

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE MECÂNICA
BACHARELADO EM ENGENHARIA MECÂNICA

RODRIGO VAZ MAINARDES

**ANÁLISE E ALTERAÇÃO DE SISTEMA DE ATUADORES
PNEUMÁTICOS EM INJEÇÃO DE ADITIVOS E MARCADORES DE
COMBUSTÍVEIS**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

PONTA GROSSA

2019

RODRIGO VAZ MAINARDES

**ANÁLISE E ALTERAÇÃO DE SISTEMA DE ATUADORES
PNEUMÁTICOS EM INJEÇÃO DE ADITIVOS E MARCADORES DE
COMBUSTÍVEIS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica, do Departamento de Mecânica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Gilberto Zammar – UTFPR – PG

PONTA GROSSA

2019



TERMO DE APROVAÇÃO

ANÁLISE E ALTERAÇÃO DE SISTEMA DE ATUADORES PNEUMÁTICOS EM INJEÇÃO DE ADITIVOS E MARCADORES DE COMBUSTÍVEIS

por

RODRIGO VAZ MAINARDES

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado em 28 de novembro de 2019 como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Dr. Gilberto Zammar
Orientador

Prof. Me. Fábio Edenei Mainginski
Membro Titular

Prof. Me. Tárik Linhares Tebchirani
Membro Titular

Prof. Dr. Marcos Eduardo Soares
Responsável pelos TCC

**Prof. Dr. Marcelo Vasconcelos de
Carvalho**
Coordenador do Curso

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, Silmara Aparecida Vaz Mainardes e Francismar Mainardes, que foram meus incentivadores e apoiadores em toda minha vida. Agradeço pelo amor, paciência, suporte e educação.

Agradeço ao meu orientador Gilberto Zammar pelo incentivo, por todas as instruções e suporte acadêmico.

Agradeço a todos os familiares, amigos, professores e colegas que influenciaram direta ou indiretamente a realização deste trabalho e que me ajudaram na vida acadêmica, profissional e pessoal.

RESUMO

MAINARDES, Rodrigo Vaz. **Análise e alteração de sistema de atuadores pneumáticos em injeção de aditivos e marcadores de combustíveis**. 2019. 74 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Mecânica) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2019.

No presente trabalho, foi realizada a análise e alteração de um sistema de atuadores pneumáticos para injeção de aditivos e marcadores de combustíveis. Durante a análise, foram identificados através de Diagrama de Pareto e gráficos os principais problemas que ocorrem na injeção de aditivos com o sistema instalado anteriormente, sendo que esse sistema apresentava várias falhas durante o carregamento de auto-tanque. O foco principal é na redução da “Falha no Aditivador”, que são problemas que ocorrem durante o procedimento de carregamento de auto-tanques que necessitam a injeção desses produtos secundários. Utilizando um sistema com atuadores pneumáticos foram realizadas as alterações do sistema de injeção, verificando-se a partir de relatórios e histórico de falhas gerados pelo computador de controle. O novo sistema proporcionou reduções significativas de falhas e problemas, melhorias na segurança operacional, automatização e otimização do sistema de carregamento de combustíveis.

Palavras-chave: Atuadores pneumáticos. Injeção de aditivos e marcadores. Falhas de carregamento; Diagrama de Pareto.

ABSTRACT

MAINARDES, Rodrigo Vaz. **Analysis and modification of pneumatic actuator system for injection of fuel additives and markers.** 2019. 74 p. Final Coursework (Bachelor's Degree in Mechanical Engineering) – Federal University of Technology - Paraná. Ponta Grossa, 2019.

In the present work, the analysis and modification of a pneumatic actuator system for injection of additives and fuel markers was performed. In this analysis, we identified the main problems that occur in the injection of additives with the previously installed system, and this system had several failures during loading of tank. The main focus is on reducing “Additive Failure”, which are problems that occur during the loading procedure of tankers that require injection of these by-products. Using a system with pneumatic actuators were made changes of the injection system, checking from reports and history of faults generated by the control computer, the new system provided significant reductions of faults and problems, improvements in operational safety, automation and optimization of the fuel loading system.

Keywords: Pneumatic actuators. Injection of additives and markers. Loading Failures; Pareto Diagram.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Desenho de sistema pneumático com símbolos.....	18
Figura 2- Quadro geral de compressores.....	19
Figura 3 - Central de tratamento e armazenamento do ar comprimido.....	21
Figura 4 - Rede de distribuição pneumática com equipamentos.....	23
Figura 5 - Diagrama sistema eletropneumático automatizado.....	26
Figura 6 - Carregamento tipo <i>bottom loading</i>	33
Figura 7 - Carregamento tipo <i>top loading</i>	34
Figura 8 - Configurações de entradas e saídas Danload 6000.....	36
Figura 9 - Válvula tipo solenoide.....	38
Figura 10 - Diagrama de Ishikawa – Causa e Efeito da “Falha do aditivador”.....	44
Figura 11 - Circuito em repouso.....	47
Figura 12 - Circuito em funcionamento.....	48
Figura 13 - Projeto em CAD.....	49
Figura 14 - Fluxograma do ar.....	51
Figura 15 - Diagrama válvula NF.....	53
Figura 16 - Montagem do projeto.....	57
Figura 17 - Características do atuador pneumático.....	61
Figura 18 - Modo de abertura e fechamento ideal para instalação.....	62

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Vendas internas gasolina 2016 - 2017	31
Gráfico 2 - Vendas internas Diesel 2016 - 2017	31
Gráfico 3 - Gráfico de Pareto com as falhas de carregamento antes da alteração.....	44
Gráfico 4 - Falhas de Aditivador por baias de carregamento	45
Gráfico 5 - Gráfico de Pareto com as falhas de carregamento novo projeto.....	63
Gráfico 6 - Redução da quantidade de falhas	64
Gráfico 7 - Falhas de aditivador por baias de carregamento novo projeto.....	65
Gráfico 8 - Redução de falhas baias de carregamento antes e depois do novo projeto.....	66
Tabela 1 - Pressão de alimentação atuador.....	60
Tabela 2 - Tempo de operação	61
Tabela 3 - Tabela de pesos atuadores	62
Tabela 4 - Consumo de ar dos atuadores	63

LISTA DE FOTOGRAFIAS

Fotografia 1 - Modelo de vedação utilizada e desgaste.....	39
Fotografia 2 - Instalação do sistema utilizado anteriormente.....	41
Fotografia 3 - Válvula solenoide desmontada: (a) núcleo móvel; (b) mola e vedação utilizada; (c) reparo da válvula solenoide	41
Fotografia 4 - Válvula solenoide montada	42
Fotografia 5 - Compressores da instalação.....	50
Fotografia 6 - Reservatório de ar comprimido	52
Fotografia 7 - Filtro utilizado no projeto	53
Fotografia 8 - Válvula solenoide utilizada no projeto	54
Fotografia 9 - Instalação dos equipamentos novo projeto.....	58
Fotografia 10 - Posicionamento dos equipamentos.....	58
Fotografia 11 - Posicionamento válvula solenoide.....	59

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
1.1 MOTIVAÇÃO	13
1.2 OBJETIVOS	14
1.3 JUSTIFICATIVA	14
2. REVISÃO DA LITERATURA	15
2.1 AR COMPRIMIDO	15
2.2 PNEUMÁTICA	16
2.3 SISTEMA PNEUMÁTICO	17
2.3.1 PRODUÇÃO E TRATAMENTO DO AR COMPRIMIDO	18
2.3.2 DISTRIBUIÇÃO DO AR COMPRIMIDO	21
2.3.3 UTILIZAÇÃO DO AR COMPRIMIDO	24
2.3.3.1 ATUADORES	24
2.3.3.2 VÁLVULAS PNEUMÁTICAS	25
2.4 SISTEMA ELETROPNEUMÁTICO	26
2.4.1 VÁLVULAS ELETROPNEUMÁTICAS	27
2.5 COMBUSTÍVEL	28
2.6 SOLVENTES	29
2.6.1 ADITIVOS	29
2.6.2 MARCADORES	29
2.7 AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO (ANP)	30
2.8 TERMINAL DE DISTRIBUIÇÃO DE COMBUSTÍVEL	32
2.8.1 PLATAFORMA DE CARREGAMENTO	33
2.8.2 COMPUTADOR DE CONTROLE	35

3. METODOLOGIA.....	37
3.1 MÉTODO DE ADITIVAÇÃO ANTERIOR	37
3.2 SISTEMA UTILIZADO ANTERIORMENTE.....	38
3.3 ANÁLISE DE FALHAS	42
3.4 HISTÓRICO DE FALHAS ANTES DA MUDANÇA.....	45
3.5 DESENVOLVIMENTO DO NOVO PROJETO	46
3.6 COMPONENTES UTILIZADOS.....	49
3.7 CALIBRAÇÃO E MANUTENÇÃO DO SISTEMA DE ADITIVAÇÃO	54
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	56
4.1 MUDANÇAS E VANTAGENS DO NOVO SISTEMA.....	56
4.2 ATUADOR UTILIZADO	60
4.3 HISTÓRICO DE FALHAS DEPOIS DA MUDANÇA	63
5. CONCLUSÃO.....	67
REFERÊNCIAS.....	68
ANEXO A.....	71
ANEXO B.....	72
ANEXO C.....	73
ANEXO D.....	74

1. INTRODUÇÃO

A pneumática é a tecnologia que utiliza o ar como fonte de energia. O ar é armazenado em reservatórios e comprimido em compressores que geram uma alta pressão que irá transformá-lo em ar comprimido. Esse ar comprimido irá transmitir energia pneumática que será transformada em trabalho ou energia mecânica sendo utilizada em diversos tipos de equipamentos pneumáticos (FIALHO, 2011).

Na indústria a pneumática é indispensável, sendo responsável por automatizar, otimizar e operar em funções técnicas em linhas de montagem, funcionamento máquinas, movimentação e transporte de materiais. O motivo principal são suas inúmeras vantagens de sua aplicação e utilização, além da vasta quantidades e diferenças de equipamentos. Em indústrias de petróleo e combustíveis a principal vantagem da utilização de sistemas pneumáticos é que podem trabalhar em ambientes com atmosfera explosiva pois não geram centelha (PRUDENTE, 2013), no caso esse é o ambiente utilizado no presente estudo.

