

UNIVERSIDADE DO ESTADO DO AMAZONAS  
ESCOLA SUPERIOR DE TECNOLOGIA  
ENGENHARIA DE CONTROLE E AUTOMAÇÃO

Giuliana Victoria Rocha Beserra

**ESTUDO PARA IMPLEMENTAÇÃO DE MÉTODOS DE CALIBRAÇÃO  
DE VÁLVULA *ONLINE* EM SISTEMAS DIDÁTICOS DE GÁS**

Manaus

2021

UNIVERSIDADE DO ESTADO DO AMAZONAS  
ESCOLA SUPERIOR DE TECNOLOGIA  
ENGENHARIA DE CONTROLE E AUTOMAÇÃO

Giuliana Victoria Rocha Beserra

**ESTUDO PARA IMPLEMENTAÇÃO DE MÉTODOS DE CALIBRAÇÃO  
DE VÁLVULA *ONLINE* EM SISTEMAS DIDÁTICOS DE GÁS**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à Coordenação do curso de Engenharia de Controle e Automação da Universidade do Estado do Amazonas como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de Engenharia em conformidade com as normas ABNT.

Orientador: MSc. Cleto Cavalcante de Souza Leal

Manaus

2021

Giuliana Victoria Rocha Beserra

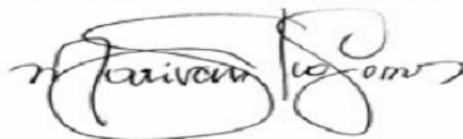
## **ESTUDO PARA IMPLEMENTAÇÃO DE MÉTODOS DE CALIBRAÇÃO DE VÁLVULA *ONLINE* EM SISTEMAS DIDÁTICOS DE GÁS**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à  
Coordenação do curso de Engenharia de  
Controle e Automação da Universidade do  
Estado do Amazonas como parte dos requisitos  
necessários para obtenção do grau de  
Engenharia em conformidade com as normas  
ABNT.

\_\_\_\_\_ Aprovada . Manaus, 20 de dezembro de 2021:



.....  
**Israel Mazaira Morales**



.....  
**Marivan Gomes**

.....  
**Daniel Guzman**



Manaus

2021

## RESUMO

A válvula de segurança é o último dispositivo de proteção contra sobrepressão instalado em sistemas de gás, como caldeiras, vasos de pressão e tubulações de pressão, e é um dos acessórios de segurança mais importantes da linha de gás. A calibração de válvulas de segurança adota principalmente métodos de calibração *offline*, e os equipamentos de produção das empresas devem ser desligados, reduzindo assim a eficiência de produção das empresas. Visando as deficiências dos métodos de calibração existentes, um sistema de calibração de válvula de segurança *online* foi desenvolvido. A calibração *online* significa que não há necessidade de retirar a válvula da linha de gás, a válvula de segurança é aberta por força externa adicional e a pressão de abertura da válvula de segurança pode ser obtida calculando a pressão da linha mais a pressão exercida pela força externa. O sistema de verificação é dividido em duas partes: a parte lógica do CLP e a parte estrutural que ficará acoplada à válvula. De acordo com os requisitos de verificação, as duas partes trabalham juntas para completar a tarefa de calibração *online*. Esse sistema tem as vantagens de fácil montagem e desmontagem, fixação e posicionamento rápidos, operação de medição simples e forte aplicabilidade. A aplicação deste sistema reduz o tempo de calibração, pode melhorar a eficiência da calibração e ter certas perspectivas de mercado.

**Palavras-chave:** Calibração *offline*, Calibração *online*, Válvula de segurança, Sistemas de gás.

## **ABSTRACT**

The safety valve is the latest overpressure protection device installed in gas systems such as boilers, pressure vessels and pressure lines, and is one of the most important safety accessories in the gas line. The calibration of safety valves mainly adopts offline calibration methods, and the companies' production equipment must be turned off, thus reducing the companies' production efficiency. Addressing the shortcomings of existing calibration methods, an online safety valve calibration system was developed. Online calibration means that there is no need to remove the valve from the gas line, the safety valve is opened by additional external force and the opening pressure of the safety valve can be obtained by calculating the line pressure plus the pressure exerted by the force external. The verification system is divided into two parts: the logical part of the PLC and the structural part that will be coupled to the valve. As per the verification requirements, the two parties work together to complete the online calibration task. This system has the advantages of easy assembly and disassembly, quick fixing and positioning, simple measuring operation and strong applicability. The application of this system reduces calibration time, can improve calibration efficiency and have certain market perspectives.

**Keywords:** Offline Calibration, Online Calibration, Safety Valve, Gas system.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Exemplo de um sistema de gás onde pode ocorrer calibração de válvula online. ...	14
Figura 2 – Válvula gaveta, classe 150, utilizada para bloqueio de fluxo. ....	15
Figura 3 – Válvula globo de acionamento manual, classe 300. ....	16
Figura 4 – Válvula globo de controle automático. ....	16
Figura 5 – Válvula de retenção tipo portinhola, classe 300. ....	17
Figura 6 – Válvula de segurança e alívio. ....	18
Figura 7 – Componentes de válvula de segurança de caldeira. ....	19
Figura 8 – Denominação das peças de uma válvula de segurança de caldeiras. ....	19
Figura 9 – Esboço da válvula de segurança de Papin. ....	22
Figura 10 – Válvula de segurança comumente utilizada em superaquecedor de caldeiras. ....	23
Figura 11 – Válvula de alívio e segurança convencional. ....	24
Figura 12 – Ajuste de <i>bench set</i> . ....	28
Figura 13 – Plaqueta de identificação da válvula com dados essenciais. ....	29
Figura 14 – Diagrama do princípio da calibração online. ....	31
Figura 15 – Diagrama de blocos de um CLP. ....	34
Figura 16 – Diagrama de blocos do CLP, juntamente com a interface de comunicação e entrada/saída. ....	34
Figura 17 – Tela do CLP MX2N-43HB-24. ....	35
Figura 18 – Tela do software MyView. ....	36
Figura 19 – Tela do software GX Works2. ....	36
Figura 20 – Transmissor de pressão que será utilizado neste trabalho. ....	37
Figura 21 – Célula de carga que será utilizada neste trabalho. ....	38
Figura 22 – Bomba pneumática manual que será utilizada nesse trabalho. ....	39
Figura 23 – Tela do HMI após programação no MyView. ....	40
Figura 24 – Programação em Ladder do cálculo de pressão. ....	41
Figura 25 – Programação em Ladder do cálculo da força. ....	41
Figura 26 – Programação em Ladder da área da sede. ....	42
Figura 27 – Programação em Ladder do cálculo de pressão de abertura. ....	42
Figura 28 – Materiais acoplados no CLP. ....	43
Figura 29 – Válvula obtida para testes. ....	44
Figura 30 – Condição da válvula obtida para testes. ....	44

Figura 31 – Interior da válvula. ....	45
Figura 32 – Válvula desmontada para realização da limpeza de todos os seus componentes. ....	45
Figura 33 – Válvula montada após limpeza e pintura. ....	46
Figura 34 – Verificação de posição do atuador pneumático de ação simples acoplado à célula de carga com a válvula. ....	46
Figura 35 – Conjunto do atuador com célula de carga acoplado à válvula. ....	47
Figura 36 – Detalhe do conjunto do atuador com a célula de carga acoplado à válvula. ....	48
Figura 37 – Detalhe da bancada de teste. ....	49
Figura 38 – Calibração <i>offline</i> sendo realizada. ....	50
Figura 39 – Dispositivo de calibração <i>online</i> acoplado a válvula. ....	51
Figura 40 – Detalhe da tela do CLP antes do operador imputar o valor de diâmetro da sede. ....	51

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Resultados da Calibração .....	49
Tabela 2 – Resultados da Calibração .....	51

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas  
ASME – *American Society of Mechanical Engineers*  
ASME PG – *General Requirements for all methods of construction*  
ASME UG – *General Requirements for All Methods of Construction and All Materials*  
CLP – Controlador Lógico Programável  
EPI – Equipamento de Proteção Individual  
IEC – *Internacional Electrotechnical Commission*  
INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia  
ISO – Organização Nacional da Padronização  
NBR – Norma Brasileira  
NR – Norma Regulamentadora  
RBC – Rede Brasileira de Calibração  
VIM – Vocabulário Internacional de Metrologia

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	11
2	TEMA.....	12
3	PROBLEMA DE PESQUISA.....	12
4	HIPÓTESE .....	12
5	JUSTIFICATIVA.....	12
6	OBJETIVOS.....	12
7	REFERENCIAL TEÓRICO.....	13
8	MATERIAIS E MÉTODOS .....	39
8.1	SOFTWARE DO SISTEMA.....	39
8.2	HARDWARE DO SISTEMA .....	42
9	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	48
10	CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	53
10.1	TRABALHOS FUTUROS.....	53
11	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	54
	ANEXO A – CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO <i>OFFLINE</i> .....	57
	ANEXO B – CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO <i>ONLINE</i> .....	58

## 1 INTRODUÇÃO

As válvulas industriais são responsáveis pelo controle de fluxos líquidos ou gasosos de um determinado sistema ou equipamento. Isso envolve a capacidade de liberar ou interromper fluxos provenientes de óleos, minérios, gases, água, entre outros tipos de fluido, sendo assim, essas peças têm a missão de equilibrar o processo e estão em todos os lugares.

As válvulas são amplamente utilizadas na indústria devido à sua diversidade de funções e aplicações e foi estimado que esse mercado crescerá US\$ 11 bilhões até o fim de 2019, de acordo com O Petróleo, isso se deve ao crescimento da indústria do petróleo e gás no mundo.<sup>1</sup>

As válvulas de segurança são dispositivos automáticos responsáveis pelo alívio de pressão em vasos de pressão e caldeira e são caracterizadas pela abertura instantânea quando é atingida a pressão de abertura dela. Elas são projetadas para atuar como último recurso de segurança, antes dela outros dispositivos são responsáveis por mostrar ou interromper o aumento de pressão, por isso esse dispositivo precisa de manutenção e garantia de que nada interromperá o seu funcionamento.

A manutenção e a calibração dessas peças são comumente realizadas retirando-as do processo e fazendo os ajustes em bancada, porém é um processo caro pois, demanda profissional qualificado para fazer a retirada, parada do processo em que a válvula está inserida e substituição por outra válvula, caso o processo não possa ser interrompido.

Portanto, o presente projeto tem como objetivo o desenvolvimento de um protótipo didático que realize a calibração *online* sem a necessidade de retirada da linha e que seja eficiente.

---

<sup>1</sup> Mercado de válvulas de petróleo e gás crescerá US \$ 11 bilhões até o final 2019. O Petróleo. Disponível em: <<https://opetroleo.com.br/mercado-de-valvulas-de-petroleo-e-gas-crescera-us-11-bilhoes/>>. Acesso em: 09/07/2021.

## 2 TEMA

Estudo para implementação de métodos de calibração de válvula *online* em sistemas de gás.

## 3 PROBLEMA DE PESQUISA

Como desenvolver um sistema de calibração online de válvulas em sistemas de gás.

## 4 HIPÓTESE

A calibração *online* de válvulas em sistemas de gás pode ser realizada garantindo o serviço de forma contínua.

## 5 JUSTIFICATIVA

Discutir sobre o estudo da calibração *online* de válvulas em sistemas de gás justifica-se pelo fato de que empresas que utilizam sistemas pressurizados com gases não podem fazer a parada de sua linha, essa parada ocasiona custo adicional pois, há necessidade da compra de uma válvula reserva e pode ocasionar acidentes, caso o sistema não seja vedado corretamente para evitar escape de gás.

Assim, é possível notar que o estudo da calibração *online* de válvula em sistemas de gás pode impactar direta ou indiretamente na receita e na segurança das empresas que necessitam utilizar processos envolvendo gases, através da diminuição de custo e reforço de segurança em sistemas pressurizados, sem a necessidade da parada de sistema.

