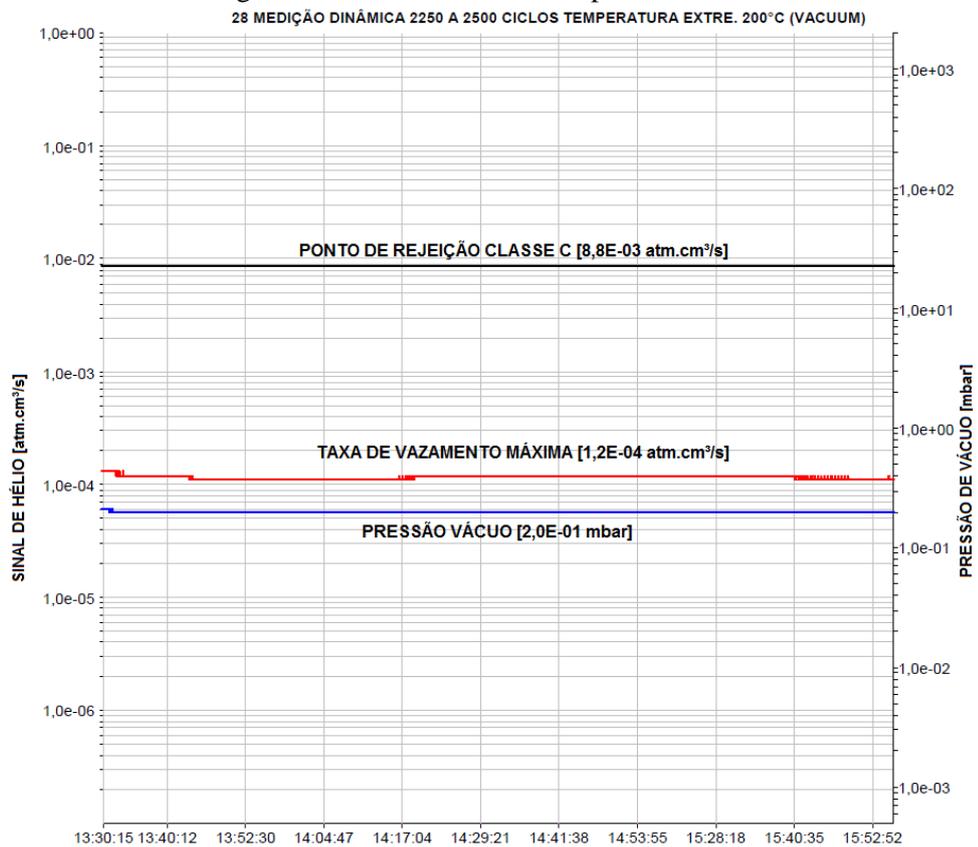
Fonte: Autor (2015).

Figura C27 – Gráfico da 27ª etapa do ensaio.



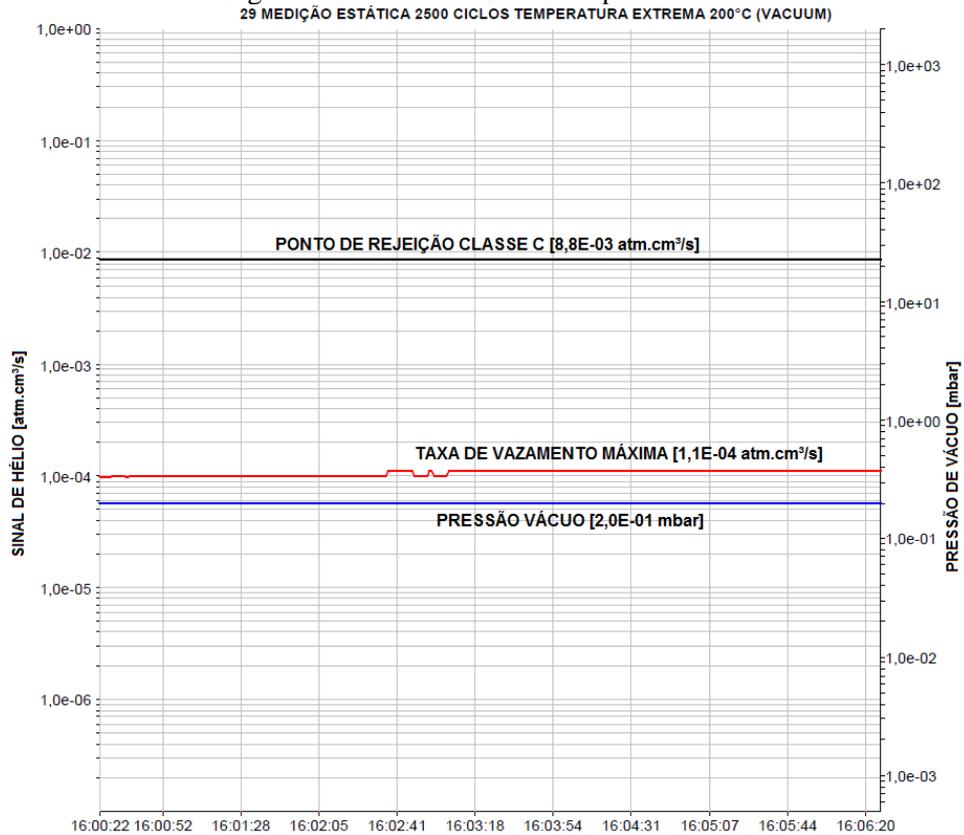
Fonte: Autor (2015).