O petróleo é um dos recursos mais utilizados e importantes na atualidade devido a sua capacidade energética. Sua utilização está presente em diversas finalidades, e seu uso é predominante como combustível no setor de transportes. Os combustíveis derivados do petróleo são utilizados desde o desenvolvimento da segunda revolução industrial, sendo um passo fundamental para a evolução da indústria automobilística e conseqüentemente do setor de transporte. A produção de combustível no mundo apresentou crescimento no ano de 2017, conforme dados da ANP (Agência Nacional de Petróleo), houve aumento de 0,7% em relação a 2016, registrando cerca de 92,6 milhões de barris por dia. O Brasil também registrou aumento, 4,8% na produção cerca de 2,7 milhões de barris por dia, sendo o décimo maior produtor mundial. Com toda a produção aumentando o consumo também apresentou aumento, aproximadamente 1,8% (98,2 milhões de barris por dia), sendo o Brasil o sétimo lugar no ranking mundial de países consumidores de combustíveis e derivados do petróleo (ANP, 2017).

A alta demanda e evolução da indústria vêm agregando investimentos em tecnologias e equipamentos que são fundamentais para otimizar a produção, e tornar o processo e produção mais confiável nesse setor com grande impacto na indústria brasileira (OLIVEIRA, 2009). Investimento para expansão e infraestrutura do setor são diariamente avaliadas, sendo que estudos analisam as

condições de produção e constantemente ampliadas e desenvolvidas condições de mercado que sejam justas de valor e qualidade, e estejam alinhadas com as perspectivas de futuro da indústria. Uma das tecnologias presentes e largamente utilizadas no carregamento de auto tanques é o ar comprimido na aplicação de abertura e fechamento de válvulas, máquinas e equipamentos pneumáticos. As novas tecnologias e desenvolvimento de estudos e projetos da área da pneumática poderão garantir maior confiabilidade, segurança e eficiência no carregamento.

A proposta deste trabalho é analisar a alteração de sistema de válvulas solenoides para atuadores pneumáticos de injeção de aditivo e marcadores de combustíveis, e analisando os históricos de falhas, problemas e as condições de comando e controle de válvulas. O local de estudo é um terminal de distribuição de combustível na cidade de Araucária - PR e irá avaliar as considerações, resultados e viabilidade da aplicação do projeto novo.

1.1 MOTIVAÇÃO

Estudo realizado em sistema de atuadores pneumáticos para aplicação de aditivos e marcadores em combustíveis num terminal de distribuição de combustível. A principal motivação será a redução das falhas de aditivização durante o carregamento de auto-tanque. Outras motivações para a realização desse projeto, foram:

A alta demanda por combustíveis confiáveis, possibilitando entregar ao consumidor um produto de qualidade e de acordo com as especificações solicitadas pelo órgão regulador. Agilidade e eficiência no carregamento de auto-tanque. Diminuição de manutenção de equipamentos. Realização de alto investimento em novas tecnologias e conseqüentemente redução de custos futuros para a companhia. Adequação para garantir alta produtividade com eficiência e padrão de qualidade, diminuição do custo final dos produtos para aplicação, disponibilidade de conseguir otimização do movimento de auto-tanques, segurança operacional e otimização do processo.

1.2 OBJETIVOS

O objetivo geral é realizar análise e alteração do sistema de injetores pneumáticos e análise do funcionamento e eficiência da aplicação com atuadores pneumáticos. Propor ações e medidas para garantir o fornecimento de combustíveis no Terminal de Araucária - PR.

Os objetivos específicos são:

- Analisar as condições atuais de operações do sistema de injeção atual;
- Analisar a melhoria do processo depois da substituição do sistema;
- Realização e ações para mudança de materiais e métodos.
- Resultados da alteração.

1.3 JUSTIFICATIVA

As principais justificativas para o desenvolvimento do trabalho proposto será a redução de um dos principais tipos de problemas que geram as falhas no carregamento de auto-tanque. Analisando a viabilidade, aplicação e comparação dos resultados do projeto antes e depois de alterações do sistema com a implementação dos atuadores para injeção de aditivos e marcadores em combustíveis para a aplicação do projeto com a otimização e automatização do sistema. O sistema anterior possuía uma válvula solenoide interligada diretamente na linha de aditivo.

2. REVISÃO DA LITERATURA

A revisão da literatura irá apresentar os principais temas relacionados e necessários para o desenvolvimento do projeto, bem como itens fundamentais para análise do sistema pneumático e carregamento de combustíveis.

2.1 AR COMPRIMIDO

O ar comprimido é utilizado vastamente em diversos ramos da indústria como aviação, automobilística, alimentícios, bebidas, construção civil, metalúrgicos, petroquímicas e logísticas. Sua principal função é na resolução de problemas desde os mais simples, repetitivos até mais complexos (PACCO, 2013).

A geração de ar comprimido é formada pelo ar atmosférico que é um fluido compressível e expansível, composto principalmente de Nitrogênio (78% - N_2), Oxigênio (21% - O_2) e outros gases que compõem o ar (1%). Possui também alguns contaminantes que são evitáveis para sua futura aplicação como impurezas, poeira, água no estado de vapor, umidade. Para o estudo de ar comprimido é fundamental compreender o comportamento do ar comprimido, as variáveis importantes que alteram as condições do funcionamento para qualquer tipo de gás são: volume, pressão e temperatura. Essas propriedades são analisadas com a Lei dos gases ideais (PRUDENTE, 2013).

O ar comprimido armazena uma energia de pressão num determinado ambiente com a utilização de compressores que realizam trabalho, e depois armazenado em reservatórios. A diferença da pressão que é gerada no processo será analisada com uma pressão de referência, podendo ser a pressão atmosférica e pressão medida do ar comprimido. Para as condições de utilização do ar comprimido sua pressão aumenta no processo de compressão e conseqüentemente teremos uma temperatura maior que produz calor dentro do reservatório implicando na relação dos gases reais e ideais, o gás real considerado um vapor superaquecido que condensa e no processo de expansão o ar perde calor (BOSCH, 2008).

2.2 PNEUMÁTICA

A pneumática é a tecnologia que utiliza o ar como fonte de energia. Essa energia é gerada com a pressão do ar comprimido, sendo uma energia pneumática que quando utilizada, se transforma em trabalho com a utilização de equipamentos pneumáticos. A pneumática é ideal para a automação de processos e suas aplicações, como linhas de montagem, máquinas para ferramentas, fabricação, movimentação e transporte de materiais (OLIVEIRA, 2009).

As principais vantagens na utilização da pneumática e do ar comprimido são:

O ar possui em quantidade ilimitada no ambiente, gratuito e disponível em todos os lugares. Comparado aos sistemas hidráulicos o sistema pneumático não necessita de parada para troca do fluido, já que o ar é constantemente renovado no sistema. O ar comprimido é facilmente armazenável em reservatórios e transportável por grandes distâncias de linhas de tubulações (BOSCH, 2008). Comparado ao fluido hidráulico que varia a viscosidade conforme a temperatura, o ar é menos afetado pelas mudanças de temperatura. O ar comprimido apresenta alta segurança, sendo baixo risco de explosão e incêndio, caso aconteça as pressões são baixas não ocasionando sérios problemas. Também não possui risco de poluição ambiental com seu vazamento. Comparado aos sistemas hidráulicos o sistema pneumático não necessita de linhas de retorno, sendo realizado a exaustão do ar por abertura de descarga. Em relação aos equipamentos e elementos são menores, mais leves e possuem alta velocidade de deslocamento para trabalho. O compressor não precisa trabalhar continuamente para manter o ar armazenado dentro de um reservatório com pressão para trabalho, o compressor somente irá voltar a funcionar após a queda da pressão para um valor crítico (FIALHO, 2011). Possui alta confiabilidade aliada com baixo custo de instalação e manutenção, equipamentos com larga escala de tamanhos e capacidades. A vantagem decisiva para a aplicação do projeto é que os dispositivos não geram centelhas, podendo operar em ambientes classificados com atmosfera explosiva (OLIVEIRA, 2009).

Em contrapartida, algumas desvantagens na utilização de sistemas pneumáticos e do ar comprimido são:

Para conseguir um bom rendimento e alta vida útil de equipamentos e componentes o ar comprimido necessita de uma preparação do ar, eliminando impurezas, poeiras e umidade. Deve-se evitar a umidade do ar comprimido em operações pneumáticas, pois causam problemas como a

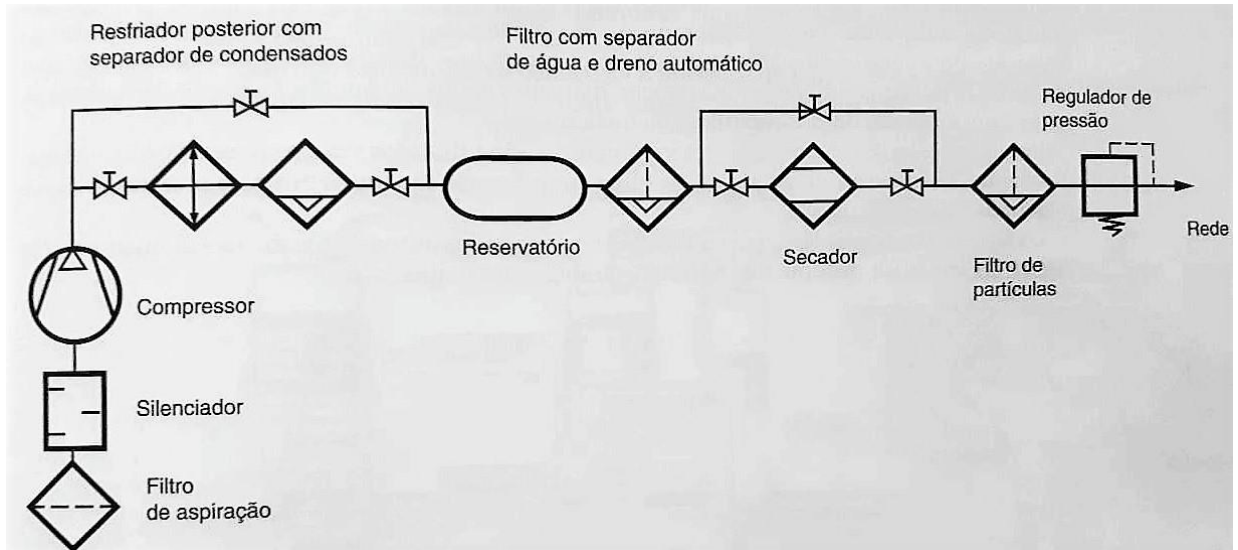
oxidação de linhas e equipamentos gerando defeitos na operação, também desgaste excessivo de equipamentos pois a umidade retira os lubrificantes das peças, e em condições severas de frio pode congelar a umidade nas tubulações sendo necessário a parada da operação. O ar impossibilita a utilização com velocidades uniformes e constante, também não é indicado para trabalhos que necessitam de força alta e baixas velocidades (FIALHO, 2011). É considerada uma perda de energia ao converter energia elétrica ou química dos compressores para energia pneumática. Comparadas com sistemas hidráulicos, possui dificuldade em obter velocidades baixas, também paradas intermediárias, além de força e torque inferiores (OLIVEIRA, 2009).