Para tanto, é necessário analisar sistemas de gases e conceituar a calibração convencional de válvulas, discutir e analisar a calibração *online* da válvula como alternativa para evitar a parada do sistema, conceituar calibração *online* e analisar a calibração de válvula *online* em sistemas de gás sem ocasionar a parada do sistema.

## 6 OBJETIVOS

### 6.1 OBJETIVO GERAL

Desenvolver métodos de calibração de válvula online em sistemas didáticos de gás.

## 6.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Conceituar sistemas de distribuição de gás, de calibração convencional e de calibração online de válvula.
- b) Analisar os problemas recorrentes que ocasionam paradas indevidas do sistema de distribuição de gás por questões de calibração de válvulas.
- c) Desenvolver e analisar um sistema de setup para as válvulas com o sistema em operação.
- d) Simular métodos de calibração online de válvulas.
- e) Desenvolver um protótipo didático.

## 7 REFERENCIAL TEÓRICO

### 7.1 SISTEMA DE GÁS

Os sistemas de gás tratados neste trabalho correspondem a caldeiras, vasos de pressão e tubulações que estejam com gás que não seja tóxico ou corrosivo.

Segundo a Norma Regulamentadora 13 (NR-13), parágrafo 13.4.1.1, as caldeiras a vapor são equipamentos destinados a produzir e acumular vapor sob pressão superior à atmosférica, utilizando qualquer fonte de energia, projetados conforme códigos pertinentes, excetuando-se refervedores e similares.

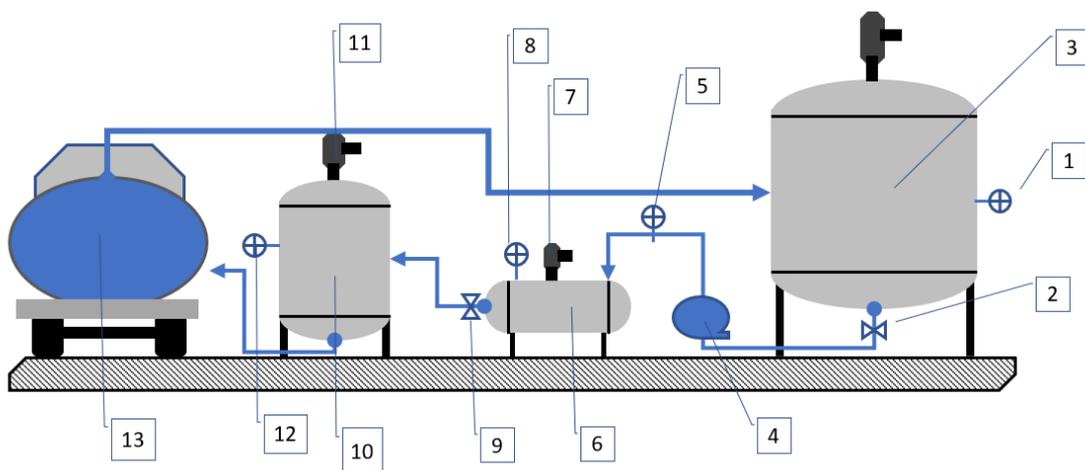
Na mesma norma, no parágrafo 13.5.1.1, diz que os vasos de pressão são equipamentos que contêm fluidos sob pressão interna ou externa, diferente da pressão atmosférica. Um vaso de pressão é considerado parte integrante de conjunto de máquinas se o vaso de pressão pertencer a um sistema auxiliar ao funcionamento da máquina, com uma das seguintes finalidades: arrefecimento, lubrificação ou selagem, exceto o reservatório de ar comprimido de compressores.

Segundo a mesma norma, parágrafo 13.6.1, as tubulações são os conjuntos de linhas destinadas ao transporte de fluidos entre equipamentos de uma mesma unidade de uma empresa ligados a caldeiras ou vasos de pressão. Os tanques abordados por esta NR referem-se a tanques metálicos para armazenamento e estocagem de produto final ou de matérias primas. Estes tanques são de superfícies, não enterrados e com fundo apoiado sobre o solo.

A figura a seguir mostra um exemplo de um sistema de gás onde pode ocorrer calibração *online* de válvula:

- (1), (5), (8) e (12) Manômetro;
- (2) Válvula de controle;
- (3) Reservatório principal;
- (4) Bomba de movimentação;
- (6) Cilindro de resfriamento;
- (7), (11) Válvula de segurança;
- (9) Válvula de fechamento;
- (13) Caminhão de abastecimento.

Figura 1 – Exemplo de um sistema de gás onde pode ocorrer calibração de válvula online.



Fonte: Autor (2021).

## 7.2 VÁLVULAS

Atualmente, segundo Ribeiro (2003), aproximadamente 5% dos custos totais de uma empresa de processo químico é com a compra de válvulas. Em questão de unidades, as válvulas são tão numerosas que só perdem para as conexões de tubulações. É um mercado estável que rende US\$ 2 bilhões ao ano.

As válvulas são utilizadas em tubulações e em entradas e saídas de vasos e tanques, e quanto a sua função em relação ao escoamento do fluxo, podem ser divididas em quatro grupos:

- Bloqueio;
- Controle;

- Retenção;
- Alívio de pressão.

### 7.2.1 Bloqueio de Fluxo

As válvulas que utilizam essa função proporcionam a restrição completa do escoamento do fluxo, permitindo a mínima queda de pressão estando totalmente abertas ou totalmente fechadas, pois o projeto construtivo de seus componentes internos não permite sua utilização para controle de fluxo, tendo alta capacidade de vazão. Em processos que exigem a mínima queda de pressão, as válvulas com essa característica construtiva contribuem para se obter a máxima eficiência de um processo. (MATHIAS, 2008)

As aplicações mais frequentes desse tipo são no isolamento de algum equipamento no processo, como bombas, trocadores de calor, coletores, caldeiras e outros. (MATHIAS, 2008)

Figura 2 – Válvula gaveta, classe 150, utilizada para bloqueio de fluxo.



Fonte: <https://mpautomacao.com/valvulas/valvulas-industriais-em-bronze/valvulas-gaveta/valvula-gaveta-classe-150/>. Acesso em: 04/07/2021.

### 7.2.2 Controle de Fluxo

As válvulas de controle de fluxo, sejam elas manuais ou automáticas, oferecem restrição variável de fluxo, podendo ser total dependendo da aplicação. Os manuais dependem da experiência do operador e as automáticas dependem de um sinal externo para operação, esse sinal pode ser pneumático, elétrico ou eletropneumático. (MATHIAS, 2008)

A geometria interna do corpo desse tipo de válvula foi projetada para proporcionar alta perda de carga, mesmo que seu elemento de vedação esteja em posição completamente aberta.

Quanto maior for a queda de pressão causada pela válvula, melhor e mais preciso será o controle de fluxo, isso ocorre porque a queda é sempre função da área de passagem escolhida para o processo e a geometria interna dessa passagem para escoamento de fluxo. (MATHIAS, 2008)

Figura 3 – Válvula globo de acionamento manual, classe 300.



Fonte: <https://www.luftmg.com.br/produtos/valvulas-diversas/vavula-globo-300lbs/valvula-globo-300lbs>. Acesso em: 04/07/2021.

Figura 4 – Válvula globo de controle automático.



Fonte: <https://www.ecovapor.com.br/valvula-controle-globo>. Acesso em 26/06/2021

### 7.2.3 Retenção de Fluxo

A válvula de retenção permite o fluxo em uma direção e automaticamente evita o fluxo de retorno em uma linha hidráulica ou pneumática. É uma das poucas válvulas automáticas existentes no mercado e que não requerem assistência para abrir e fechar. É a única que tem o

funcionamento continuado mesmo que a instalação de uma fábrica fique sem ar comprimido, eletricidade ou por interferência humana manual.<sup>2</sup>

“As válvulas de retenção permitem uma proteção adequada aos equipamentos instalados na tubulação de entrada, como as bombas e os motores elétricos que as acionam.” (MATHIAS, 2008, p. 17)

Figura 5 – Válvula de retenção tipo portinhola, classe 300.



Fonte: <http://www.bvivalvulas.com.br/valvula-retencao-portinhola-300-libras.html>. Acesso em: 04/07/2021.

#### 7.2.4 Alívio de Fluxo

“São dispositivos de atuação mecânica para alívio de pressão, autossuficientes, e cuja fonte de energia é o próprio fluido do processo.” (MATHIAS, 2008, p. 17)

O uso dessa válvula é fundamental em qualquer equipamento que esteja sujeito à pressão de operação inferior ou superior à atmosférica. Quando a pressão é inferior são utilizadas válvulas de alívio de vácuo e que quando é igual ou superior são utilizadas as válvulas de segurança, alívio ou segurança e alívio. (MATHIAS, 2019)

“As válvulas de segurança e segurança e alívio evitam que a pressão de operação de uma caldeira ou vaso de pressão ultrapasse a acumulação máxima permitida pelo projeto desses equipamentos.” (MATHIAS, 2008, p. 17)

---

<sup>2</sup> Como funciona a válvula de retenção? Disponível em: <https://www.citissystems.com.br/valvula-de-retencao/> Acesso em: 08/11/2021.

Figura 6 – Válvula de segurança e alívio.



Fonte: <http://www.escotech.com.br/?p=exibir&c=1&s=45&id=75>. Acesso em: 05/07/2021.

### 7.3 VÁLVULA DE CONTROLE

A válvula de controle é um dispositivo chave em aplicações da indústria de petróleo e gás. São dispositivos automáticos que exercem a “função de manipular a pressão e a taxa de fluxo de um fluido qualquer dentro de uma malha de controle, afetando diretamente alguma variável pré-determinada para satisfazer as necessidades de um processo de forma rápida e precisa.” (MATHIAS, 2008, p.347)

Segundo Ribeiro (2003), a válvula de controle com atuador pneumático é o elemento final de controle da maioria absoluta das malhas. Outros elementos primários são os manômetros, termômetros, placas de orifício e os termopares. (MATHIAS, 2019).

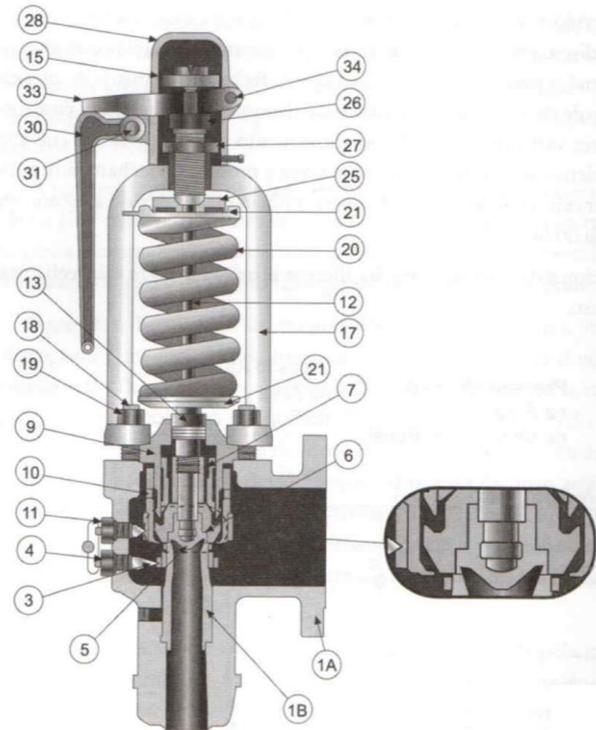
Os tipos mais comuns de válvulas de controle são as válvulas de segurança e alívio que são o objeto de estudo deste trabalho.

### 7.4 ESTRUTURA DA VÁLVULA

As válvulas possuem diversas características construtivas próprias de cada uma e que são importantes para o processo. A escolha de qual a função que é exigida da mesma no processo. Porém, não existe uma única válvula capaz de reunir todas as características em uma só. (MATHIAS, 2008)

Segue abaixo as principais características construtivas das válvulas que são objeto de estudo deste trabalho:

Figura 7 – Componentes de válvula de segurança de caldeira.



Fonte: MATHIAS, 2008.