Figura C28 – Gráfico da 28ª etapa do ensaio.



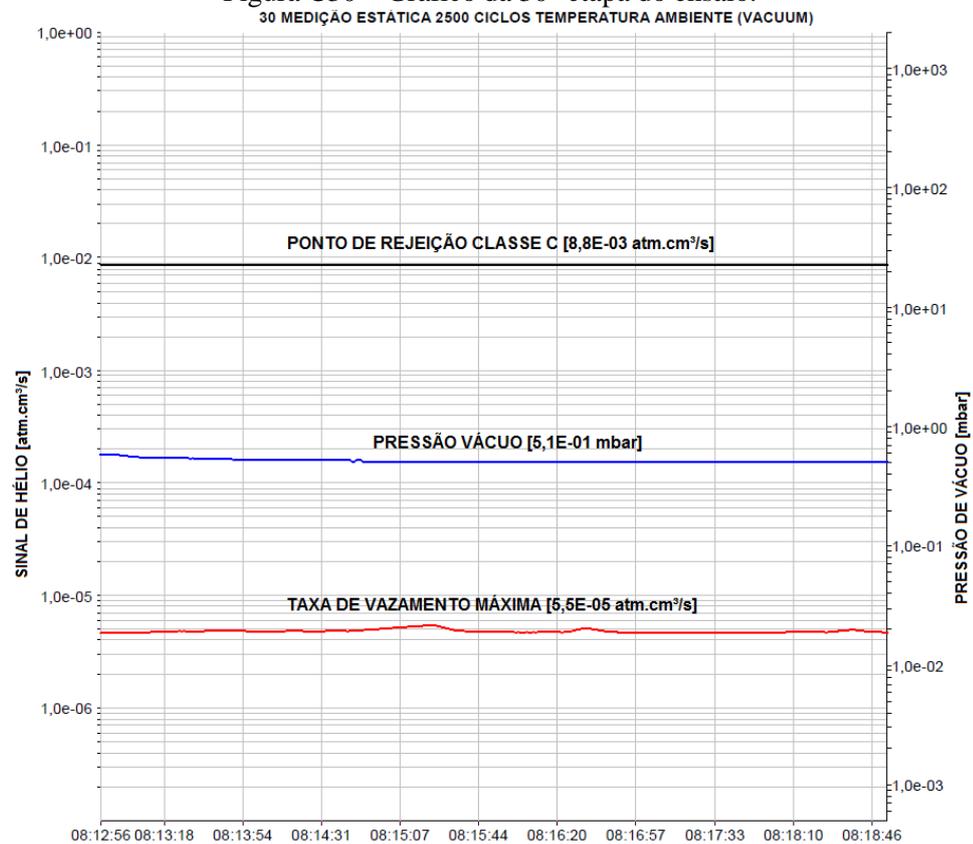
Fonte: Autor (2015).

Figura C29 – Gráfico da 29ª etapa do ensaio.