Portanto é necessário avaliar qual sistema é ideal para utilizações gerais na indústria, no caso de terminais de distribuição de combustível, sistemas pneumáticos têm apresentado um futuro promissor com o desenvolvimento de novos projetos, componentes inovadores e evolução da tecnologia, podendo assim ser utilizado em diversas aplicações, aumento de eficiência dos sistemas.

2.3 SISTEMA PNEUMÁTICO

O sistema pneumático irá utilizar efetivamente a transformação de energia em trabalho. As principais funções desse sistema são na utilização do ar comprimido em aplicações de acionamento, comando, controle e posição. Essa seção será dividida em subitens para facilitar o entendimento dos equipamentos e suas funções na produção, distribuição e utilização do ar comprimido do sistema pneumático. A Figura 1 (PRUDENTE, 2013) apresenta um sistema simplificado contendo os principais processos num sistema pneumático.

Figura 1 - Desenho de sistema pneumático com símbolos



Fonte: Prudente (2013).

2.3.1 PRODUÇÃO E TRATAMENTO DO AR COMPRIMIDO

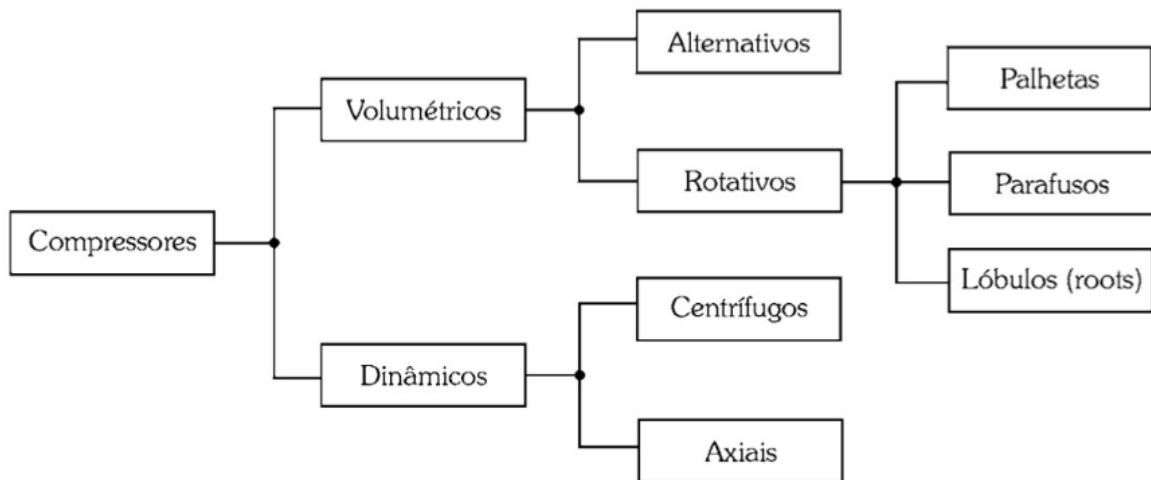
O ar comprimido passa por diversos processos para estar em condições apropriadas para ser utilizado, sendo as principais a pressão adequada que será fornecida com o compressor e tratamento do ar para aumentar sua qualidade com a redução de impurezas e umidade com a utilização de purgadores, secadores e filtros (PRUDENTE, 2013).

Os compressores são equipamentos que transformam a energia mecânica ou elétrica em energia pneumática por meio da compressão do ar ambiente. Ele aspira o ar da atmosfera que passa por um filtro e comprime-o elevando o ar que estava em pressão atmosférica para uma pressão maior necessária para utilização do sistema pneumático realizados pelo ar comprimido. O compressor ao comprimir o ar além de aumentar a pressão, também aquece o ar que passará por um resfriador posteriormente para separar a água condensada gerada pela umidade do ar que está na temperatura e volume ambiente. Segundo Fialho (2011) o tipo de compressor a ser determinado varia com alguns pré-requisitos de projeto como volume de ar fornecido, pressão interna, pressão de trabalho, tipo de acionamento (motor elétrico ou a explosão). No projeto inicial é sempre

analisado uma futura ampliação e implantação de novos equipamentos, como a demanda de ar comprimido no momento de máxima e mínima de utilização, pois adaptar e aumentar uma central de compressão torna-se muito caro.

A diversos tipos de compressores utilizados nas aplicações industriais, a Figura 2 apresenta um quadro geral de compressores.

Figura 2- Quadro geral de compressores.



Fonte: Fialho (2011).

Os compressores volumétricos (deslocamento positivo) realizam o processo de aumento da pressão desejada para trabalho com a redução do volume ocupado pelo gás. O ar é admitido no interior de uma câmara de compressão e depois sofre redução no volume, que posteriormente será aberta a câmara e liberando o ar para ser utilizado no sistema. O compressor atua como um sistema fechado e processo intermitente, sem contato com a sucção e descarga do ar.

Os compressores dinâmicos possuem como diferença o impelidor que é uma peça rotativa com pás que transfere energia ao ar com o movimento de rotação, energia cinética e de calor. Depois o difusor que direciona o escoamento e torna a velocidade uniforme e transforma essa energia em aumento da pressão. Esse tipo de compressor atua como processo de compressão contínuo e com volume de controle (BOSCH, 2008).

Juntamente ao compressor está uma válvula de alívio responsável por garantir a segurança relacionada a pressão máxima de operação. Também o sistema de regulagem, pois o consumo de

ar comprimido durante sua aplicação não é constante, e o compressor irá trabalhar somente quando necessário e numa faixa de pressões estabelecidas no projeto. Desta forma irá minimizar o consumo de energia com sua utilização e conseqüentemente eficiência no uso do ar comprimido. Essa regulagem pode ser referente a pressão de descarga, pressão de entrada e volume descarregado (BOSCH, 2008).

O sistema para resfriamento é responsável por realizar a troca de calor do ar comprimido após passar pelo compressor. Devido ao processo de resfriamento a água contida no ar condensa, como analisado a umidade é uma desvantagem do processo e deve ser evitada em sistemas pneumáticos, de preferência antes de ser distribuído. Segundo Rocha (2005) do manual da Eletrobrás com a utilização de um Aftercooler ou resfriador posterior ao compressor e do sistema de secagem do ar, cerca de 80 a 90% dessa água condensada será precipitada.

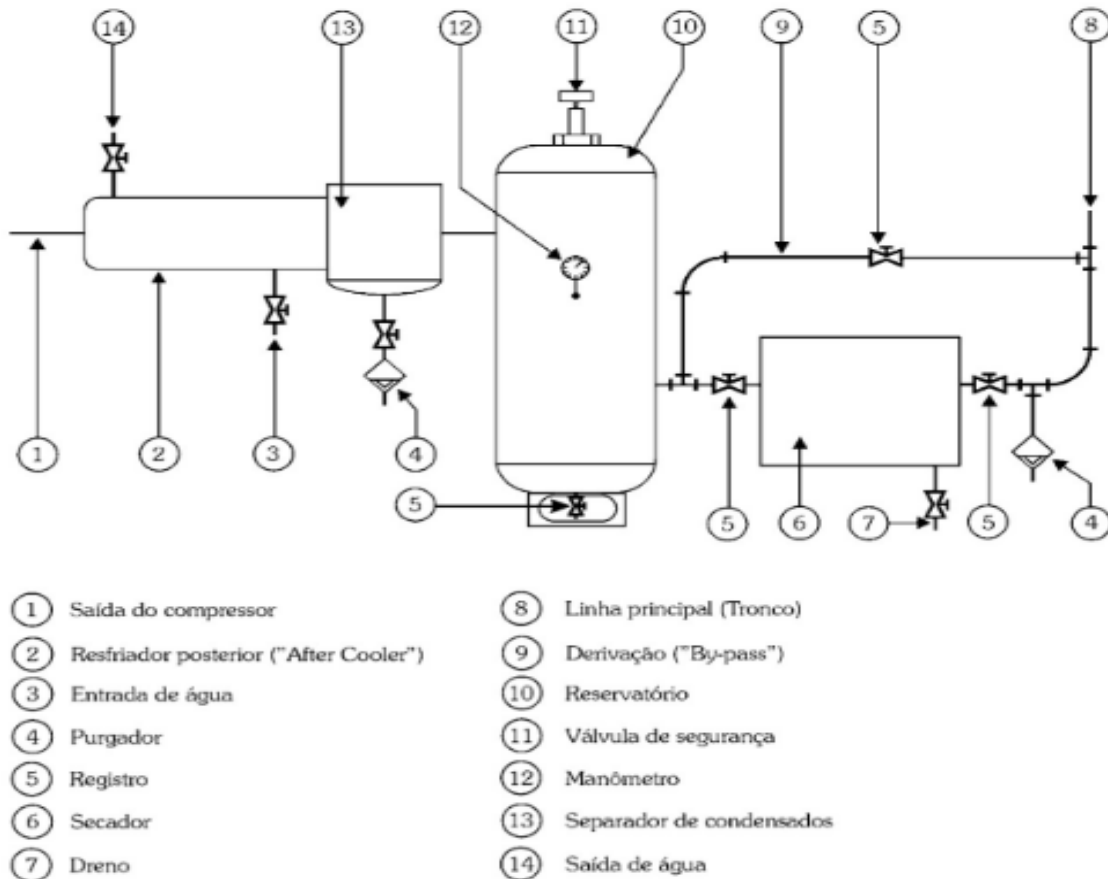
O processo de filtragem do ar é fundamental para garantir um bom funcionamento e vida útil do sistema de ar comprimido, pois tem como função a retirada de partículas sólidas e óleos presentes no ar. É preciso analisar algumas considerações para determinar o filtro adequado, como: capacidade de separação, concentração de partículas, quedas de pressão e volume do fluxo. Diversos tipos de filtros podem ser utilizados como: precipitador tipo ciclone, filtro preliminar, filtro de alto desempenho e filtro de carvão ativado. Podem ser instalados em conjuntos também ou em posições diferentes dependo da qualidade do ar comprimido (PRUDENTE, 2013).

O processo de secagem do ar comprimido deve ser estudado devido a quantidade de vapor de água ou umidade gerada no processo de resfriamento e por variações de pressão e temperatura após compressão. A utilização de secadores de ar é fundamental, pois minimiza danos causados pela umidade e diminui a manutenção de equipamentos pneumáticos. Os principais métodos de secagem usados são de condensação, absorção e difusão (ROCHA, 2005), que podem ser instaladas antes ou depois de ser armazenado no reservatório.