Figura 8 – Denominação das peças de uma válvula de segurança de caldeiras.

Nº da Peça	Denominação
1A	Corpo
1B	Bocal
3	Anel do Bocal
4	Parafuso Trava do Anel do Bocal
5	Disco Flexível
6	Suporte do Disco
7	Retentor do Suporte do Disco
9	Eductor
10	Anel Superior
11	Parafuso Trava do Anel Superior
12	Haste
13	Pistão
15	Porca da Haste
17	Castelo
18	Estojo do Castelo
19	Porcas dos Estojo do Castelo
20	Mola
21	Suportes da Mola
25	Rolamento *
26	Parafuso de Ajuste
27	Porca Trava do Parafuso de Ajuste
28	Capuz
30	Alavanca
31	Pino da Alavanca
33	Garfo da Alavanca
34	Pino do Garfo da Alavanca

Fonte: MATHIAS, 2008.

#### 7.4.1 Corpo

O corpo, também chamado de carcaça, é a parte da válvula que é ligada na tubulação e contém o orifício variável da passagem do fluido, ele é um vaso de pressão, com uma ou duas sedes fixas e permite o acesso aos componentes internos quando retirado o castelo. (RIBEIRO, 2003, 2007) É pelo corpo que se determina o diâmetro nominal da válvula. (MATHIAS, 2008)

#### 7.4.2 Castelo

O castelo (*bonnet*) liga o corpo da válvula até o atuador, nele ficam alojados a mola, a haste, o parafuso de ajuste e a alavanca de acionamento. Nas válvulas de segurança ele pode ser aberto ou fechado, já nas válvulas de alívio ele é sempre fechado.

O castelo aberto aumenta a troca térmica entre a mola e o meio ambiente mantendo o valor da pressão de ajuste constante, mesmo após vários ciclos operacionais (MATHIAS, 2019). Já o castelo fechado é utilizado nas seguintes situações:

- Proteger a mola contra intempéries;
- Quando a válvula opera em contrapressão;
- Quando o fluido é descarregado deve ser levado a um local seguro.

#### 7.4.3 Anéis de Ajuste

Os anéis são encontrados nas válvulas de segurança que têm como requerimento o diferencial de alívio e tem a função de alterar o desempenho dela devido às diferentes atuações sob fluidos com pressões e densidades diferentes. O posicionamento correto dos anéis controla as ações de fechamento e abertura da válvula de segurança dentro dos limites estabelecidos, através de uma alteração na geometria interna da câmara de força e nas forças que a mantém aberta.

#### 7.4.4 Orifício Secundário

É a área formada pela abertura do diâmetro externo do anel inferior e o diâmetro interno da “saia” do suporte do disco que causa uma restrição variável ao escoamento do fluido. Esse

fluido é sempre maior na abertura da válvula do que no seu fechamento, e por essa razão, a pressão de fechamento é sempre menor que o valor da pressão de abertura. (MATHIAS, 2008)

#### 7.4.5 Alavanca de acionamento

As válvulas de segurança e alívio que operam em vasos de pressão têm que ter, obrigatoriamente, a alavanca de acionamento sempre que o fluido for compressível, no caso de água quente, acima de 60°C. Nas caldeiras, esse item é mínimo obrigatório para as válvulas de segurança, tanto no tubulão de vapor quanto no superaquecedor. (MATHIAS, 2008)

Sua função é permitir a abertura manual da válvula quando a pressão do processo estiver abaixo de sua pressão de ajuste e verificar os movimentos do suporte do disco quando a válvula é mantida fechada durante muito tempo devido à operação do processo de manter estável. (MATHIAS, 2019)

#### 7.4.6 Mola

A mola tem “a função de anular a força resultante formada pela pressão do fluido na área do bocal até que a pressão de ajuste seja alcançada, compensando a força que a pressão do processo exerce embaixo do disco e mantendo a válvula fechada.” (MATHIAS, 2008, p. 261) Após a abertura completa da válvula, a força armazenada na mola é constante fazendo com que o curso de elevação do disco reduza somente quando houver uma redução na pressão do fluido dentro da câmara de força. A mola mantém uma força constante pré-determinada atuando do lado oposto à pressão do fluido e é responsável pela força de fechamento necessária da válvula. (MATHIAS, 2008)

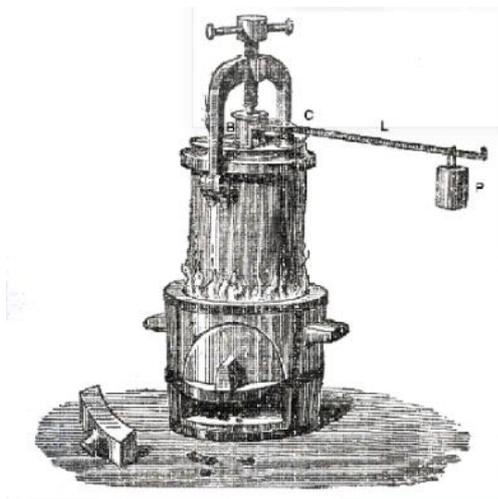
“As molas são responsáveis por uma parte de todo o ciclo operacional correto da válvula.” (MATHIAS, 2008, p. 261) Elas são auto-operadas e seu ciclo depende da energia armazenada na mola e da pressão do fluido que atua em áreas diferentes durante todo o ciclo de abertura e fechamento. (MATHIAS, 2008)

#### 7.4.7 VÁLVULA DE SEGURANÇA

A válvula de segurança foi inventada por um físico francês chamado Denis Papin, na Inglaterra em 1682, e é um dispositivo de alívio de pressão, na época funcionava com um

sistema de contrapeso, onde um peso ao ser movimentado ao longo de uma alavanca alterava a pressão (EFFGEM, 2020). A válvula desenvolvida por ele conseguia proteger um equipamento, cuja pressão alcançasse  $8.3 \text{ kgf/cm}^2$  (MATHIAS, 2019).

Figura 9 – Esboço da válvula de segurança de Papin.



Fonte: EFFGEM, 2020.

Devido a sua falta de precisão e, conseqüentemente, causas de acidentes e perdas de vida, o código *American Society of Mechanical Engineers – ASME* (seção I e seção VIII) não permite que seja instalada válvula de contrapeso em caldeiras (MATHIAS, 2019).

Segundo Ribeiro (2007), a válvula de segurança e a válvula de alívio de segurança são projetadas especificamente para dar uma abertura total com pequenas sobrepressões, isso ocorre porque elas possuem discos pressionados por mola que fecha a abertura de entrada da válvula contra a pressão de entrada da tubulação. Elas são caracterizadas pela abertura rápida e completa, produzida por uma câmara que, a uma pressão predeterminada, aumenta a área entre o disco e a sede a um ponto onde a força da mola não mais supera a força de entrada.

A característica marcante desse tipo de válvula é a repetição de abertura e fechamento, quando a vazão for menor que 25% da capacidade desse dispositivo, a energia cinética não é suficiente para manter a válvula totalmente aberta e a mola faz a válvula se fechar. A frequência de repetição muito alta é chamada de *chattering* e é indesejável porque ocorre com uma válvula superdimensionada, fazendo com que elas sejam vítimas da descarga do fluido (RIBEIRO, 2007).

Quando dimensionada corretamente, a válvula trabalha até que a pressão de entrada caia entre 4% e 5% abaixo do ponto de ajuste (RIBEIRO, 2007).

Figura 10 – Válvula de segurança comumente utilizada em superaquecedor de caldeiras.



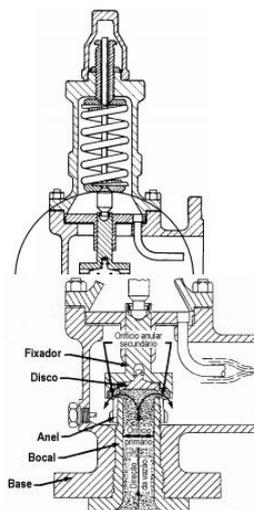
Fonte: MATHIAS, 2019.

#### 7.4.8 Válvula de alívio e segurança

Esse tipo de válvula é mais comumente utilizada em refinarias de petróleo e indústrias químicas, pois pode ser utilizada tanto como válvula de alívio e válvula de segurança. Ela tem o castelo fechado e quando utilizada como válvula de alívio, o anel de *blowdown* é retirado evitando a abertura rápida e total da válvula, fazendo com que ela opere como uma válvula de alívio (RIBEIRO, 2007). O *blowdown* é a diferença entre a pressão ajustada e a pressão de fechamento da válvula de alívio.

“Ela pode ser usada também como válvula de segurança, exceto quando a temperatura é muito elevada e altera a característica da mola.” (RIBEIRO, 2007, p. 145) A vantagem dessa válvula é sua versatilidade, pois controla o processo rigorosamente ou evita a emissão de fluido (RIBEIRO, 2007).

Figura 11 – Válvula de alívio e segurança convencional.



Fonte: RIBEIRO, 2003

## 7.5 CONCEITO DE CALIBRAÇÃO

A calibração de instrumentos é um procedimento que possibilita identificar se os instrumentos de medição utilizados na indústria estão aptos para um processo e que os valores apresentados no certificado não vão interferir na qualidade final do produto. A calibração consiste na comparação entre os valores obtidos no instrumento testado e um instrumento padrão, que é a referência. As calibrações devem ser realizadas com base em referências técnicas, tais como normas nacionais e internacionais e documentos orientativos do Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO), procedimentos internos de laboratórios, recomendações de fabricantes. Usualmente são realizadas por laboratórios de calibração que podem oferecer serviços acreditados (RBC) ou rastreados (utilizando padrões calibrados em laboratórios acreditados RBC) (Vocabulário Internacional de Metrologia – VIM, 2012).

O documento técnico que indica os valores obtidos na calibração é o “certificado de calibração”, nele são indicados uma tabela ou um gráfico como resultado de cada ponto medido ao longo da faixa de medição do instrumento ou equipamento, bem como as estimativas do erro ou correção e da incerteza expandida associada ao erro ou correção. Com as informações apresentadas em um certificado de calibração é possível avaliar o desempenho do instrumento ou equipamento comparando com especificações de uma norma, do fabricante, ou em acordo

com a tolerância do processo. Esse conteúdo atende ao requisito 5.10: “Apresentação de Resultados”, da norma ABNT NBR ISO/IEC 17025 – Requisitos para a Competência de Laboratórios de Ensaio e Calibração.

De acordo com as informações apresentadas acima, segue abaixo as vantagens de se calibrar instrumentos:

- Prevenir possíveis danos ao instrumento quando, por exemplo, ao enviá-lo para calibração, o laboratório identifica algum defeito de fabricação e/ou desgaste;
- Facilidade na validação dos critérios de aceitação, pois alguns laboratórios já avaliam o critério durante o próprio processo de calibração;
- Identifica facilmente se aquele instrumento precisa de manutenção ou substituição, por meio dos resultados do certificado de calibração;
- Garante que o processo e o produto terão a qualidade esperada.

Isso significa que manter um plano de calibração dos instrumentos é uma das etapas para garantir a qualidade de produtos e processos. A norma que cita que a calibração é um item indispensável para assegurar resultados válidos é a ISO 9001:2015 - Sistemas de gestão da qualidade — Requisitos, (itens 7.1.5.1 e 7.1.5.2).

#### 7.5.1 Erro de medição

O erro de medição é a “diferença entre o valor medido de uma grandeza e um valor de referência” (VIM, 2012, p. 32). Ele não deve ser confundido com erro humano ou de produção, esse conceito é utilizado quando existe um único valor de referência e ocorre quando a calibração é realizada por meio de um padrão de medição com incerteza desprezível ou se um valor convencional é fornecido, ou seja, o erro de medição é fornecido. Pode ocorrer também quando o erro é representado por um único ou conjunto de valores de amplitude desprezível, nesse caso, o erro é desconhecido. (VIM, 2012)

#### 7.5.2 Calibração *offline* de válvula

A calibração de válvulas de segurança é um procedimento essencial e exigido pela NR 13 – Caldeiras e Vasos de Pressão, item 13.4.1.6. Este método tem como objetivo avaliar a composição e a conservação de tubulações e vasos de pressão, além de outras instalações que trabalham com a pressão de fluidos diversos – como sistemas de caldeiras, compressores,

reatores, entre outros. Esse processo diminui consideravelmente os perigos estruturais em tais redes, e o mais importante, preserva as vidas de quem está ao redor em caso de falha do sistema.