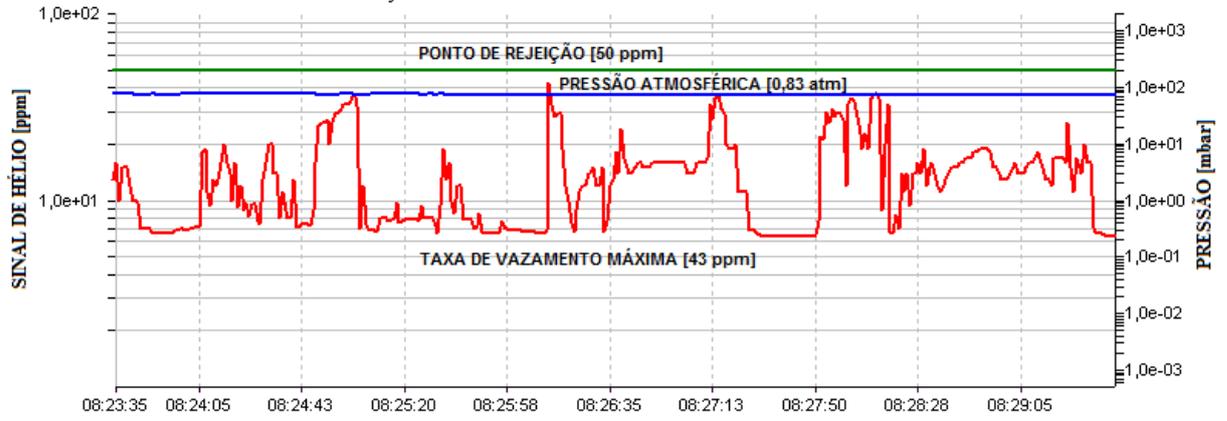
Fonte: Autor (2015).

Figura C30 – Gráfico da 30ª etapa do ensaio.



Fonte: Autor (2015).

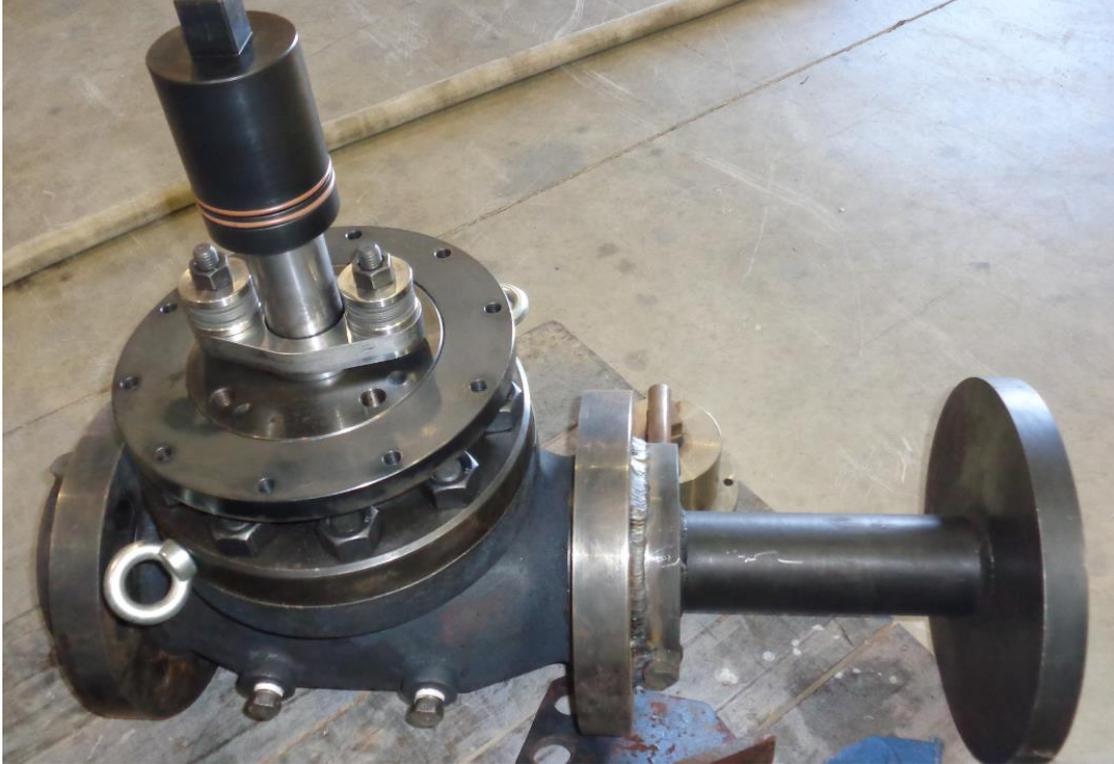
Figura C31 – Gráfico da 31ª etapa do ensaio.
31 MEDIÇÃO ESTÁTICA 2500 CICLOS TEMPERATURA AMBIENTE SHIFFER



Fonte: Autor (2015).