O ar comprimido então é armazenado em reservatório, possuindo a capacidade para atender ao consumo do sistema evitando assim a utilização constante do compressor, atendendo ao volume de fornecimento do compressor e ao consumo de ar pela instalação (BOSCH, 2008). O reservatório consegue garantir o consumo por um determinado tempo com a capacidade armazenada, amortece as oscilações da tubulação, mantém uma pressão estável no sistema, trabalha com a variação de consumos em momentos repentinos e reduz a troca frequente de operações em carga ou em alívio do compressor. (ROCHA, 2005).

A Figura 3 apresenta uma central de tratamento e armazenamento do ar comprimido com alguns outros equipamentos que também são fundamentais para o tratamento e segurança como drenos e purgadores.

Figura 3 - Central de tratamento e armazenamento do ar comprimido.



Fonte: Fialho (2011).

2.3.2 DISTRIBUIÇÃO DO AR COMPRIMIDO

Na distribuição a função é interligar a área que foi produzida o ar comprimido e servir como reservatório no lugar que será posteriormente utilizado. Na distribuição deve-se ter pequena queda de pressão e retirar a água condensada em pontos de drenagem, pois teve diminuição da temperatura do compressor. Para que a distribuição da rede de ar comprimido seja eficiente para sua posterior utilização é necessário avaliar a localização da central geradora (compressor) e o dimensionamento da rede. A região em que ficará fixa o compressor é um ponto crítico, pois ele deve estar num lugar

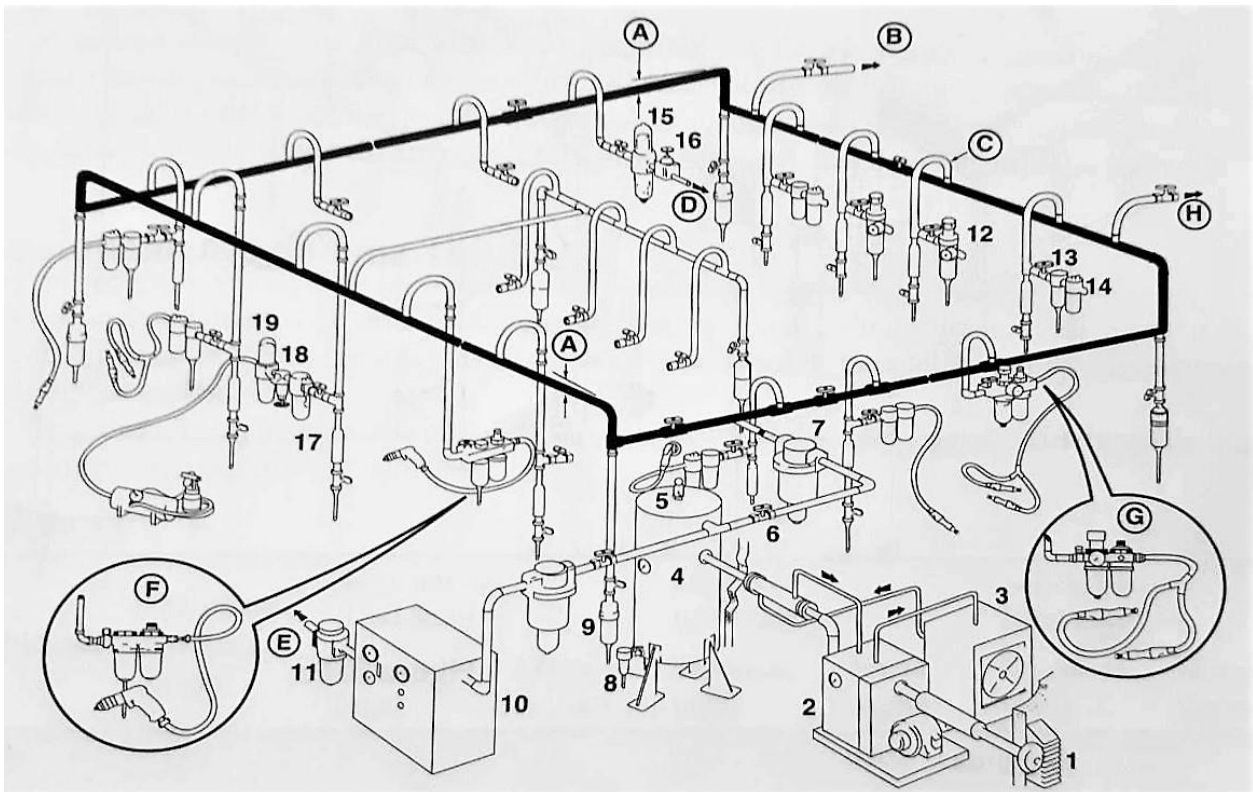
protegido que permita o fluxo de ar, preferencialmente isentos de poeira e temperatura controlada. Normalmente será instalado em regiões externas a fábrica e de fácil acesso para manutenção (FIALHO, 2011).

A distribuição do ar comprimido acontece normalmente implementando uma rede de distribuição que será projetada conforme a área de trabalho utilizando pontos de alimentação individuais para equipamentos. Segundo manual da Bosch (2008) para garantir uma operação segura e barata dos equipamentos a rede deve receber um volume de fluxo suficiente para alimentar todos os equipamentos em qualquer momento e demanda, os equipamentos devem receber a pressão de trabalho necessária, o ar deve chegar aos equipamentos com qualidade, a rede deve sofrer o mínimo efeito de queda de pressão, deve garantir segurança operacional e atender as normas.

Essa rede pode ser circuito aberto quando necessita aplicação em pontos isolados ou distantes, o ar comprimido irá fluir em somente uma direção, assim impossibilitando a alimentação uniforme em todos os pontos. O circuito fechado é ideal para distribuição total e uniforme em toda a instalação da fábrica, isso irá facilitar caso seja necessário a implementação de novos pontos e possibilita a alimentação uniforme em todos os pontos (PRUDENTE, 2013).

A composição da rede normalmente apresenta uma linha principal (linha tronco), linhas secundárias, linha de alimentação. O dimensionamento da linha principal deverá ser analisado o volume de ar corrente (vazão), comprimento total da linha, queda de pressão admissível, número de pontos de estrangulamento e pressão de regime. A Figura 4 apresenta uma rede de distribuição elementos.

Figura 4 - Rede de distribuição pneumática com equipamentos



Fonte: Prudente (2013).

Para que a rede tenha a maior eficiência na sua distribuição algumas aplicações devem ser seguidas:

A inclinação da linha secundária deve possuir uma inclinação no sentido fluxo entre 0,5 e 2% do comprimento reto do tubo para evitar a condensação e impurezas da linha. A linha de alimentação destinada para cada equipamento deverá sair pela parte superior da linha secundária e possuir registro ou drenos que facilitam a manutenção caso necessário. Antes da utilização final do ar comprimido a unidade de conservação pneumática, conhecida como Lubrifil, é fundamental para o correto funcionamento do sistema pneumático e aumento da vida útil de equipamentos, ela é composta por filtro, válvula reguladora de pressão, lubrificador, acessórios e manômetro que filtram, lubrificam o ar e regulam a pressão de alimentação de acionamento em equipamentos. E a utilização de purgadores para eliminar a condensação da rede gerada durante o tempo e variações de temperatura (PRUDENTE, 2013). Na construção da rede de ar comprimido fazer em linha reta,

evitando cantos. Evitar alteração do diâmetro das tubulações devido à queda de pressão. Possuir pontos com válvulas de parada para possíveis manutenções e drenos de condensação de fáceis eliminação da água na rede (BOSCH, 2008).

2.3.3 UTILIZAÇÃO DO AR COMPRIMIDO

O ar comprimido será utilizado na rede de distribuição de todos os equipamentos instalados na mesma, é necessário garantir que todos os equipamentos serão alimentados e funcionaram como projetados e dimensionados. Alguns equipamentos serão abordados a seguir:

2.3.3.1 ATUADORES

Os atuadores pneumáticos são elementos que realizam trabalho transformando a energia pneumática do ar em energia cinética gerada pelo ar pressurizado e produzindo trabalho (BONACORSO, 2013).

Os atuadores possuem uma grande variedade de formas, tamanhos e capacidade de carga, as principais classificações são pelo tipo de movimentos que realizam, no caso movimentos lineares, rotativos e oscilantes. Uma das principais funções de atuadores pneumáticos é para sistemas de posicionamento e acionamento. Os atuadores lineares são os mais utilizados na indústria, são cilindros pneumáticos contendo uma lateral fechada por tampa com conexão para admissão e exaustão do ar, e outra lateral com haste que ao expandir o ar no interior do cilindro realiza movimento de expansão ou retração. Os atuadores pneumáticos giratório (oscilante) possui seu movimento que realiza deslocamento angulares com ângulos exatos de 90° , 180° , 270° e 360° em um eixo no centro do equipamento que realiza movimento rotacional e momento de torção. Também podem ser divididos conforme seu acionamento: cilindros de simples ação com mola interna que retorna ou expande a haste, esse movimento acontece ao utilizar uma válvula controladora direcional que quando acionada o ar comprimido passa e eleva a pressão da câmara até ser maior que a força exercida pela mola que movimenta a haste e fica acionada, ao desligar a válvula o fluxo de ar para e acontece o movimento de exaustão devido a força de retorno da mola. Dupla ação utilizam a ação do ar em dois sentidos, avanço e retorno. Amortecimento de fim de

curso absorvem a energia do movimento no final do curso (amortece o choque entre cabeça e êmbolo do cilindro) (FIALHO, 2011).

Para determinar o atuador que será utilizado deve-se analisar os esforços envolvidos, amplitude de deslocamento, tipos de montagem, função desejada, ângulo de giro necessário e do momento de torção do eixo e que as cargas radial e axial sejam coerentes com o atuador (FIALHO, 2011). Segundo Bonarcorso (2013) a escolha do atuador depende das especificações de movimento necessária, em movimentos retilíneos irá analisar a força efetiva no êmbolo e comprimento do curso. Em movimentos angulares o torque no eixo e deslocamento angular e no de movimentos rotativos o torque no eixo e velocidade máxima. De acordo com Oliveira (2009) o dimensionamento é realizado com base na máxima força disponível, pois tentar dimensionar para as necessidades iniciais exatas para aplicação sem realizar testes, será um erro, sendo necessário a alteração para equipamentos maiores, mais caros ou problemas com espaço para acomodação exigido.

2.3.3.2 VÁLVULAS PNEUMÁTICAS

As válvulas pneumáticas ao receber um impulso pneumático, mecânico ou elétrico irão permitir a passagem de fluxo de ar comprimido para alimentar equipamentos pneumáticos.

As válvulas de controle direcional são as distribuidoras de ar, utilizadas para controlar a direção do ar entre os equipamentos de um sistema pneumático. As estruturas funcionais das válvulas podem possuir diversas combinações com o número de vias e número de posições. O projeto interno normalmente pode ser de carretel deslizante (translação) ou centro rotativo (rotação), também pode admitir variações no sistema de acionamento e retorno (OLIVEIRA, 2009).