3

### 7.5.2.1 Manutenção

“O desempenho da válvula de controle é chave para o desempenho da planta inteira.” (RIBEIRO, 2003, p. 123) Por isso há um grande investimento na manutenção deste dispositivo quando corretamente escolhida, dimensionada e operada (RIBEIRO, 2003).

Segundo Ribeiro (2003), os procedimentos de manutenção de válvulas não tiveram mudanças significativas nos últimos 40 anos, apenas a manutenção destes dispositivos que têm diminuído nos últimos 15 anos, devido a falta de profissionais capacitados para a atividade.

A seguir, os procedimentos típicos de manutenção de válvula, segundo Ribeiro (2003):

- Retirar a válvula do local de montagem. Deve-se proteger as conexões com a tubulação e os tubos existentes (sinal, suprimento de ar). Identificar os parafusos e porcas para montagem posterior ao finalizar;

- Transportar a válvula para a bancada ou para a área de descontaminação,
- Efetuar uma inspeção visual detalhada;
- Testar a válvula, anotando a condição de como foi achada;
- Marcar o atuador, castelo e corpo para orientação de montagem. Identificar os acessórios existentes;

- Desconectar as hastes do atuador e do corpo. Separar o atuador do corpo,
- Remover o castelo da válvula;
- Manter os internos nos devidos lugares e anotar a sequência de desmontagem.

Inspeccionar e verificar se há arranhões ou danos e examinar as juntas (gaxetas);

- Retirar e inspecionar os internos;
- Inspeccionar a parte interna do corpo da válvula;
- Enviar o corpo, castelo e atuador para jateamento e pintura (caso haja necessidade);

---

<sup>3</sup> <https://www.rewengenharia.com/blog/post/por-que-calibrar-uma-valvula-de-seguranca>, Acesso em: 18/06/2021  
Por que calibrar uma válvula de segurança. Rew Engenharia, Pará de Minas, 12/01/2021. Disponível em <<https://www.rewengenharia.com/blog/post/por-que-calibrar-uma-valvula-de-seguranca>, Acesso em: 18/06/2021>. Acesso em 18/06/2021.

- Substituir as peças de elastômeros e os rolamentos do atuador (duração típica: quatro anos);
- Inspeccionar cuidadosamente as faces de assentamento da sede e do obturador. Lapidar, quando a classe de vedação for igual ou superior a IV;
- Remontar o conjunto do corpo, usando juntas novas e torquímetro. Deve-se observar as marcas de orientação.
- Reinstalar e ajustar o atuador no castelo. Efetuar o *bench set*.

#### 7.5.2.2 Ajuste de Bancada

O ajuste de bancada se chama *bench set*, e é o termo utilizado para “descrever o ajuste de um atuador com mola que determina a quantidade de força de restauração que a mola fornece quando o atuador estiver acoplado à válvula.” (RIBEIRO, 2003, p. 118). Ele é expresso em faixa de pressão para o curso nominal da válvula e seu cálculo é com base nas cargas de serviço internas à válvula. (RIBEIRO, 2003)

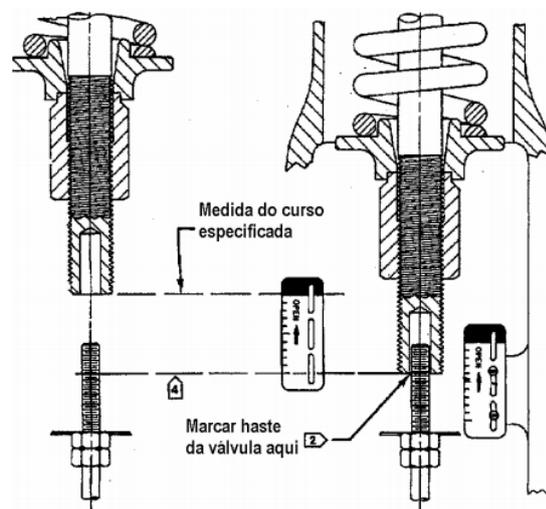
Para realizar o *bench set*, deve-se seguir o seguinte roteiro, segundo Ribeiro (2003):

- Primeiramente, consultar a Folha de Especificação ou a Plaqueta de Identificação da válvula para determinar o valor do ajuste. Observar que para que o mesmo seja especificado para um atuador, é necessária a existência de uma mola, porque ele que determina o ajuste da mola,
  - Ligar uma fonte de pressão regulável com um manômetro com precisão de  $\pm 0,5\%$  do fundo de escala à entrada de pressão do atuador. Caso exista um posicionador, deve ser colocado em *by pass*.
  - Variar a fonte de pressão para acionar o atuador, até que ele atinja o batente superior, aumentando ou diminuindo a pressão, de acordo com o tipo do atuador, ar-para-abrir (falta de ar fecha) ou ar-para-fechar (falta de ar abre). Se a válvula estiver abrindo, pode ser necessário apertá-la para alcançar o batente superior, localizando o dispositivo de ajuste do *bench set* no atuador e acionando-o até o diafragma encostar no batente superior.
  - Considerando um atuador do tipo ar-para-fechar, quando o diafragma estiver encostado no batente superior, pode-se verificar a tensão da mola ou *bench set*, aumentando a pressão do ar até o ponto em que o atuador comece a se deslocar (deve-se anotar este primeiro valor de pressão) e aumentando a pressão até o atuador percorrer o curso nominal da válvula

(deve-se anotar este segundo valor de pressão também). Estes dois valores de pressão definem o *bench set* para o atuador.

Se a diferença entre os dois valores de pressão medidos (pressão reduzida que afasta o atuador do batente – valor da primeira pressão; e redução de pressão que faz o atuador percorrer toda a válvula – valor da segunda pressão) estiver dentro da precisão de  $\pm 10\%$  o resultado é considerado satisfatório, caso contrário, a mola deve ser substituída. Caso haja necessidade de ajuste, o dispositivo de ajuste do *bench set* deve ser acionado para que os valores de pressão alcancem uma faixa aceitável dentro da tolerância do processo. (RIBEIRO, 2003)

Figura 12 – Ajuste de *bench set*.



Fonte: RIBEIRO, 2003.

Figura 13 – Plaqueta de identificação da válvula com dados essenciais.

<b>Atuador</b>		
Serial	Tipo	Tamanho
Atuador	Porta quando alimentada	
Unidade pressão	Máxima Alimentação	
Faixa operação	Curso	
<b>Corpo</b>		
Ajuste	Para	
Serial	Tipo	Tamanho
Material Corpo	Sede	
Haste/Plug		
Tamanho porta	Caract.	
Espec.		
Tag		
Pedido		
<b>FISHER</b>		

Fonte: RIBEIRO, 2003

### 7.5.3 Teste Real

As normas – NR13, ASME – exigem que as válvulas de segurança, após manutenção e antes da caldeira voltar a operação, instaladas em tubulação de vapor e superaquecedor sejam testadas no local da instalação sob condições reais de operação. Devem ser verificadas a pressão de abertura e fechamento reais e o desempenho da válvula. Ela deve abrir praticamente sem qualquer chiado, permitir o alívio de pressão e fechar dentro do diferencial de alívio exigido pelo código ASME seção I. (MATHIAS, 2008)

O teste deve ser feito com extremo cuidado, pois deve-se garantir a segurança dos trabalhadores envolvidos e da própria caldeira. Muitas vezes não é possível fazer o teste devido a questões operacionais e de ruído. (MATHIAS, 2008)

O teste é feito de forma individual seguindo a ordem crescente de pressão de ajuste, pois nessa ordem é possível monitorar o desempenho operacional da caldeira numa pressão menor enquanto a válvula de menor pressão de ajuste é testada e então lentamente a pressão é aumentada e testa-se as válvulas restantes. (MATHIAS, 2008)

A seguir estão as regras práticas para o teste real de válvulas de segurança, segundo Mathias (2008):

- Quando a pressão de operação da válvula testada atingir 85% da pressão de ajuste, a alavanca deverá ser acionada duas vezes por aproximadamente 10 segundos, no curso máximo permitido, para verificar seu funcionamento e pré-aquecer o sistema guia;
- Quando a pressão de operação estiver próxima da pressão de ajuste, o nível de água do tubulão deve estar o mais baixo possível e compatível com a operação da caldeira;
- Todas as vezes que uma das válvulas do tubulão de vapor atuar no teste, com as outras travadas, a válvula de alívio automática do superaquecedor deverá ser acionada para manter a circulação de vapor dentro deste e sua refrigeração;
- Os maçaricos da caldeira devem ser reduzidos ou interrompidos assim que a válvula testada atuar;
- Todos os ajustes que forem feitos a cada abertura, tanto no parafuso de regulagem da mola quanto nos anéis, inferior e/ou superior, devem ser anotados.

#### 7.5.4 Calibração *online* de válvula

O teste *online* é um método alternativo para o teste real. Ele é mais rápido e econômico e é feito através de um aparelho eletrônico que emite relatórios computadorizados com os mais diversos dados: (MATHIAS, 2008)

- Dados da empresa;
- Dados da válvula testada;
- Localização do equipamento na instalação;
- Todas as intervenções feitas na pressão de ajuste durante sua execução.

Os relatórios são impressos ao término do teste e seu valor é legal quanto a confiabilidade dos resultados, certificando a operacionalidade da válvula perante os órgãos competentes, porém a certificação só é válida se o teste tiver sido feito na própria instalação, sob pressão, temperatura e volume do fluido reais de processo. (MATHIAS, 2008)

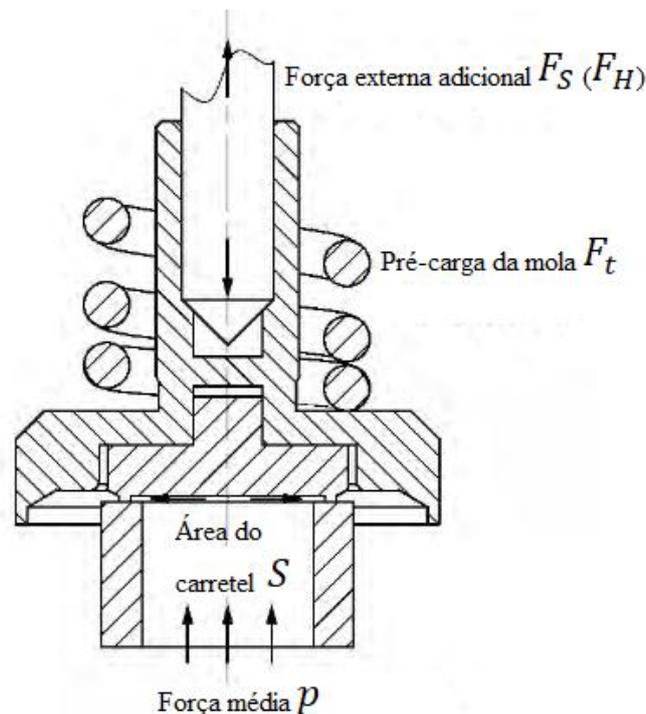
A calibração *online* não exige tanto da válvula quanto num teste real e é permitido pela NR13 no parágrafo 13.5.4 e pelo código ASME seção I no parágrafo PG. 73.4.2.2.2 e UG. 136 (d) (4) (b) na seção VIII, ambos aplicados para novas instalações. (MATHIAS, 2008)

##### 7.5.4.1 Princípio da verificação *online*

Esse tipo de calibração consiste em um dispositivo com atuador hidráulico preso à haste da válvula. Um computador interligado com esse atuador calcula a pressão de ajuste através da relação entre a pressão de operação do equipamento, multiplicada pela área média de vedação do disco e bocal, sendo somada à força exercida pelo atuador hidráulico sobre a haste para abrir a válvula. Esse dispositivo independe de fabricante. (MATHIAS, 2008)

Seu funcionamento consiste em produzir uma força simulada ( $F_S, F_H$ ) externamente sob o disco de vedação da válvula através da haste, combinada com a pressão média de operação ( $p$ ), e contrária à força exercida pela mola ( $F_t$ ). (WANG et al, 2016). Anulando-se a força diferencial exercida pela mola sobre o disco é possível obter um equilíbrio, dessa forma é possível determinar a pressão de abertura da válvula.