APÊNDICE D – FOTOGRAFIAS DA INSTRUMENTAÇÃO

Figura D1 – Montagem dos dispositivos de teste no protótipo.



Fonte: Autor (2015).

Figura D2 – Montagem dos dispositivos de teste no protótipo.



Fonte: Autor (2015).

Figura D3 – Montagem do protótipo na câmara de ciclagem.



Fonte: Autor (2015).

Figura D4 – Monitoramento da temperatura durante os ensaios a 200 °C.



Fonte: Autor (2015).

Figura D5 – Manômetros instalados na câmara de ensaios para monitoramento da pressão.



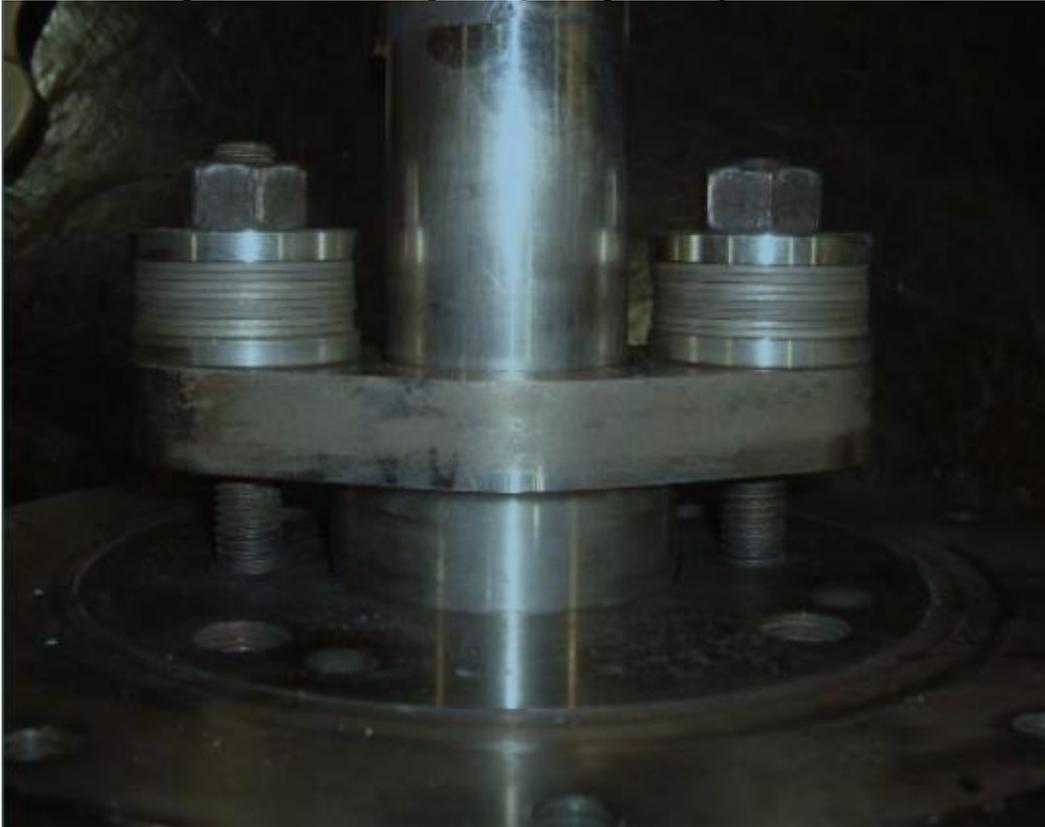
Fonte: Autor (2015).

Figura D6 – Painel de controle de pressão



Fonte: Autor (2015).

Figura D7 – Desmontagem do preme gaxetas, após os ensaios.



Fonte: Autor (2015).

Figura D8 – Desmontagem da região de vedações entre corpo e tampa, após os ensaios.



Fonte: Autor (2015).

Figura D9 – Desmontagem caixa e gaxetas, após os ensaios.



Fonte: Autor (2015).