As vias possuem a função de conectar a entrada de ar comprimido gerando a pressão da válvula, possui também as conexões para alimentação dos atuadores e outros orifícios para escape do ar comprimido. As posições são os números de estados que a válvula tem ou permanece (BONACORSO, 2013).

As válvulas controladoras de fluxo, controlam o fluxo de ar que alimenta um equipamento no sistema pneumático, podem ser fixas ou variáveis, unidirecionais ou bidirecionais. A válvula esfera possui uma peça em formato de esfera oca transpassada por um furo, que fica posicionada

dentro do corpo tubular e que controla o fluxo de fluídos. Ela está na posição aberta permitindo a passagem do fluido, quando esse furo fica rente ao fluxo da tubulação. E fechada quando gira-se 90° e o furo fica perpendicular ao fluxo e bloqueia a passagem do fluido completamente.

As válvulas de bloqueio possuem uma vedação fixa na mola quando é realizado a expansão da mola bloqueia o fluxo do fluido em um dos sentidos. As válvulas controladoras de pressão sofrem influência de uma pressão determinada (válvula de alívio ou reguladora de pressão) (FIALHO, 2011).

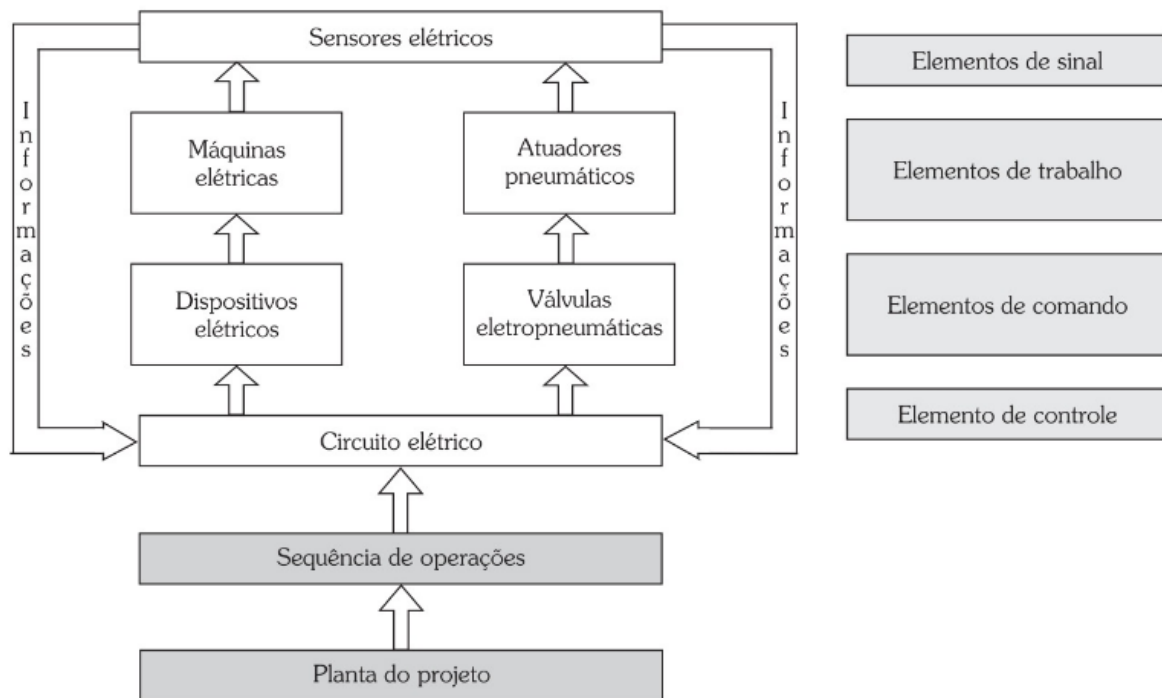
As válvulas de comando elétrico recebem um impulso elétrico de uma bobina corrente alternada (CA) ou corrente contínua (CC), sendo que a bobina é fixada no centro do corpo válvula (núcleo solidário). O acionamento pode ser com chaves de partida e parada, interruptores, micro-switch, relés, pressostatos e sensores.

As válvulas proporcionais são equipamentos para comandos de precisão com pressão e vazão controlados e proporcionais ao sinal analógico de entrada, conseguindo manter a pressão constante no sistema. Utilizado no controle de pressão ou vazão em operações. As válvulas controladoras de vazão são utilizadas para controlar velocidade e sentido de rotação para posicionamento de atuadores de duplo efeito com acoplamento magnético (FIALHO, 2011).

2.4 SISTEMA ELETROPNEUMÁTICO

O sistema eletropneumático é uma combinação de elementos que utilizam o sistema pneumático e energia pneumática com elementos que utilizam a energia elétrica para o acionamento e automação de equipamentos. A Figura 5 apresenta um diagrama de um sistema eletropneumático automatizado (BONACORSO, 2013).

Figura 5 - Diagrama sistema eletropneumático automatizado



Fonte: Bonacorso (2013).

A planta do projeto apresenta a sequência de operações dos equipamentos e como ficarão posicionado para realizar trabalho. Também é apresentado quatro tipos de elementos compostos no sistema eletropneumático, que são:

Os elementos de controle que recebem as informações de sensores que estão posicionados na sequência de operação e acionam os elementos de comando que são as válvulas pneumáticas que já foram abordadas, depois as válvulas irão acionar os elementos de trabalho que ativam os atuadores que executam uma tarefa determinada automaticamente e depois acionam os elementos de sinal que são sensores que informam o elemento de controle, fazendo um ciclo e informando que o processo está automatizado (BONACORSO, 2013).

2.4.1 VÁLVULAS ELETROPNEUMÁTICAS

As válvulas eletropneumáticas recebem o comando do circuito elétrico de controle e que aciona os elementos de trabalho pneumático, no caso os atuadores. Possuem similaridades com as válvulas pneumáticas e formas de funcionamento iguais. As válvulas eletropneumáticas possuem

o sistema de acionamento das válvulas por solenoides, que acionam os comandos podendo ser unidirecional ou bidirecional (BONACORSO, 2013).

As válvulas direcionais ou válvulas de fluxo quando acionadas eletricamente são chamadas de válvulas solenoides. A solenoide possui um indutor, carcaça e bobina, quando ligados a um sistema elétrico induzem modificações físicas por ação de um campo magnético, então ocorre um deslocamento de um núcleo metálico (haste), esse deslocamento realiza a alteração no fluxo do fluido transportado em uma tubulação. Segundo Carlos Augusto (2011) uma aplicação desse tipo de válvula é no controle de combustível em sistema de injeção eletrônica, aplicação parecida ao projeto analisado. Deve-se analisar a faixa útil de pressão, temperatura, viscosidade e vazão quando utilizadas válvulas direcionais (OLIVEIRA, 2011).

2.5 COMBUSTÍVEL

Os combustíveis são produtos utilizados com a finalidade de produzir energia diretamente com a sua queima ou pela modificação em outros produtos também combustíveis.

Na utilização diária de combustíveis um dos produtos mais conhecidos é a gasolina que é um combustível altamente energético destinado para consumo em motores de combustão interna com ignição por centelha, o famoso Ciclo Otto. A Gasolina A é produzida nas refinarias, nas centrais de matérias-primas petroquímicas e nos formuladores com processos altamente técnicos no seu desenvolvimento. E a Gasolina C é o produto que realmente é comercializado nível nacional que será obtido quando se realiza a mistura de gasolina A e do etanol anidro. (ANP, 2018).

O Diesel A também é um produto produzido nas refinarias, destinado a veículos com motores de ciclo Diesel, de uso rodoviário podendo ser sem ou com adição de biodiesel (B100), sendo que o produto que possui a mistura Diesel B. Para análise mais técnica também podemos diferenciar dois produtos desenvolvido a partir do Diesel A, que é o Diesel S10 que apresenta diferença por ser um produto mais nobre e com menor teor de enxofre comparado ao Diesel S500, sendo uma medida para contribuir com a preservação do meio ambiente (ANP, 2018).

2.6 SOLVENTES

Os solventes na indústria petrolífera são produtos derivados do petróleo que são utilizados nos combustíveis para aumentar a eficiência do produto, evitam a adulteração dos combustíveis e controlam a qualidade do produto. Os principais produtos utilizados para essas funções são os aditivos e os marcadores que são produtos que atendem as novas exigências do mercado nacional de consumos de combustíveis e que apresentam maior qualidade no produto final (ANP, 2018).

2.6.1 ADITIVOS

Os aditivos são substâncias utilizadas para beneficiar produtos como a gasolina e o diesel, sem afetar a qualidade e segurança dos produtos. Os benefícios mais comuns são a limpeza de válvulas e bicos injetores, melhora a combustão do combustível, aumento do número de octanagem ou cetano. São constituídos normalmente de um princípio ativo e/ou possuem diluentes e fluidos carreadores em pequenas proporções (ANP, 2018).

2.6.2 MARCADORES

Os marcadores são substâncias químicas utilizadas como corantes e identificadores dos combustíveis, como se fosse um “DNA”, sendo único para cada empresa e que protege a identificação absoluta da marca. A distribuidora utiliza como controle da qualidade de seus produtos, aumentando assim a credibilidade e confiança no controle da comercialização. A ANP possui o Programa de Marcação Compulsória de Produtos, que realizam as análises laboratoriais contra a fraude e adulteração dos combustíveis. Os marcadores não influenciam nas características físico-químicas do produto e garantem ao consumidor um produto dentro das especificações (JUNIOR, 2013).