Figura 14 – Diagrama do princípio da calibração online.



Fonte: WANG et al, 2016.

A pressão de abertura  $P_S$  da válvula de segurança é:

$$P_S = p + \frac{F_S}{S} \quad (1)$$

Onde  $p$  é a pressão do meio do sistema;  $F_S$  é a força externa adicional quando a válvula de segurança é aberta;  $S$  é a área média de vedação do disco e bocal. Na verificação online,  $p$  é um valor conhecido e  $F_S$  é um valor medido com uma célula de carga.

Quando a pressão média do sistema é constante, o cilindro hidráulico fornece de forma estável uma força externa adicional ( $F_S$ ) gradualmente crescente e, em seguida, a pressão média do sistema e a força externa adicional do cilindro hidráulico superam a força de pré-carga da mola ( $F_t$ ), deslocando assim o disco da válvula de segurança.

Por  $P_S = P + \frac{F_S}{S}$ , com  $F_S = P_1 \cdot A_1$ , deduz-se:

$$P_S = P + \frac{P_1 \cdot A_1}{S} \quad (2)$$

Onde  $P_1$  é a pressão em tempo real do cilindro hidráulico;  $A_1$  é a área do pistão do cilindro hidráulico.

Para que o resultado do teste seja bem-sucedido, a pressão de operação do sistema deve estar entre 70% e 95% da pressão de ajuste estimada para a abertura da válvula. Mas por que isso? Porque estando dentro dessa faixa, a pressão de ajuste pode ser determinada antes que o processo realmente entre em operação, permitindo que o teste seja feito em condições mais estáveis de temperatura e pressão, garantindo assim, a estabilidade da caldeira ou vaso de pressão. (MATHIAS, 2008)

Caso a pressão de operação esteja fora da faixa, abaixo de 70% ou acima de 95%, pode ocorrer erro nos resultados e permitir a abertura antecipada da válvula, respectivamente. (MATHIAS, 2008).

Segue as vantagens de se realizar a calibração *online*:

- O teste *online* também pode ser utilizado para avaliar com antecipação as válvulas que realmente necessitam ser removidas do processo para manutenção, o que reduz o tempo de parada do equipamento que aguarda revisão e evita a perda de fluido, causada durante um teste de abertura real. (MATHIAS, 2008)

- O dispositivo utilizado para o teste *online* pode ser transportado até a planta do cliente evitando transtornos no transporte da válvula, ou seja, a calibração é *in loco*.

- Segundo a NR 13, é obrigatório o teste de calibração a cada 12 meses. Com o teste em bancada é necessário que o sistema de gás pare para a retirada da válvula a ser calibrada e substitua a mesma, pois não pode haver parada dependendo do processo. Já com o teste real é necessário que a caldeira fique fora de operação e com as saídas bloqueadas, também atrasando o processo. Com o teste *online* não há necessidade de parada nem de substituição de válvulas, diminuindo o custo e mantendo o ritmo do processo.

O teste *online* não deve ou não pode ser executado, segundo Mathias (2008):

- Caso o sistema de gás contenha algum gás tóxico ou fluido corrosivo sujeitos a contrapressão constante devido à necessidade de remoção do capuz da válvula durante o teste;
- O resultado do teste pode ser impreciso em válvula balanceadas com fole que atuem em baixas pressões, isso porque, a pressão de ajuste talvez fique próxima da constante elástica do fole;
- Em processos que o fluido tenha alto teor de sólidos em suspensão, gases inflamáveis ou viscosos;
- O teste pode ser impreciso quando a válvula apresentar vazamento excessivo entre o disco e o bocal;
- O dispositivo de teste pode não ser instalado quando a válvula não possuir haste com rosca exposta acima do parafuso da mola;
- Quando não houver espaço físico suficiente acima da válvula para instalação do dispositivo de teste;
- E principalmente, quando houver variações excessivas na pressão de operação.

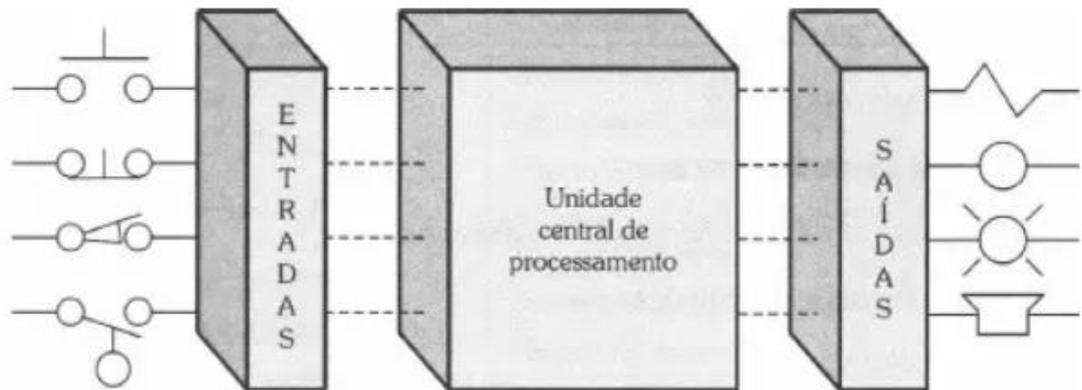
## 7.6 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMÁVEL (CLP)

“O Controlador Lógico Programável (CLP) é um equipamento eletrônico, digital, baseado em microprocessador que pode: controlar um processo ou uma máquina, ser programado e reprogramado rapidamente e memória para guardar um programa.” (RIBEIRO, 2007, p. 37)

O CLP é um dispositivo fácil de projetar e instalar e possui as principais vantagens: fácil diagnóstico durante o projeto; por ter tamanho reduzido há economia de espaço; não produz faísca, pode ser programado sem interromper o processo, tem um banco de armazenamento de programas; baixo consumo de energia; a equipe de manutenção é reduzida; tem flexibilidade para expansão do número de entradas e saídas e capacidade de comunicação com diversos outros equipamentos. (SILVA, 2007)

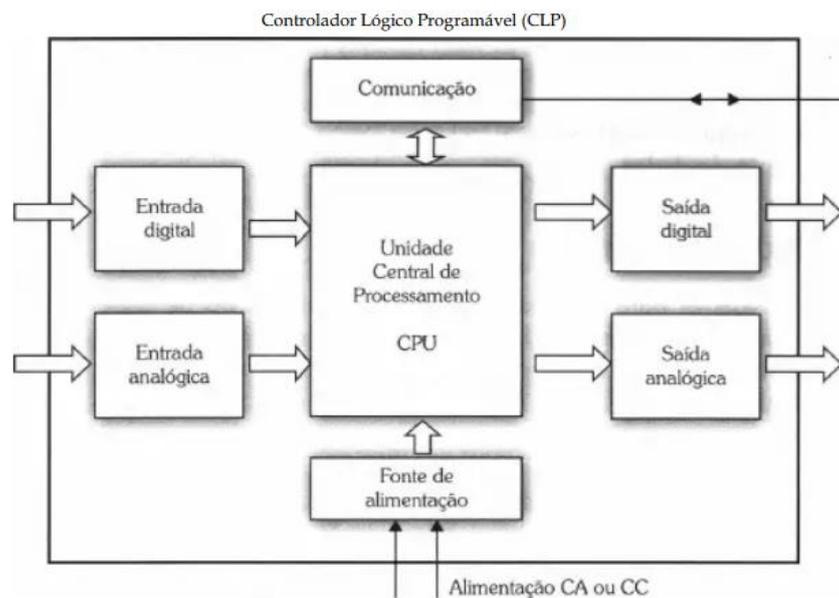
Segundo Franchi et al (2008), o CLP pode ser dividido em duas partes: unidade central de processamento e sistemas de interface de entrada e saída, ilustrado na figura 15. A unidade central de processamento comanda todas as atividades do CLP e é formada por: processador, sistemas de memória e fontes de alimentação.

Figura 15 – Diagrama de blocos de um CLP.



Fonte: FRANCHI et al, 2008.

Figura 16 – Diagrama de blocos do CLP, juntamente com a interface de comunicação e entrada/saída.



Fonte: FRANCHI et al, 2008.

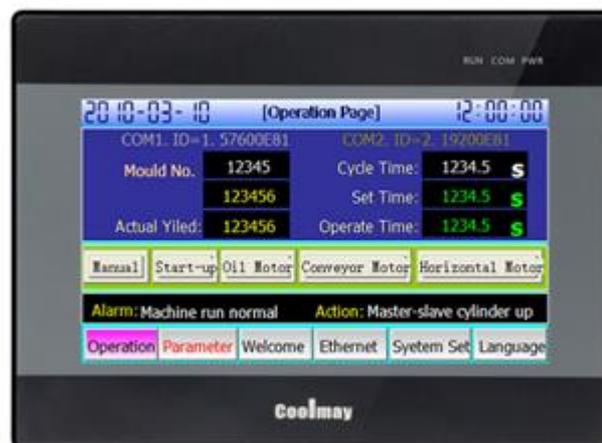
O CLP ainda pode ser dividido em cinco partes, segundo Franchi (2008):

- Fonte de alimentação: responsável por fornecer energia para alimentar o dispositivo e os módulos de entrada e saída;
- Entradas e saídas analógicas e/ou digitais: são módulos responsáveis pelo interfaceamento da CPU com o mundo exterior, adapta os níveis de tensão e corrente e realiza a conversão dos sinais no formato adequado. Cada entrada ou saída de sinal é denominada de ponto.

- Unidade central de processamento (CPU): é a unidade responsável pela execução do programa aplicativo e pelo gerenciamento do processo, recebendo os sinais digitais e analógicos dos sensores do campo conectados aos módulos de entrada, e recebendo os comandos via comunicação em rede. Em seguida, executa as operações lógicas, as operações aritméticas e avançadas e atualiza os cartões de saída;
- Unidade de comunicação: é através dele que são introduzidos os programas aplicativos no CLP e é possível monitorar todas as operações que estão sendo realizadas em um determinado instante e transferir dados de forma bidirecional com um sistema SCADA.

O CLP utilizado para este projeto é o Coolmay HMI-PLC MX2N-43HB-24, ideal para projetos de automação de pequeno e médio porte. Ele tem desempenho estável, é multifuncional e de simples manutenção.

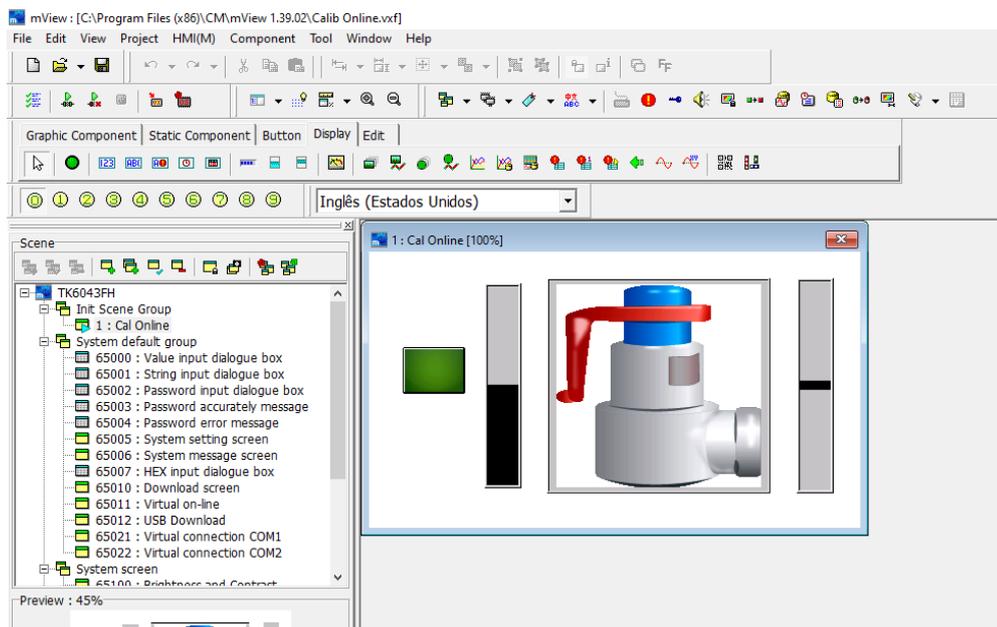
Figura 17 – Tela do CLP MX2N-43HB-24.