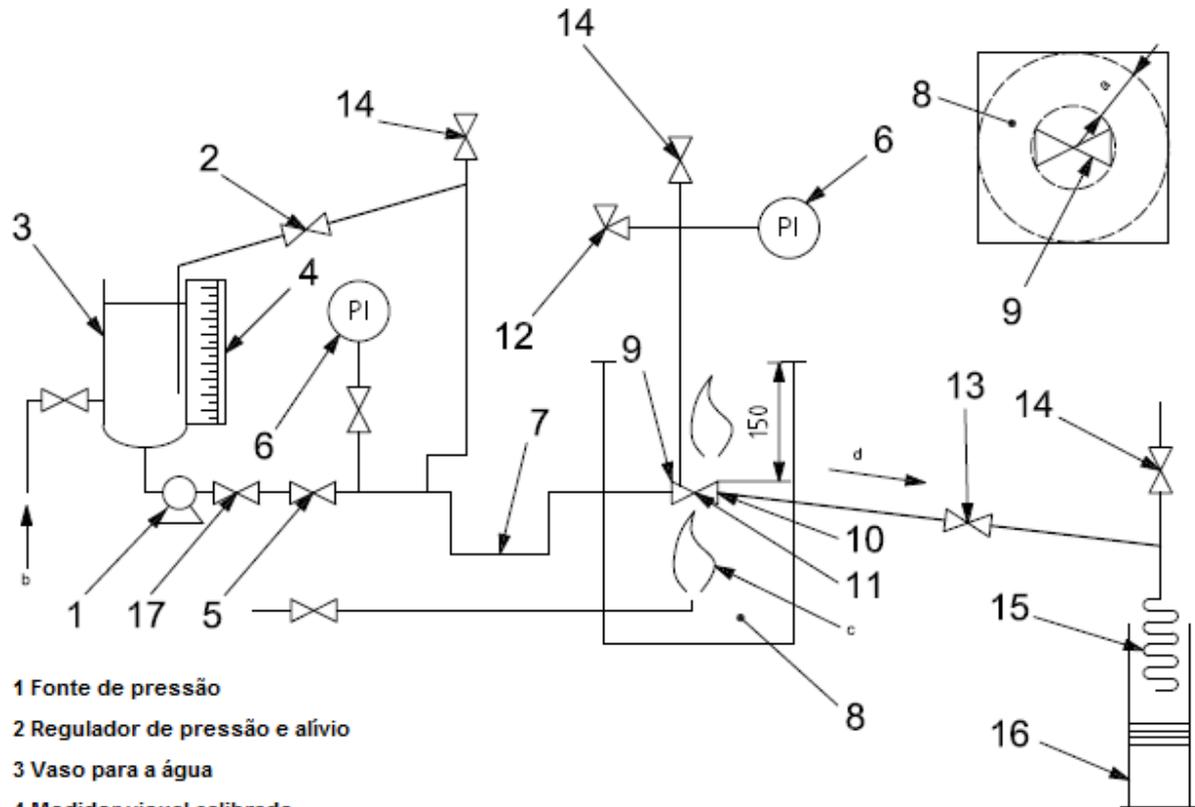
Figura D10 – Peças do protótipo, desmontagem após os ensaios.



Fonte: Autor (2015).

APÊNDICE E – CONFIGURAÇÃO DO *FIRE TEST* CONFORME ISO 10497:2010

Figura E1 – Esboço da configuração de ensaio *Fire Test* conforme ISO 10497:2010.



- 1 Fonte de pressão
- 2 Regulador de pressão e alívio
- 3 Vaso para a água
- 4 Medidor visual calibrado
- 5 Válvula *on/off*
- 6 Medidor de pressão
- 7 Tubulação armadilha de vapor
- 8 Gabinete para teste
- 9 Válvula de teste montado horizontalmente com a haste na posição horizontal
- 10 Cubos calorímetro
- 11 Ambiente do corpo dos termopares para chama
- 12 Calibre e válvula de alívio de pressão
- 13 Válvula *on/off*
- 14 Válvula de ventilação
- 15 Condensador
- 16 Recipiente
- 17 Válvula de verificação
- a Folga de 150 mm.
- b abastecimento de água.
- c Combustível fornecimento de gás aos queimadores
- d Declive

Fonte: Adaptado de (20).

APÊNDICE F – FOTOGRAFIAS DO ENSAIO *FIRE TEST* NO PROTÓTIPO

Figura F1 – Montagem do protótipo no forno de queima.



Fonte: Autor (2015).

Figura F2 – Abertura do forno.



Fonte: Autor (2015).

Figura F3 – Resfriamento do protótipo.



Fonte: Autor (2015).