Os marcadores na gasolina são utilizados devido ao uso inadequado da proporção de etanol no combustível, com os marcadores é possível certificar que o produto está dentro das especificações, combatendo as fraudes e adulteração. Utilizado também para garantir a qualidade

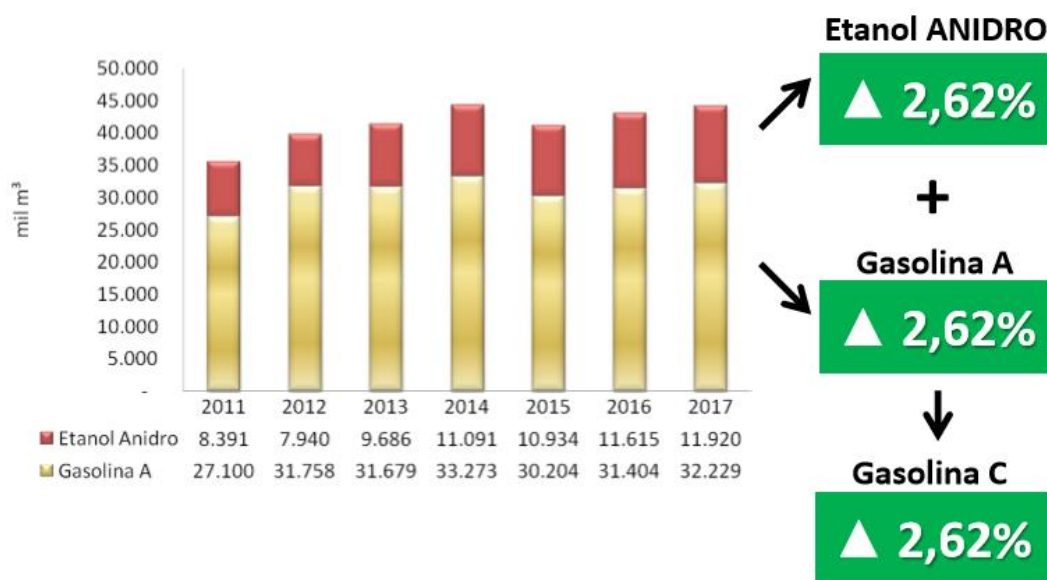
do produto e evita a fraude por contaminação de água no combustível. Essa prática de adulteração criminosa com adição de água é utilizada com intenção de aumentar o lucro, comercializando um produto inadequado para utilização. No caso dos marcadores utilizados no óleo diesel é fundamental para diferenciar o diesel S-10 e S-500, o S-10 foi produzido para ser comercializado em cidades, devido ao menor teor de enxofre comparado ao S-500 que é mais utilizado na área rural, isso diminui a poluição do ar na queima de combustíveis em áreas urbanas e controla que o combustível está sendo utilizado na região correta (TRINDADE, 2011).

2.7 AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO (ANP)

A Agência Nacional de Petróleo (ANP) é uma autarquia especial vinculada ao Ministério de Minas e Energia, suas atribuições são promover a regulação, a contratação e a fiscalização das atividades econômicas integrantes da indústria do petróleo, do gás natural e dos biocombustíveis. Também certifica-se que o produto produzido esteja dentro das especificações para serem comercializadas. Estuda o consumo, produção, extração e todas as atividades que envolvem os combustíveis em nível nacional (ANP, 2018).

O anuário de 2018 apresenta a fabricação de petróleo produzida no mundo no ano de 2017 aumentou 0,7% em relação a 2016, o Brasil também registrou aumento na produção de 4,2% no volume em relação a 2017. Com toda a produção aumentando o consumo também aumentou, aproximadamente 1,8% (98,2 milhões de barris por dia), o Brasil é o sétimo lugar no ranking mundial de países consumidores de derivados do petróleo (ANP, 2017). Na produção específica de produtos derivados do petróleo que está sendo estudado no presente trabalho, o Gráfico 1 apresenta que a Gasolina C apresentou um aumento de 2,62% nas vendas internas.

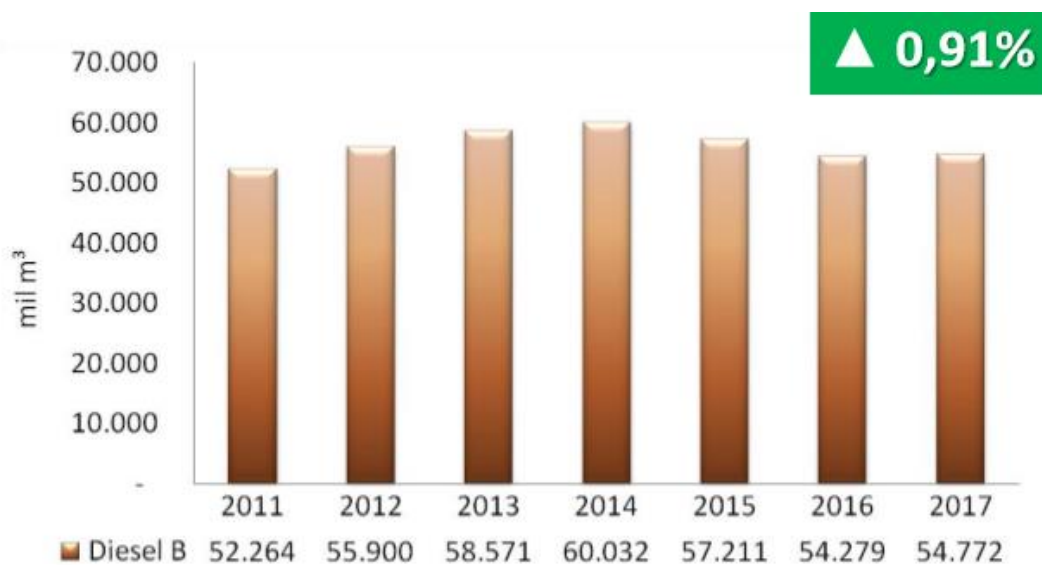
Gráfico 1 - Vendas internas gasolina 2016 - 2017



Fonte: Sistema SIMP/ANP (2017)

O Diesel B um aumento de 0,91% entre 2016 - 2017, conforme Gráfico 2.

Gráfico 2 - Vendas internas Diesel 2016 - 2017



Fonte: Sistema SIMP/ANP (2017)

Esses dois produtos são os produtos largamente comercializados e diariamente são aditivados e utilizados marcadores. Com isso a importância de um sistema de aditivação e marcação de produtos são fundamentais para garantir a qualidade e garantia do produto final.

Para garantir a qualidade dos produtos combustíveis a ANP desenvolveu o Programa de Monitoramento da Qualidade dos Combustíveis (PMQC), sendo o principal na verificação da qualidade dos combustíveis, identificam focos de não conformidade (produtos que não atendem às especificações técnicas), fiscalizam e repassam informações importante sobre o mercado para o consumidor (ANP, 2018).

Para todo esse crescimento do aumento de revenda a expansão de investimentos em infraestrutura e melhorias tecnológicas são fundamentais para garantia do carregamento de combustível nível nacional.

2.8 TERMINAL DE DISTRIBUIÇÃO DE COMBUSTÍVEL

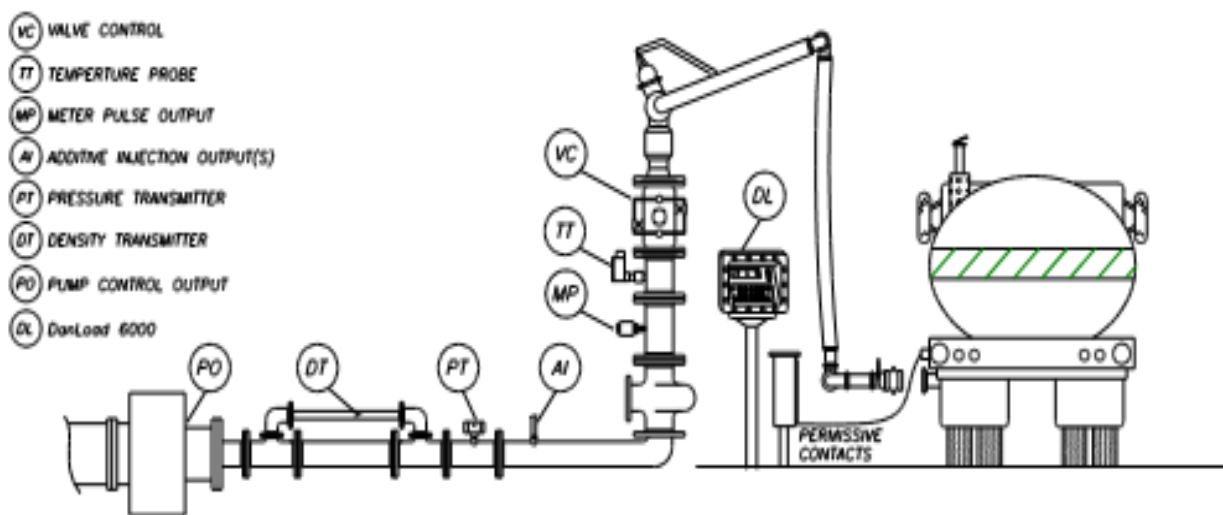
O Terminal de distribuição de combustível é responsável pela logística, distribuição e transporte do combustível, garantindo que o combustível irá ser distribuído dentro das especificações exigidas pela ANP e pelas companhias.

Terminais de distribuição podem receber e distribuir os produtos por dutos, que são encaminhados da refinaria por bombeio, auto tanques para carregamento e descarga, vagões tanques e balsas ou navios tanques (ANP, 2018). O terminal é uma instalação que possui as bacias de tanques de produtos principais e bacia de tanques de aditivos e marcadores, nos tanques os produtos são armazenados para posteriormente serem distribuídos com sistema de motor e bombas de combustível, sendo destinados a plataforma de carregamento ou do sentido contrário da plataforma de descarregamento para os tanques. Os produtos iram ser transportados por dutos e tubulações, também considerado uma localidade crítica da planta e deve-se gerenciar os tanques com cuidado, pois é considerado uma localidade crítica da planta podendo ter acidentes e eventos como derrames e transbordos de tanques significativos para a empresa em questões financeiras, operacionais e ambientais (GOMES, 2018).

2.8.1 PLATAFORMA DE CARREGAMENTO

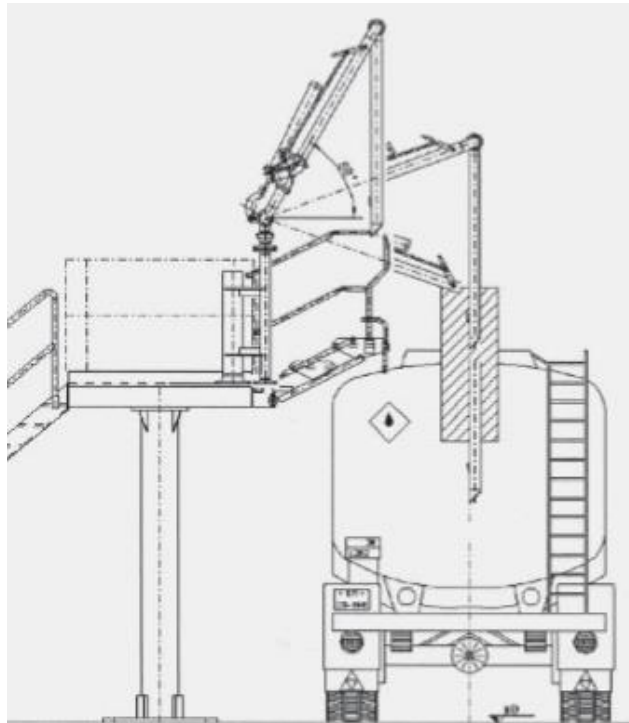
A plataforma de carregamento é a localização principal de operação de carregamento do terminal, as baias de carregamento são as posições de uma ilha de carregamento onde ficará posicionado o auto-tanque para realizar a operação de carregamento. A ilha é a instalação que possui braços de carregamento dos produtos, sendo tubos móveis que conectam o final da tubulação ao caminhão que será carregado e que transferem o produto de carregamento da baia para o auto-tanque. O procedimento de carregamento pode ser realizado no *bottom loading* (carregamento por baixo) representado na Figura 6 ou *top loading* (carregamento por cima do caminhão) Figura 7, as figuras apresentam alguns equipamentos que são fundamentais para o processo de carregamento de auto-tanque (SILVA, 2007). Nela estão localizadas a maior parte dos equipamentos da planta, sendo que as paralizações devido as falhas prejudicam e impedem a operação, gerando um enorme impacto financeiro, ocasionam problemas na segurança operacional, demandam tempo e manutenção. (GOMES, 2018).