Fonte: <https://en.coolmay.com/Product-58.html>. Acesso em: 08/11/2021.

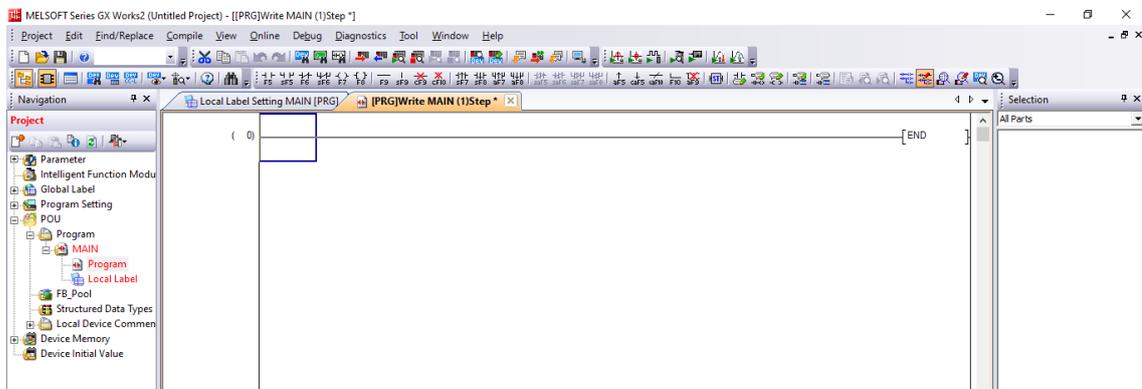
Os softwares utilizados pelo CLP são o MyView e GX Works2, que controlam o HMI e o PLC, respectivamente.

Figura 18 – Tela do software MyView.



Fonte: Autor (2021).

Figura 19 – Tela do software GX Works2.



Fonte: Autor (2021).

O GX Works2 utiliza linguagem ladder para programar o PLC.

O ladder é uma linguagem utilizada para programar CLPs, capaz de realizar o controle de sistemas industriais substituindo painéis com circuitos controladores e relés, ele não necessita de um conhecimento prévio em linguagem de programação de computadores, pois sua linguagem é gráfica, através de desenhos. É preciso, no entanto, conhecer os símbolos e a sequência lógica.

## 7.7 TRANSMISSOR DE PRESSÃO

Os transmissores de pressão são dispositivos eletrônicos que detectam o nível de pressão de gases e líquidos, transmitindo a informação via cabo para que possam ser interpretados dentro de um sistema eletrônico. Com o avanço da tecnologia, essas peças ficaram mais sofisticadas e o erro diminuiu.<sup>4</sup>

Figura 20 – Transmissor de pressão que será utilizado neste trabalho.



Fonte: Autor (2021).

Esse dispositivo funciona como uma saída eletrônica com baixo nível de ligação com um sensor de pressão. Sua principal função é traduzir os sinais de uma determinada superfície e enviá-los à distância para um determinado banco de dados para análise, sua transmissão pode ser feita por meios analógicos e digitais.<sup>4</sup>

## 7.8 CÉLULA DE CARGA

A célula de carga é um transdutor de força que converte a carga que atua sobre ele em uma saída elétrica mensurável, as mais utilizadas são as células baseadas em sensores de deformação e tensão são as mais usadas.<sup>5</sup>

---

<sup>4</sup> O que são Transmissores de Pressão, como funcionam, tipos e mais. KELLER, São Paulo. Disponível em <<https://www.kellerbr.com.br/blog/o-que-sao-transmissores-de-pressao-como-funcionam-tipos-e-mais>>. Acesso em: 28/06/2021.

<sup>5</sup> Célula de Carga. OMEGA, Campinas. Disponível em <<https://br.omega.com/prodinfo/celulas-de-carga.html>>. Acesso em: 28/06/2021.

Os designs das células de carga podem ser caracterizados pelo tipo do sinal de saída gerado (pneumático, hidráulico, elétrico) ou pela maneira como o peso é detectado (flexão, cisalhamento, compressão e outros).

A célula de carga com extensômetro ou sensor de deformação converte a carga que age sobre ela em sinais elétricos. O próprio sensor é colado em uma viga ou em um elemento estrutural que se deforma quando o peso é aplicado. Na maioria dos casos, quatro sensores de deformação e tensão são usados para obter máxima sensibilidade e compensação de temperatura, normalmente, dois dos sensores estão em tensão e dois em compressão, sendo conectados com os ajustes de compensação. Quando o peso é aplicado, a deformação mecânica altera a resistência elétrica dos medidores de forma proporcional à carga.<sup>5</sup>

Figura 21 – Célula de carga que será utilizada neste trabalho.



Fonte: Autor (2021).

## 7.9 BOMBA PNEUMÁTICA MANUAL

É um equipamento que é utilizado para gerar pressão para testes, ajuste e calibração de forma simplificada tanto em laboratório quanto em campo.<sup>6</sup>

“Apesar do tamanho compacto, a bomba pneumática manual permite geração de pressão de forma simples e precisa até 35 bar. [...] As máximas pressão e vácuo dependerão do

---

<sup>5</sup> Célula de Carga. OMEGA, Campinas. Disponível em <<https://br.omega.com/prodinfo/celulas-de-carga.html>>. Acesso em: 28/06/2021.

<sup>6</sup> Bomba pneumática manual. Wika, Piracicaba. Disponível em <[https://www.wika.com.br/cpp30\\_pt\\_br.WIKA](https://www.wika.com.br/cpp30_pt_br.WIKA)>. Acesso em: 02/12/2021.

instrumento conectado”<sup>7</sup> Na bomba manual é preciso força humana para fazer com que ela funcione.

Este dispositivo tem as seguintes vantagens: manejo ergonômico, ajuste fino na pressão, é compacta e leve.

Figura 22 – Bomba pneumática manual que será utilizada nesse trabalho.



Fonte: Autor (2021).

Foram vistos os principais tópicos para maior compreensão deste projeto, o tópico seguinte descreve como esse projeto pretende ser implementado.

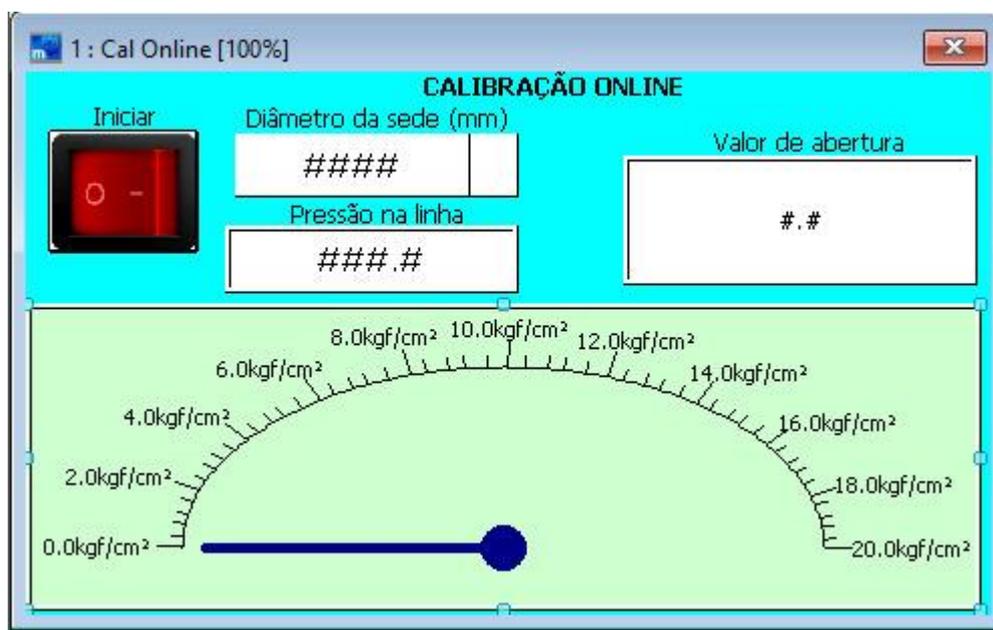
## 8 MATERIAIS E MÉTODOS

O CLP da Coolmay chegou no final de setembro, dando início à programação do CLP em outubro. O dispositivo utiliza dois softwares, MyView e GX Works2, para interface da HMI e programação do PLC.

### 8.1 SOFTWARE DO SISTEMA

O *software* utilizado para a interface do projeto é o MyView, esse é um *software* conjunto de interface homem-máquina que é compatível com diversos PLC's e controladores, é intuitivo e é possível criar gráficos, histogramas e botões facilmente.

Figura 23 – Tela do HMI após programação no MyView.



Fonte: Autor (2021).

Na tela do HMI é possível encontrar o botão iniciar no canto superior esquerdo, onde o operador irá pressionar para iniciar a calibração. Será imputado o valor de diâmetro da sede, valor este que deverá ser conhecido para iniciar a calibração. Após pressionar o botão iniciar e imputar o diâmetro da sede, a haste do cilindro fará uma força contrária à da válvula e a mesma irá abrir, o programa mostrará a pressão da linha no momento do teste e a pressão final de abertura. O gráfico mostrará a pressão até atingir o pico, que será a pressão de abertura.

O *software* utilizado para construir a sequência lógica foi o GX Works2 e a linguagem utilizada foi o ladder. A sequência lógica inicia com o cálculo de pressão de linha ( $p$ ), ela foi armazenada na memória D0 com sinal de entrada pela porta D8030, mas para que o CLP possa ler esse valor de entrada foi necessário fazer operações matemáticas para transformar o sinal de 4 a 20 mA em força  $kgf/cm^2$ , no intervalo de 0 a 30  $kgf/cm^2$ . Portanto o valor final da pressão de linha ( $p$ ) se encontra em D10.

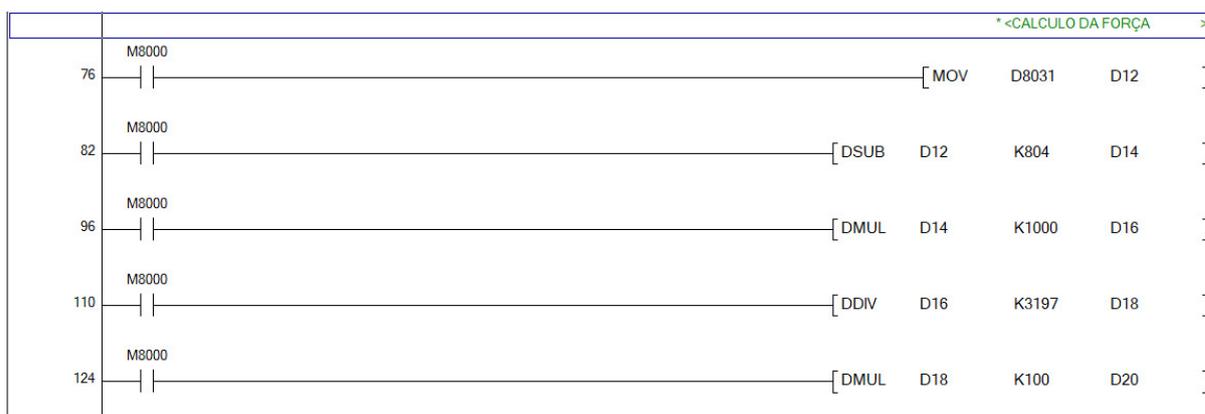
Figura 24 – Programação em Ladder do cálculo de pressão.