Figura F4 – Protótipo após a queima.



Fonte: Autor (2015).

ANEXO A – CERTIFICADO BEF CONFORME ISO 15848-1:2006



Certificate / Certificado N° 555/15/003

FUGITIVE EMISSIONS TEST CERTIFICATE TO ISO 15848-1:2006
CERTIFICADO DE VÁLVULA TIPO EMISSÕES FUGITIVAS ISO 15848-1:2006

Make sure to that the representative of NEWS INSPECTIONS LTD, called by to Micromazza PMP LTD company, served on the premises of Micromazza Technical Laboratory, located in BR 470 highway, 168 km in the city of Vila Flores - Rio Grande do Sul, from 03 to 05 and 14 to 28 August 2015, to witness the Fugitive Emissions test with Helium gas as ISO15848-1 : 2006 (E) and contractual terms governing the mission entrusted to NEWS INSPECTIONS LTD .

VALVE DESCRIPTION:

Ball valve metallic; bipartite; Top Entry; series 290; Low Fugitive Emissions, ISO 15848-1:2006(E); standard API 6D; DN 4 inches; flanged end ASME B 16.5, RJ, ring joint; class # 600; body with bolted parts; full bore; soft seat, trunnion mounting; free shaft, turning 90 degrees; body material and cover in cast carbon steel ASTM A216 GR. WCB, ball material and seat ring in cast stainless steel ASTM A217 GR. CA15; stem material and trunnion axis in stainless steel ASTM A 276 TP. 410; DEVLON seat; bolt ASTM A193 GR. B7 and nuts ASTM A194 GR. 2H; spiral gasket in 304+graphite, and flexible graphite packing with inconel wires - 2000IC. Material according to Conformity Certificate Micromazza No. 280815-008489/2015 and Design of the components set Micromazza No. 0800100-1143 rev. 00 08.28.2015

Certifica-se que, o representante da NEWS INSPEÇÕES LTDA, convocado pela Micromazza PMP Ltda, atuou nas dependências do Laboratório Técnico Micromazza, situada na rodovia BR 470, km 168, na cidade de Vila Flores - Rio Grande do Sul, no período de 14 à 28 de Agosto, para testemunhar o teste de Emissões Fugitivas com gás Hélio, conforme ISO15848-1:2006(E) e condições contratuais que regem a missão confiada a NEWS INSPEÇÕES LTDA.

DESCRIÇÃO DA VÁLVULA:

Válvula esfera metálica; bipartida; Top Entry; Série 290; Baixa Emissão Fugitiva, ISO 15848-1:2006(E); padrão API 6D; DN 4 pol; extremidade flangeada conforme ASME B 16.5, RTJ, face junta anel; classe 600; corpo com partes aparafusadas; passagem plena; sede DEVLON, montagem trunnion; eixo livre, giro 90°; material do corpo e tampas em aço carbono fundido ASTM A216 WCB; esfera e anel da sede em aço inox fundido ASTM A217 CA15; haste e eixo trunnion em aço inox ASTM A276 TP410; prisioneiros A193 GR B7 e porcas A194 GR 2H; junta espiralada em 304+grafite e gaxetas de grafite flexível com fios de 2236 Teadit; sistema de aperto preme-gaxeta com carga constante. Material de acordo com Certificado de Conformidade Micromazza 280815-008489/2015 e Desenho do conjunto de componentes Micromazza número 0800100-1143 rev. 00 em 28/08/2015.

Conclusions/Conclusões:

All results have been found acceptable to ISO 15848-1:2006(E). As per specification, the range of valves qualified is:
 Todos os resultados foram aceitáveis conforme ISO 15848-1:2006(E). Por especificação, a faixa de válvulas qualificadas é:

TEST INFORMATION / Informação de Teste							
STEM DIAMETER Haste diâmetro	TEMPERATURE CLASSES Classe Temperatura	ENDURANCE CLASSES (CYCLES) Classe de resistência (Ciclos)	TIGHTNESS CLASSES Classe Vazamento	TEST FLUID Fluido Teste	STEM SEAL ADJUSTMENT (SSA) Ajuste Selo Haste	CLASS Classe	NPS Ø
50,0 mm	RT up to 200°C	CO3 (2500)	B	HELIUM	SSA-1	600	4"

EXTENSION OF QUALIFICATION TO UNTESTED VALVES			
STEM DIAMETER / Haste diâmetro	TEMPERATURE CLASSES / Classe Temperatura	TIGHTNESS CLASSES / Classe Vazamento	CLASS / Classe
25,0 to 100,0 mm	Ambiente até 200°C RT up to 200°C	Igual a B ou menor Equal to B or less severe	Igual a CL600 ou menor Equal to 600 or lower

The results and all monitoring of valve for fugitive emissions are recorded in the inspection report N°. 555/15/003 issued on 02nd September 2015.