Figura 6 - Carregamento tipo *bottom loading*



Fonte: Manual Danload 6000 (2006).

Figura 7 - Carregamento tipo *top loading*



Fonte: Rezende (2016).

Os principais equipamentos presentes na baia de carregamento são:

O medidor de vazão tipo turbina, o combustível irá passar pela turbina e transfere uma velocidade angular (rotacional) no rotor da turbina que é proporcional ao volume de produto que passa e contabiliza com um sensor que envia pulsos proporcionais a velocidade de rotação para o Danload, o qual irá analisar a quantidade de produto em razão do tempo (vazão). Para garantir a melhor eficiência a turbina não deve possuir componentes que causem um sistema turbulento na vazão, garantindo um fluxo com o mínimo de perturbações durante o carregamento. (REZENDE, 2016)

A válvula controladora de fluxo tem a função de controlar, interromper, iniciar ou estabilizar o carregamento com vazão e determinada pela programação. Seu trabalho é realizado com o controle da pressão positiva no momento de abrir ou fechar a válvula (DANIEL, 2006).

O Sensor de temperatura de resistência platina (PT-100) é um equipamento fundamental para determinar o volume no momento do carregamento de combustíveis, pois a temperatura varia durante o processo, conseqüentemente variando seu volume. O sensor de temperatura, juntamente

com o Danload corrigem a temperatura para garantir a precisão que o produto será carregado, por isso ele deverá ser instalado depois da turbina e antes da válvula controladora de fluxo (após medição e antes da regulagem). (DANIEL, 2006).

O sistema de aterramento possui função de garantir a segurança das instalações, na proteção de equipamentos e prevenção de acidentes. Por ele passa a corrente elétrica que evitam descargas elétricas e até mesmo eletricidade estática durante o carregamento. Para garantir que o aterramento entre estrutura e caminhão estão corretos, o carregamento só será possível enquanto o sistema estiver funcionando perfeitamente, caso contrário bloqueia e interrompe o carregamento. (GOMES, 2018).

O sistema de antitransbordamento (reductor de derrame) é o equipamento responsável em garantir e evitar casos de transbordamento durante o carregamento, assim interrompendo o carregamento para evitar problemas gerando a falha do tipo “Circuito de Segurança”. E os injetores de aditivos são equipamentos instalados para realizar a aditivação ou marcação dos produtos principais.

2.8.2 COMPUTADOR DE CONTROLE

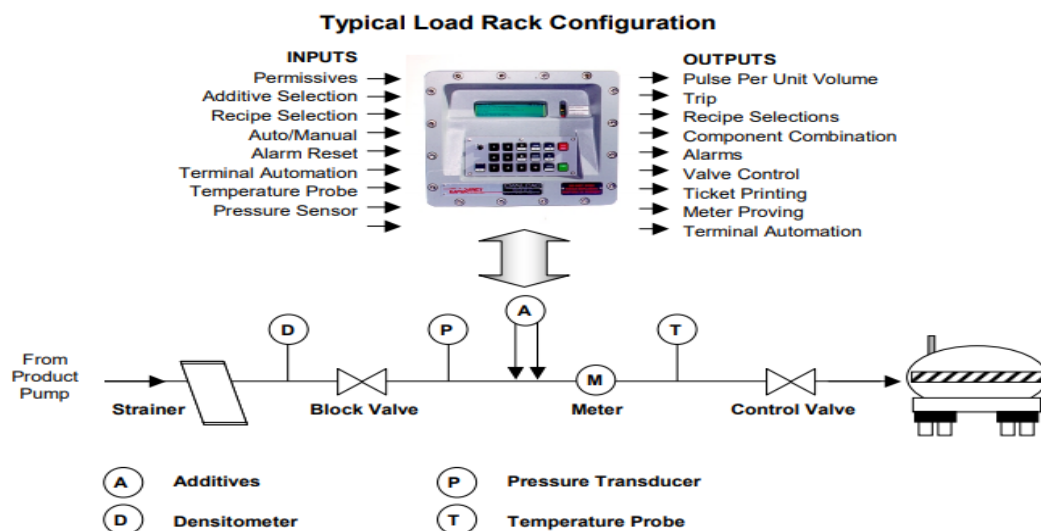
O computador de controle de carregamento é o responsável em fazer a comunicação de dados da programação com os equipamentos da plataforma de carregamento. O computador de controle utilizado para carregamento de produtos em caminhões no terminal do presente estudo é o Danload 6000, sistema que garante a segurança e controle do processo de produção. O sistema é interligado a um medidor (turbina) e uma válvula controladora de fluxo (DANIEL, 2019).

O funcionamento do Danload 6000 é de fácil entendimento, ao iniciar a programação visualizando as informações pelo display o/a motorista ou operador(a) irá digitar no teclado os códigos e informações necessárias para entrar na programação do carregamento específica do sistema que está interligado a rede, informações como: código de identificação, sigla do motorista, número da viagem, produto e volume que será carregado. Ao confirmar todas as informações o sistema irá poder acionar a bomba do produto e enviar um comando de abertura da válvula, equipamentos de segurança também são interligados e ficam em funcionamento, como monitoramento de aterramento do caminhão e antitransbordamento (reductor de derrame). A turbina

irá enviar pulsos para o computador que irá controlar a vazão e quantidade de produto carregado, até finalizar o processo com a quantidade de volume programada. O computador também tem a função de controlar e permitir a injeção produtos como aditivos e, ou marcadores, produtos que também receberam exatamente o volume estipulado por lei e para ficarem dentro das especificações.

O sistema irá ser conectado ao Danload 6000 com um computador lógico programável que controla a vazão, realiza a contagem de pulsos por unidade para medição do volume, realimenta o sistema para realizar outro carregamento e sinaliza com alarmes caso ocorra algum tipo de falha/erro durante o carregamento. Essas características fazem com que o Danload 6000 seja um equipamento com diversas vantagens no carregamento de produtos, pois o custo de equipamentos utilizados para funcionar o sistema são relativamente baixos, operação simples, instalação de sistema simples (uma saída para cada válvula de controle e uma entrada para cada medidor), seu funcionamento para produtos aditivados possuem linhas segregadas, permite que a aditivação seja dividida em ciclos de injeção durante todo o carregamento evitando diferenças de concentração e prevenindo falhas de equipamentos e de sistema, possui um carregamento uniforme variando vazões e concentrações de produtos e aditivos (DANIEL, 2019). A Figura 8 apresenta várias configurações de entrada e saída presentes no sistema de Computador de Controle do tipo Danload 6000 até ser finalizado o carregamento.

Figura 8 - Configurações de entradas e saídas Danload 6000



Fonte: Manual Danload 6000 (2006).

3. METODOLOGIA

A metodologia do presente trabalho está dividida em 7 partes referente ao desenvolvimento do projeto do sistema de atuadores pneumáticos em injeção de aditivos e marcadores de combustíveis. Sendo apresentados: o método de aditivação anterior; sistema utilizado anteriormente; análise de falhas; histórico de falhas antes da mudança; desenvolvimento do novo projeto;

3.1 MÉTODO DE ADITIVAÇÃO ANTERIOR

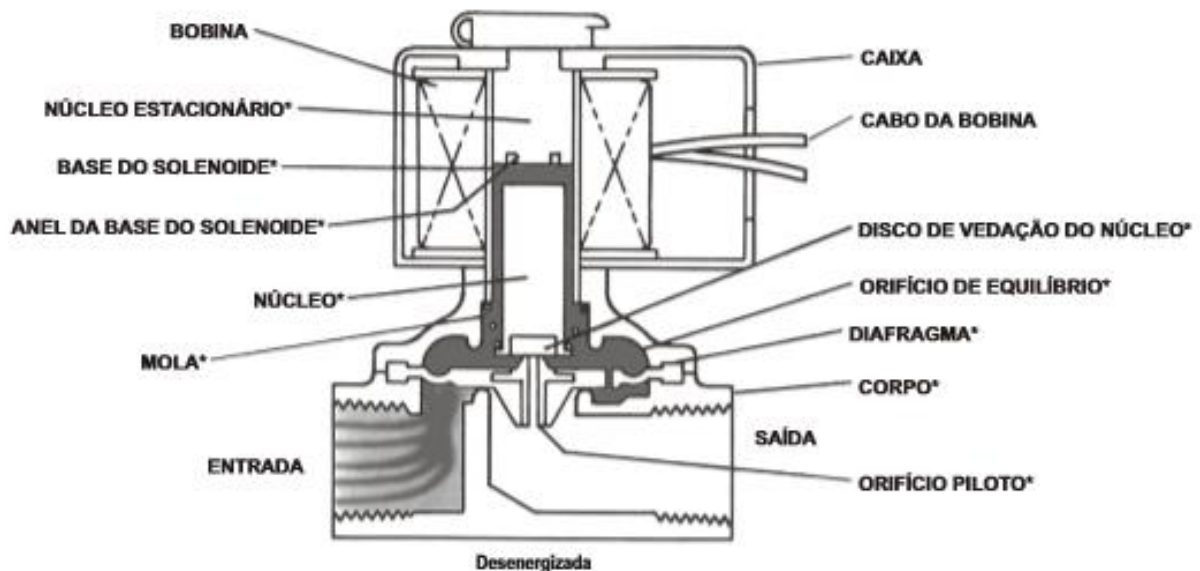
A aditivação é dividida em ciclos em que está injetando por pulsos uma quantidade de aditivo ou marcador. Ao injetar ou durante o carregamento caso o volume de aditivo medido esteja fora dos limites da batelada ou ocorra alguma falha de injeção, esse erro ou não conformidade no carregamento é acionado uma falha no Danload para identificar um problema e parar o carregamento para analisar como pode ser solucionada. Para minimizar que os produtos fiquem fora das especificações após uma única falha a concentração total de aditivo é dividida em uma quantidade de pulsos de injeção com vazão uniforme. O aditivo e marcador possuem um volume estipulado pelas companhias para ficarem dentro das especificações. Mesmo com a concentração uniforme e divisão da quantidade de aditivos em pulsos de injeção o sistema apresenta falhas que são prejudiciais no carregamento de auto-tanque. Também pode acontecer falha na vazão de volume de aditivo, sendo um erro de realimentação do sistema que não identifica a oscilação de vazão entre produto e aditivo.