Fonte: Autor (2021).

Posteriormente, o programa segue para o cálculo de força externa aplicada à válvula ( $F_S$ ), esse valor foi armazenado em D12 com sinal de entrada pela porta D8031, e para que o CLP possa ler esse valor, foi necessário utilizar um conversor de sinal pois, a célula de carga gera um sinal em  $mV$  e a porta D8031 faz leituras de 4 a 20  $mA$ .

Figura 25 – Programação em Ladder do cálculo da força.



Fonte: Autor (2021).

Posteriormente, o programa segue para o cálculo da área da sede. A memória D50 é o valor do diâmetro da sede da válvula que será imputado pelo usuário na tela do CLP, cujo valor estará em centímetros. A fórmula utilizada para o cálculo da sede é  $S = \pi r^2$ , então o cálculo se inicia com a divisão do diâmetro para que se encontre o raio, depois o raio multiplicado por ele mesmo e pelo valor de  $\pi$ , encontrando assim o valor da área.

Em seguida, o valor  $P_1$  é encontrado dividindo a força calculada pela área da sede, valor esse armazenado em D36.

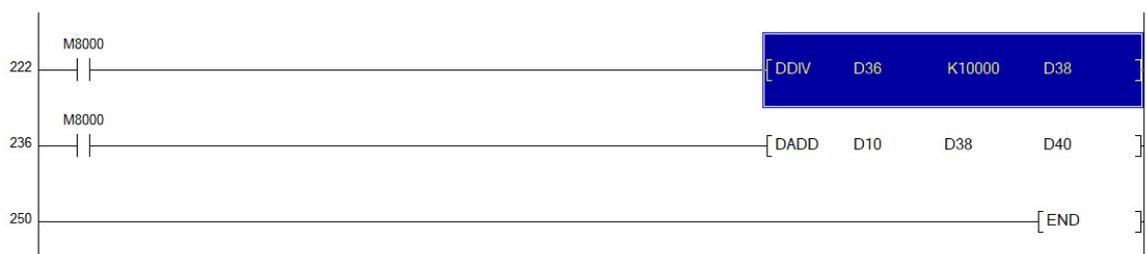
Figura 26 – Programação em Ladder da área da sede.



Fonte: Autor (2021).

O programa termina com o cálculo de pressão de abertura,  $P_s = p + P_1$ , valor esse armazenado em D40.

Figura 27 – Programação em Ladder do cálculo de pressão de abertura.



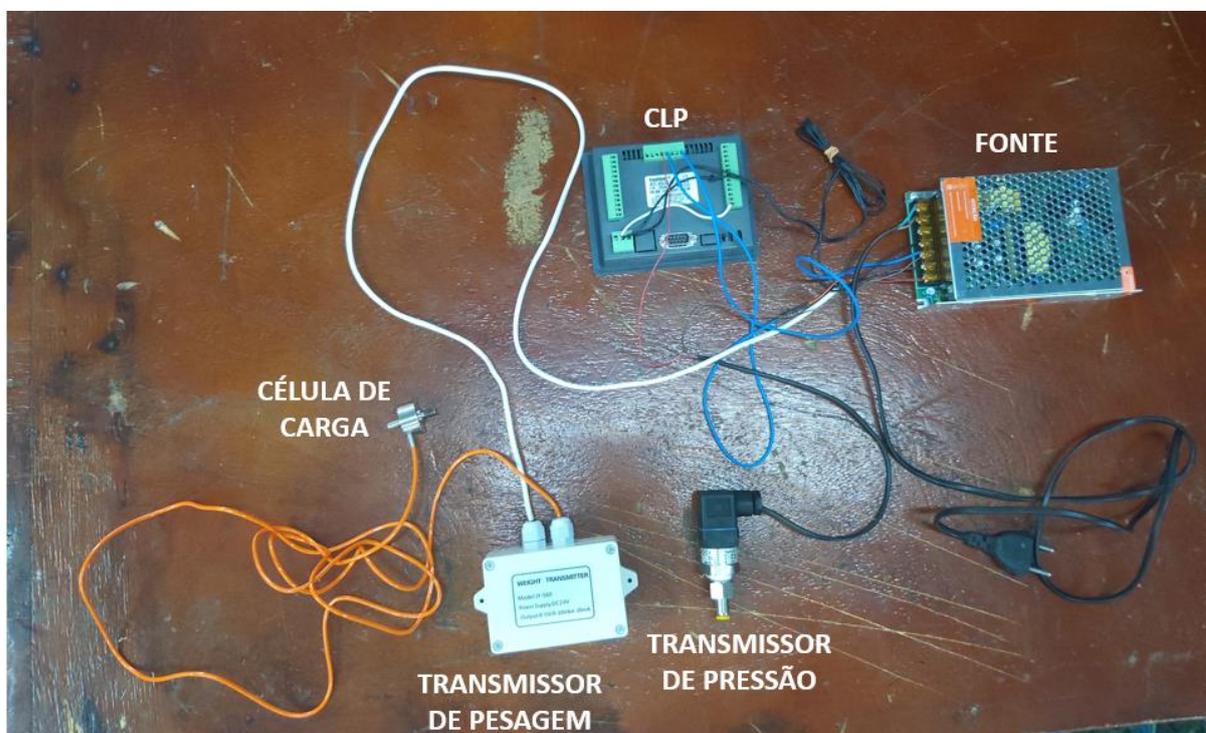
Fonte: Autor (2021).

## 8.2 HARDWARE DO SISTEMA

O passo seguinte foi a construção da parte física do projeto que ficará acoplada à válvula. O CLP foi conectado à célula de carga através de um transmissor de pesagem e ao

transmissor de pressão. Todos os dispositivos serão acoplados em uma maleta ao término da montagem.

Figura 28 – Materiais acoplados no CLP.



Fonte: Autor (2021).

Em seguida a válvula que foi utilizada para os testes foi obtida. A mesma passou por manutenção, limpeza e pintura.

Figura 29 – Válvula obtida para testes.



Fonte: Autor (2021).

Figura 30 – Condição da válvula obtida para testes.



Fonte: Autor (2021).

Figura 31 – Interior da válvula.



Fonte: Autor (2021).

Figura 32 – Válvula desmontada para realização da limpeza de todos os seus componentes.



Fonte: Autor (2021).

Figura 33 – Válvula montada após limpeza e pintura.



Fonte: Autor (2021).

Um cilindro de ação simples foi acoplado na célula de carga. O cilindro será acionado pela bomba manual fazendo com que uma força seja exercida contrária a mola que está sobre o disco de vedação da válvula.

Figura 34 – Verificação de posição do atuador pneumático de ação simples acoplado à célula de carga com a válvula.



Fonte: Autor (2021).

O passo seguinte foi confeccionar um suporte para acoplar a válvula e o cilindro de forma que fosse possível visualizar seu interior e fazer o acoplamento.

Figura 35 – Conjunto do atuador com célula de carga acoplado à válvula.



Fonte: Autor (2021).

Figura 36 – Detalhe do conjunto do atuador com a célula de carga acoplado à válvula.



Fonte: Autor (2021).

Com o projeto montado foi possível iniciar os testes.

## 9 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Primeiramente foi efetuada a calibração *offline*, ela foi realizada em bancada de teste para verificar a pressão de abertura e para que os últimos resquícios de lama e sujeiras saíssem do canal interno da válvula.

A válvula é acoplada à bancada de teste que é ligada ao cilindro de oxigênio, o ar utilizado para os testes. Na bancada é possível verificar que há 4 alavancas para abertura, compressão e ajuste de pressão, no canto direito inferior está o indicador de pressão de abertura digital e no canto superior direito está o manômetro como indicador de pressão.

O resultado da pressão de abertura por meio da calibração *offline* está evidenciado na Tabela 1. O certificado gerado como estabelece a NR13, encontra-se no Anexo A.

Tabela 1 – Resultados da Calibração

	<b>Valor de abertura</b>	<b>Valor médio das medições</b>	<b>Incerteza da medição</b>	<b>Fator de abrangência K</b>
<b>Início de abertura</b>	10,40	10,40	0,01	2,0
<b>Abertura total</b>	12,20	12,20	0,01	2,0
<b>Estanqueamento</b>	10,20	10,20	0,01	2,0

Fonte: Anexo A (2021)

Figura 37 – Detalhe da bancada de teste.



Fonte: Autor (2021).

Figura 38 – Calibração *offline* sendo realizada.



Fonte: Autor (2021).

Em seguida a calibração *online* foi efetuada. Para simular um processo de gás, a válvula foi acoplada a bancada de testes e o gás utilizado para o teste também foi o oxigênio. A maleta com o CLP foi colocada ao lado da bancada, o usuário imputou o valor do diâmetro da sede e a calibração foi iniciada.

O cilindro de oxigênio foi aberto para simular a pressão a linha e com a pressão exercida no atuador pela bomba manual, uma força contrária a pressão da linha foi exercida na haste, fazendo com que o disco da válvula se deslocasse e assim a pressão de abertura foi encontrada.

Figura 39 – Dispositivo de calibração *online* acoplado a válvula.



Fonte: Autor (2021).

Figura 40 – Detalhe da tela do CLP antes do operador imputar o valor de diâmetro da sede.



Fonte: Autor (2021).

O resultado da pressão de abertura por meio da calibração *online* está evidenciado na Tabela 2. O certificado gerado como estabelece a NR13, encontra-se no Anexo B.

Tabela 2 – Resultados da Calibração

	<b>Valor de abertura</b>	<b>Valor médio das medições</b>	<b>Incerteza da medição</b>	<b>Fator de abrangência K</b>
<b>Início de abertura</b>	11,20	11,20	0,01	2,0

<b>Abertura total</b>	12,40	12,20	0,01	2,0
<b>Estanqueamento</b>	11,20	11,20	0,01	2,0

Fonte 1: Anexo B (2021)

## 10 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este projeto teve como principal objetivo o desenvolvimento de um sistema capaz de efetuar a calibração *online* de válvulas sem que elas fossem retiradas do processo, diminuindo o custo da empresa com válvula adicional.

Durante o desenvolvimento do projeto diversos testes foram realizados no programa do CLP e no dispositivo que acoplava a célula de carga à haste da válvula, porém erros não puderam ser evitados devido à função de leitura do CLP escolhido para o projeto ser limitada somente a número inteiros, hexadecimais e binário, fazendo com que casas após a vírgula não pudessem ser lidas e os valores de resultado terem ultrapassado, um pouco, o valor de abertura da válvula. Isso se refletiu em todas as fórmulas, onde teve que ser feito operações de multiplicações por mil ou dez mil e posteriormente voltar ao valor original fazendo as devidas divisões para que se encontrasse o valor originalmente previsto.

O som de abertura da válvula na calibração *online* é levemente mais suave do que na calibração *offline* fazendo com que o operador que realizar o teste fique mais atento, pois o som ainda é considerado para que o operador pare de bombear ar para o atuador acoplado na válvula. O sistema não é automático, ou seja, o ar exercido no atuador somente irá parar com a percepção do som de abertura pelo operador.

Uma fonte de interferência encontrada durante os testes foi a proximidade do transmissor de pressão à saída de gás, fazendo com que a pressão da linha ficasse com o valor de casas decimais acima do que o evidenciado no indicador de pressão na bancada.

### 10.1 TRABALHOS FUTUROS

Pontos destacados que podem ser levados em consideração para trabalhos futuros baseados na temática desenvolvida nesta pesquisa:

- Utilizar um CLP que possa ler números reais para que a precisão de medição seja mais acurada;
- Colocar o transmissor de pressão mais distante da saída de ar do compressor;
- Acoplar os materiais do calibrador online em uma maleta para que não se mexa nos cabos acoplados no CLP e demais dispositivos;
- Possibilitar a inclusão no HMI de pressão da linha para quando não houver a possibilidade de instalar o sensor de pressão.