Os resultados e todo o monitoramento do teste de emissões fugitivas estão registrados no relatório de inspeção 555/15/003 emitido em 02 de Setembro de 2015.

ENG° MARCELO MENEGON
 IF-AT/N1 - 13902
 CREA: RS181426
 NEWS INSPEÇÕES & ENGENHARIA

Eng° Marcelo Menegon
 SEQUI IF-AT-N1 13902
 CREA RS 181426
 Consultor/Especialista

JUNDIAÍ/SP, September 04th 2015.

Eng. Edson Carlos Camilo do Carmo
 Sequi n. 3131 IF-AT/MC N2
 Sequi n. 12684 IF-CT N1
 NEWS INSPEÇÕES & ENGENHARIA
 Eng. Edson C. Camilo do Carmo
 SEQUI n. 12684 IF-N2/AT-MC / N1-CT
 NEWS INSPEÇÕES & ENGENHARIA
 Consultant/Specialist

NEWS INSPEÇÕES LTDA

R. Vigário J. J. Rodrigues, 905 - 9º andar - Sala 91/93 - Centro - Jundiaí -

Fone: +55 11 3963-4735 Fax: +55 11 3963-4736 news@newsengenharia.com.br

Certificado
NBR ISO 9001

ANEXO B – CERTIFICADO FIRE TEST CONFORME ISO 10497:2010



Certificate / Certificado N° 396/15/044

FIRE SAFE TEST CERTIFICATION TO ISO 10497/API607 / CERTIFICADO DE VÁLVULA TIPO FIRE SAFE ISO 10497/API607

Make sure to that the representative of NEWS INSPEÇÕES LTD, called by Micromazza PMP LTD company, served on the premises of the Technical Laboratory, located in this BR 470 highway, 168 km in the city of Vila Flores, Rio Grande do Sul, the date 19th November 2015, to witness burn test ball valve, Fire Safe, in accordance with the specifications given in ISO 10497: 2010 (E) and contractual conditions governing the trusted NEWS INSPEÇÕES LTD.

VALVE DESCRIPTION:

Ball valve metallic; TOP ENTRY; bipartite; series 290; Low Emission Fugitive according ISO 15848-1:2006(E); Fire Safe; standard API 6D; DN 4 inches; flanged end ASME B 16.5, RTJ, class # 600; softmetal seat; body with bolted parts; full bore; trunnion mounting; free axis; turning 90 degrees; body material and cover in cast carbon steel ASTM A216 GR. WCB, ball material and seat ring in cast stainless steel ASTM A217 GR. CA15; stem material and trunnion in stainless steel ASTM A276 TP410; DEVLON seat; bolt ASTM A193 GR. B7 and nuts ASTM A194 GR. 2H; flexible graphite gasket and spiral gasket in 304 + graphite, flexible graphite packing with inconel wires - 2000IC. Material according to the design of the components set Micromazza No. 0600100-1159 rev. 00 09.24.2015.

MATERIALS:

Body/Cover: ASTM A216 GR. WCB;
Ball and Seat Ring/Stem and Trunnion: ASTM A217 GR. CA15/ ASTM A276 TP410;
Seat Soft/Metal: DEVLON / ASTM A217 GR. CA15;
Bolts: ASTM A193 GR. B7;
Nuts: ASTM A194 GR. 2H;

Fire test has been performed in our presence by Micromazza PMP Ltda, according EN ISO 10497/API607 and is documented by test report n. 396/15/044 issued by NEWS INSPEÇÕES LTDA. The described valve has been submitted to a hydrostatic according ASME API 6D followed by a fire safe tests. All relevant information, parameters and results are recorded in above mentioned test reports issued by NEWS INSPEÇÕES LTDA and endorsed by undersigned supervisor for acceptance.
Certificate of Technical Responsibility (Brazilian Engineering Organization) N°. 92221220131453791.

Certifica-se que, o representante da NEWS INSPEÇÕES LTDA, convocado pela Micromazza PMP LTDA, atuou nas dependências do Laboratório Técnico da empresa, situada esta na rodovia BR 470, km 168, na cidade de Vila Flores, Rio Grande do Sul, na data de 19 de Novembro de 2015 para testemunhar teste de queima de válvula de esfera, Fire Safe, em conformidade com as especificações apresentadas na ISO 10497:2010(E) e condições contratuais que regem a missão confiada a NEWS INSPEÇÕES LTDA.

DESCRIÇÃO DA VÁLVULA:

Válvula esfera metálica; TOP ENTRY; bipartida; série 290; Baixa Emissão Fugitiva conforme ISO 15848-1:2006(E); Fire Safe; padrão API 6D; DN 4 pol; extremidade flangeada conforme ASME B 16.5, RTJ, classe 600#; sede soft/metal; corpo com partes aparafusadas; passagem plena; montagem trunnion; eixo livre, giro 90°; material do corpo e tampa em aço carbono fundido ASTM A216 GR. WCB, esfera e anel da sede aço inox fundido ASTM A217 GR. CA15; haste e trunnion em aço inox ASTM A276 TP410; sede em DEVLON; prisioneiros ASTM A193 GR. B7 e porcas ASTM A194 GR. 2H; junta de grafite flexível e junta espiral em e 304-grafite, gaxeta de grafite flexível com fios de inconel - 2236. Material de acordo com o desenho do Conjunto de Componentes MICROMAZZA nº 0600100-1159 rev. 00 de 24/09/2015.

MATERIAIS:

Corpo/tampa: ASTM A216 GR. WCB;
Obturador e Anel da Sede/Haste e Trunnion: ASTM A217 GR. CA15/ ASTM A276 TP410;
Sede Soft/Metal: DEVLON / ASTM A217 GR. CA15;
Prisioneiros: ASTM A193 GR. B7;
Porcas: ASTM A194 GR. 2H;

O teste de queima fire safe foi realizado em nossa presença pela Micromazza PMP Ltda conforme ISO 10497/API607 e está documentado no relatório de teste n. 396/15/044 emitido pela NEWS INSPEÇÕES LTDA. A válvula descrita foi submetida a teste hidrostático conforme API 6D seguido pelos testes de fire safe. Todas as informações relevantes, parâmetros e resultados estão registrados no relatório supracitado emitido pela NEWS INSPEÇÕES LTDA e foram testemunhados pelo consultor abaixo assinado.
Atestado de Responsabilidade Técnica N°. 92221220131453791.

Conclusions/Conclusões:

All results have been found acceptable to ISO 10497/10 and API 607/10. As per specification, the range of valves qualified are:
Todos os resultados foram aceitáveis conforme ISO 10497/10 e API 607/10. Por especificação, a faixa de válvulas qualificadas são:

TEST VALVE		VALVE QUALIFIED		
DN	CLASS	NOMINAL DIAMETER		PRESSURE CLASS
		Nominal Diameter (DN)	Nominal Pipe Size (NPS)	
4"	600	100; 125; 150; 200	4; 5; 6; 8	600; 800; 900

The results and all monitoring of valve firing test are recorded in the inspection report N°. 396/15/044 issued on 20th November 2015.
Os resultados e todo o monitoramento da válvula fire safe testada estão registrados no relatório de inspeção 396/15/044 emitido em 20 de Novembro de 2015.

JUNDIAÍ/SP, 20 de Novembro 2015

ENGº MARCELO MENEGON
SNQC 29639 - IF - AT - N1
CREA RS 181426
NEWS INSPEÇÕES & ENGENHARIA
Engº Marcelo Menegon
SNQC 29639 IF-AT-N1
CREA RS 181426
Consultor/Especialista



Eng. Edson C. Camilo do Carmo
SNQC 29185
IF-N1-CT, N2-MC/AT
CREA/SP n. 508327943
NEWS INSPEÇÕES & ENGENHARIA

Engº Mecânico Edson Camilo do Carmo
SEQUI n. 12684 IF-N2 AT-MC / N1 CT
NEWS INSPEÇÕES & ENGENHARIA
DIRETOR

NEWS INSPEÇÕES LTDA

R. Vigário J. J. Rodrigues, 905 - 9º andar - Sala 91/93 - Centro - Jundiaí - SP -

Fone: +55 11 3963-4735 Fax: +55 11 3963-4736 news@newsengenharia.com.br