## 11 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DING Wuji; DING Zhenyu; SHUIPING Sheng; BAO Shiyi; XIONG Weidong; CHEN Haiyun; XING Lu. *Safety valve performance testing and safety valve online calibrator calibrating device*. 2016.

EFFGEM, José Dimas. UTILIZAÇÃO DE VÁLVULAS DE SEGURANÇA E ALÍVIO EM COMPRESSORES, VASOS E CALDEIRAS, 2020.

Disponível em: <[http://www.creaes.org.br/img/Palestra\\_Valvulas\\_Seguranca\\_Alivio.pdf](http://www.creaes.org.br/img/Palestra_Valvulas_Seguranca_Alivio.pdf)>

Acesso em: 21/06/2021.

FRANCHI, Moro Claiton; CAMARGO, Valter Luís Arlindo de. Controladores Lógicos Programáveis, Sistemas Discretos. 1º edição, São Paulo. Editora: Érica Ltda, 2008

HAIQING, Zhu; AITAO, Wang; MAOLI, Zhang. Feasibility study of on-line check valve displacement method for safety valve. *Modern Manufacturing Engineering*, v. 451, n. 4, p. 130, 2018. Disponível em:

<http://www.mme-journal.org/EN/article/downloadArticleFile.do?attachType=PDF&id=374>.

Acesso em: 15/06/2021.

LIU, Su-yan; PAN, Jun; WANG, Zhong-wen. Successful Application of Online Calibration Instrument for Safety Valves in Methanol Unit [J]. *Liaoning Chemical Industry*, v. 11, 2011.

Disponível em:

<https://oversea.cnki.net/KCMS/detail/detail.aspx?dbcode=CJFD&dbname=CJFD2011&filename=LNHG201111037&v=HNR09%25mmd2BTSYKKKypguesCjcLCWtgOMrHC1z%25md2FZ7HpGfjt1HVdSwTU7EtDWc1cRHS0zz>. Acesso em: 15/06/2021.

MATHIAS, Artur Cardozo. Válvulas, Industriais, Seleção, Dimensionamento. 1º edição, São Paulo. Editora: Artliber Ltda, 2008.

MATHIAS, Artur Cardozo. Manutenção, Inspeção e Calibração de válvulas de segurança. 2019. Disponível em: <https://www.docsity.com/pt/apostila-valvulas-de-seguranca-e-alivio/4890972/>. Acesso em: 03/06/2021.

MORGAN, Jhonatan Warmling. Procedimento de Manutenção de Válvulas de Segurança e Alívio para Caldeiras. 2018.

NR13 – Norma Regulamentadora do Trabalho 13: Caldeiras e Vasos de Pressão.

RIBEIRO, Marco Antônio. Controle de processos, Teoria e aplicações. 7º edição, Salvador. Editora: Tek, 2001.

RIBEIRO, Marco Antônio. Medição de Petróleo e Gás Natural. 2º edição, Salvador. Editora: Tek, 2001.

RIBEIRO, Marco Antônio. Válvulas de Controle e Segurança. 5º edição, Salvador. Editora: Tek, 2003.

RIBEIRO, Marco Antônio. Instrumentação. 13º edição, Salvador. Editora: Tek, 2007.

SILVA, Marcelo Eurípedes da. Controladores Lógico Programáveis – LADDER. 2007. Disponível em: <https://docplayer.com.br/8153965-Controladores-logico-programaveis-ladder.html>. Acesso em: 28/06/2021.

SILVA, Kleiton Nunes. Desenvolvimento da válvula de controle de vazão para motor de foguete híbrido. 2019.

VIM: Vocabulário Internacional de Metrologia – Conceitos fundamentais gerais e termos associados (2012).

WANG, Aitao; ZHU, Haiqing. Online Calibration System of Safety Valve. Light Industry Machinery, p. 05, 2016. Disponível em: [https://en.cnki.com.cn/Article\\_en/CJFDTotal-QGJX201605012.htm](https://en.cnki.com.cn/Article_en/CJFDTotal-QGJX201605012.htm). Acesso em: 25/05/2021.

Yan Zhipeng, Li Qing, Jin Muda, Xia Xinhua, Zhong Haijian. Desenvolvimento de verificação on-line da válvula de segurança do tanque e dispositivo de exaustão de gás. Boletim de Ciência e Tecnologia, 2019, 35 (11): 103-108.

Disponível em:

<https://oversea.cnki.net/KCMS/detail/detail.aspx?dbcode=CJFD&dbname=CJFDLAST2019&filename=KJTB201911020&v=oJHVh9Z0PSUwOKqUiAK8vnJkf%25mmd2BFAZ%25mmd2FoMn2LtqESL7t3cDRf%25mmd2B61IlvS%25mmd2FBPP66%25mmd2BISA>. Acesso em: 15/06/2021.

## ANEXO A – CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO OFFLINE



Válvula de Segurança - Cal convencional



1/1

CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO Nº		12008-21			
<b>1.0 - LABORATÓRIO RESPONSÁVEL:</b>					
Exata Calibração de Instrumentos de Medidas Técnica LTDA ME Travessa Manaira, 1 - Zumbi dos Palmares II					
<b>2.0 - IDENTIFICAÇÃO DO CLIENTE</b>					
Cliente: <u>Giuliana Victoria Rocha Bezerra</u>					
Interessado: <u>Giuliana Victoria Rocha Bezerra</u>					
Endereço: <u>Travessa Manaira, 01 Zumbi dos Palmares 2</u>					
<b>3.0 - IDENTIFICAÇÃO DO INSTRUMENTO A SER CALIBRADO</b>					
Denominação:	<u>Válvula</u>	Pressão de ajuste:	<u>13,00</u> kgf/cm <sup>2</sup>		
Fabricante:	<u>B &amp; R</u>	Identificação:	<u>W10170</u>		
Número de série:	<u>W10170</u>	Método utilizado:	<u>Em bancada</u>		
Modelo:	<u>pol 2</u>				
<b>4.0 - PROCEDIMENTO(S) DE CALIBRAÇÃO E MÉTODO(S) UTILIZADO</b>					
Procedimento (s): <u>PC 5.4 - 72</u>					
<b>5.0 - CONDIÇÕES AMBIENTAIS</b>					
Data da Calibração:	<u>08/12/2021</u>	Local de Calibração:	<u>Laboratório</u>		
Emissão do Certificado:	<u>08/12/2021</u>	Temperatura do Ar:	<u>25,00°C</u>		
Próxima Calibração:	<u>Determinado pelo cliente.</u>	Umidade Relativa do Ar:	<u>55%</u>		
<b>6.0 - RESULTADOS DA CALIBRAÇÃO</b>					
	Valor de Abertura	Valor Médio da Medições	Incerteza de medição	Fator de abrangência K	
Início de abertura	10,40	10,40	0,01	2,0	
Abertura total	12,20	12,20	0,01	2,0	
Estanqueamento	10,20	10,20	0,01	2,0	
<b>7.0 - OBSERVAÇÕES:</b>					
1- Realizado apenas calibração do instrumento em questão.					
2- A incerteza declarada foi fundamentada conforme o procedimento interno Exata Calibração (baseado na norma EA-04/02) para o nível de confiança de aproximadamente 95%					
3- Os resultados apresentados neste certificado tem significação restrita e se aplicam somente ao instrumento em questão, na data da calibração, não sendo extensiva a quaisquer lotes. A utilização dos mesmos para fins promocionais depende de previa autorização formal da Exata Calibração, sua reprodução somente poderá ser feita na íntegra, sem nenhuma alteração.					
<b>8.0 - PADRÃO(ões) UTILIZADO(S)</b>					
Padrão:	Identificação:	Certificado:	Calibração:	Vencimento:	Rastreabilidade:
<u>Transmissor de Pressão(0~16bar)</u>	<u>EC 024</u>	<u>11427/2021</u>	<u>jul-21</u>	<u>jul-25</u>	<u>Zurich/Rastreável</u>
<b>quarta-feira, 8 de dezembro de 2021</b>					
<b>PAULO MOREIRA ANTUNES</b> JUNIOR:268 19073810		<small>Assinado de forma digital por            PAULO MOREIRA ANTUNES            JUNIOR:26819073810            DN: c=BR, o=K.P. Brasil, ou=AC            SOLUTI Multiplav.S,            ou=29108091000165,            ou=Prevenical, ou=Certificado            PF A3, cn=PAULO MOREIRA            ANTUNES            JUNIOR:26819073810            Dados: 2021.12.08 15:18:10            +0400'</small>			
Paulo Moreira Resp. Técnico CFT: 10938		R-Lab 25 Rev. 01			

## ANEXO B – CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO ONLINE



Válvula de Segurança - Cal on\_line



1/1

CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO Nº		12008-21			
<b>1.0 - LABORATÓRIO RESPONSÁVEL:</b>					
Exata Calibração de Instrumentos de Medidas Técnica LTDA ME Travessa Manaira, 1 - Zumbi dos Palmares II					
<b>2.0 - IDENTIFICAÇÃO DO CLIENTE</b>					
Cliente: <u>Guiliana Victoria Rocha Bezerra</u>					
Interessado: <u>Guiliana Victoria Rocha Bezerra</u>					
Endereço: <u>Travessa Manaira, 01 Zumbi dos Palmares 2</u>					
<b>3.0 - IDENTIFICAÇÃO DO INSTRUMENTO A SER CALIBRADO</b>					
Denominação: <u>Válvula</u>	Pressão de ajuste: <u>13,00</u>	<u>kgf/cm<sup>2</sup></u>			
Fabricante: <u>B &amp; R</u>	Identificação: <u>W10170</u>				
Número de série: <u>W10170</u>	Método utilizado: <u>On-line</u>				
Modelo: <u>pol 2</u>					
<b>4.0 - PROCEDIMENTO(S) DE CALIBRAÇÃO E MÉTODO(S) UTILIZADO</b>					
Procedimento (s): <u>PC 5.4 - 72</u>					
<b>5.0 - CONDIÇÕES AMBIENTAIS</b>					
Data da Calibração: <u>08/12/2021</u>	Local de Calibração: <u>Laboratório</u>				
Emissão do Certificado: <u>08/12/2021</u>	Temperatura do Ar: <u>25,00°C</u>				
Próxima Calibração: <u>Determinado pelo cliente.</u>	Umidade Relativa do Ar: <u>55%</u>				
<b>6.0 - RESULTADOS DA CALIBRAÇÃO</b>					
	Valor de Abertura	Valor Médio da Medições	Incerteza de medição	Fator de abrangência K	
Início de abertura	11,20	11,20	0,02	2,0	
Abertura total	12,40	12,40	0,02	2,0	
Estanqueamento	11,20	11,20	0,02	2,0	
<b>7.0 - OBSERVAÇÕES:</b>					
Calibração efetuada de forma On-line, sem a necessidade de retirada do equipamento e parada de linha					
<b>8.0 - PADRÃO(ões) UTILIZADO(S)</b>					
Padrão:	Identificação:	Certificado:	Calibração:	Vencimento:	Rastreabilidade:
Transmissor de Pressão(0-16bar)	EC 024	11427/2021	jul-21	jul-25	Zurich/Rastreável
Célula de Carga (1.000Kgf)	EC 011	009458-20	jul-20	jul-24	Presertec/RBC
<b>quarta-feira, 8 de dezembro de 2021</b>					
<b>PAULO MOREIRA ANTUNES JUNIOR:26 819073810</b> <small>Assinado de forma digital por PAULO MOREIRA ANTUNES JUNIOR:2619073810 DN: c=BR, o=CP, ou=AC, ou=SOLUTIAINSTRUM, ou=29108091000165, ou=INSTRUMENTOS, ou=Certificado PF A1, cn=PAULO MOREIRA ANTUNES JUNIOR:2619073810, Data: 2021.12.08 15:19:42 -0400</small>		Paulo Moreira Resp. Técnico CFT: 10938		R-Lab 25 Rev. 01	