O método utilizado para injeção antes da mudança é de aditivo por injetor mecânico, sendo uma dose fixa por ciclo de dosagem e medidor de aditivo. A saída de dosagem é contabilizada utilizando um fator k necessitando da entrada do medidor, em uma escala de volume de aditivo por 1000 unidade de produto.

3.2 SISTEMA UTILIZADO ANTERIORMENTE

O sistema empregado anteriormente utilizava uma válvula de fluxo tipo solenoide que recebia o sinal de pulso do sistema do Danload para aditivar. A válvula ao receber o sinal elétrico a bobina é energizada e realiza o deslocamento da haste do sistema que abre e libera a passagem do produto (aditivo ou marcador). Para vedar completamente a linha da entrada e saída da válvula que contém o orifício é utilizado uma vedação de Viton na parte inferior da haste que evita a passagem inadequada ou parcial de aditivo. Ao finalizar a aditivação o sinal é interrompido e a válvula perde o sinal elétrico que fecha a válvula e a haste com a força da mola retorna para sua posição inicial. A Figura 9 (ASCOVAL, 2011) apresenta um esquema da válvula tipo solenoide utilizada no sistema de passagem ou restrição de fluidos.

Figura 9 - Válvula tipo solenoide



Fonte: Catálogo Ascoval (2011).

Os problemas apresentados no sistema anterior são:

- O sistema de aditivação com a válvula solenoide interligada diretamente na linha do aditivo ou marcador incide no desgaste excessivo da vedação de borracha nitrílica ou Viton, pois esses são produtos que quando puros em altas concentrações possuem uma alta capacidade de corrosão e agredem muito a vedação. Foram realizados testes nas vedações e

substituições, porém o problema de desgaste persiste. Assim a vedação começa a perder sua função, nesse caso é necessário realizar a manutenção da troca da vedação constantemente. A Fotografia 1 apresenta o modelo de vedação utilização e seu desgaste;

Fotografia 1 - Modelo de vedação utilizada e desgaste



Fonte: Autoria própria.

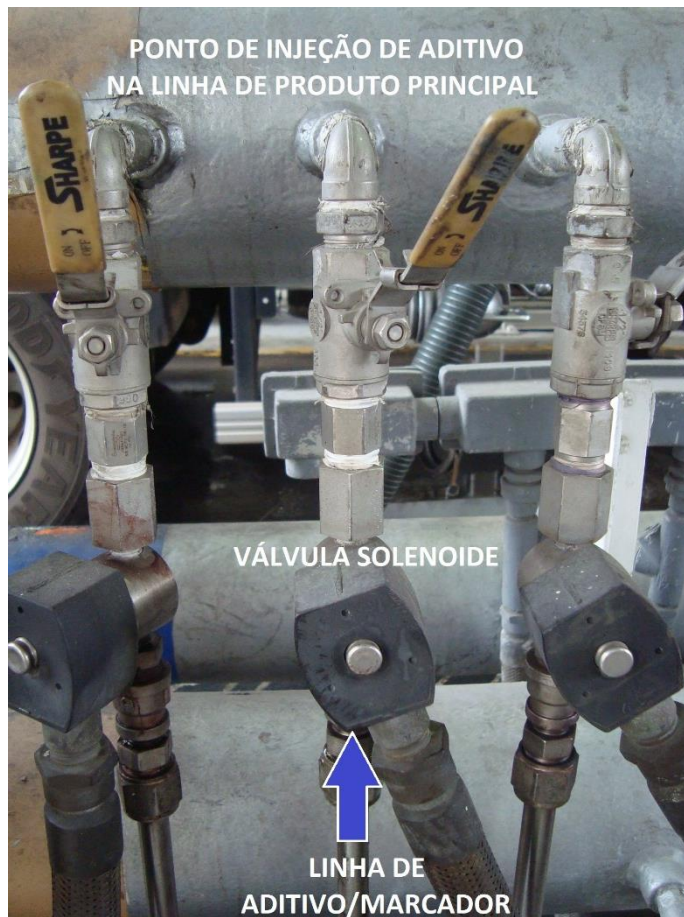
- Quando a vedação de Viton perde sua função a única vedação presente será o contato metal da haste e metal da válvula, que mesmo possuindo uma boa vedação não foi desenvolvida para realizar essa função, ocasionando a passagem de aditivo ou marcador mesmo que em pequenas proporções para a linha de produto principal, podendo aditivar em excesso o combustível final com uma quantidade divergente ao estipulado pelas especificações do produto e pela companhia;
- Em alguns conjuntos o sistema também não possuía uma válvula de retenção, essa bloqueia que o produto principal retorne e contamine a linha de aditivo. Caso a linha esteja contaminada esse produto irá parar nos medidores que todos possuem válvulas de retenção e pontos que ao começar serão verificados que ocorreu esse problema, gerando uma “Falha no Aditivador X” assim bloqueando que um compartimento por concentração inadequada de aditivo ou marcador seja carregado. Caso ocorra mesmo que em pequenas proporções uma contaminação será necessário realizar o descarregamento desse produto e carregado novamente, implicando num tempo de processo de carregamento muito maior e prejuízo para a empresa;

- Ocorre também que esse tipo de válvula solenoide em algumas situações ao receber o sinal acabavam não abrindo completamente após receber o sinal elétrico, gerando uma “Falha no Aditivador X” por erro em não conseguir aditivar. Ou também não fechando completamente devido ao desgaste da mola ou da vedação isso também permitia a passagem de aditivo inadequada para a linha principal com uma taxa menor de aditivo ou maior conforme especificação do produto final;
- Mesmo que em pequenas proporções e em alguns casos a passagem ser mínima, devido a quantidade de auto-tanques carregados diariamente no terminal, quando analisado um controle de falta no tanque de aditivos semanal, o sistema apresentava uma quantidade significativa de falta desse produto, implicando num prejuízo financeiro para a empresa.

Em vários casos esse tipo de desgaste da vedação, contaminação ou passagem inadequada de aditivo o sistema identifica que aconteceu um problema e gera uma “Falha no Aditivador X”, garantindo que o problema seja resolvido para que não aconteça mais esse tipo de falha. Essa falha será gerada, pois o medidor irá contabilizar um volume diferente ao estipulado em um pulso da batelada com as especificações do produto, sendo necessário realizar mais pulsos para consertar esse erro durante o carregamento.

Em alguns casos depois de finalizado o carregamento e constatado a falta de aditivo ou marcador será necessário realizar uma aditivação manual do compartimento para ficar dentro das especificações. Nesse caso o auto-tanque deverá estar numa baia de carregamento do tipo top-loading para que o operador suba e se posicione em cima do auto-tanque, abra o compartimento e coloque a quantidade de aditivo ou marcador faltante. Se o auto-tanque estiver numa baia de carregamento do tipo bottom loading será necessário que o motorista se posicione numa baia de carregamento do tipo top loading para realização do mesmo processo. Tudo isso demanda mais tempo e prejudica no fluxo normal da produção de carregamento de auto-tanque, além de um aumento considerável do tempo de fila. A Fotografia 2 apresenta a instalação do sistema utilizado anteriormente.

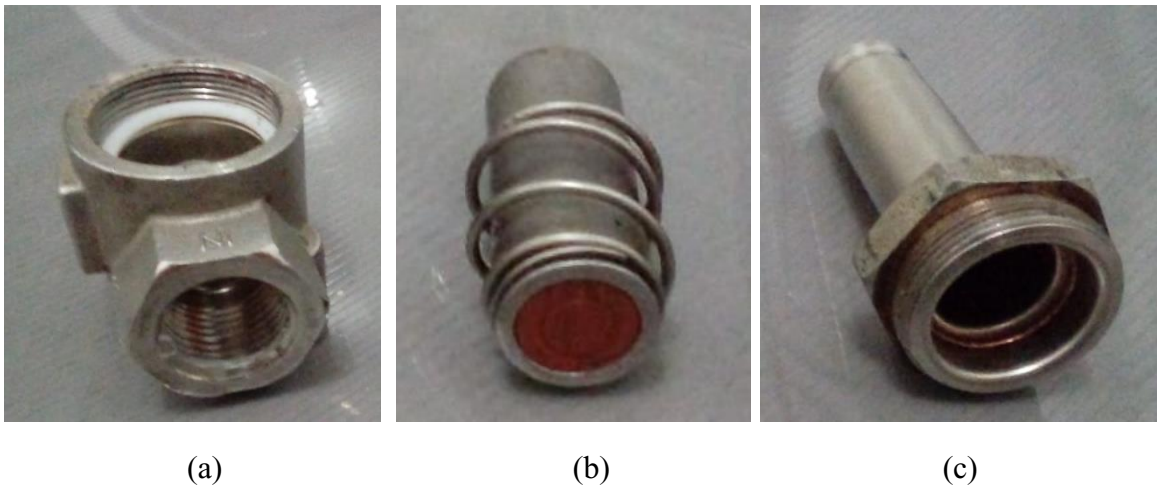
Fotografia 2 - Instalação do sistema utilizado anteriormente



Fonte: Autoria própria.

A Fotografia 3 apresenta seu núcleo móvel (a), mola e vedação utilizada (b) e reparo da válvula solenoide desmontada (c) e Fotografia 4 apresenta a válvula solenoide montada como utilizada na linha de aditivo.

Fotografia 3 - Válvula solenoide desmontada: (a) núcleo móvel; (b) mola e vedação utilizada; (c) reparo da válvula solenoide



Fonte: Autoria própria.

Fotografia 4 - Válvula solenoide montada



Fonte: Autoria própria.

3.3 ANÁLISE DE FALHAS

Um das principais funções da utilização do computador de controle Danload 6000 é o sistema de alerta de falhas no carregamento que o computador possui na sua programação. A falha

tem a função de alertar algum problema que ocorreu antes de iniciar ou durante o carregamento de produtos no auto-tanque. Ela irá impedir que o motorista ou operador retorne o carregamento normalmente, sendo necessário repassar que ocorreu a falha para operador que está no comando da central de comandos ou em alguns casos para o supervisor. Ao avaliar e analisar o motivo da falha, pode-se continuar o carregamento normalmente ou parar imediatamente para resolução do problema. A central possui o sistema com comunicação aos Danload da plataforma e que supervisiona em tempo real, dessa forma facilitando a comunicação via rádio entre plataforma de carregamento e central de comandos.

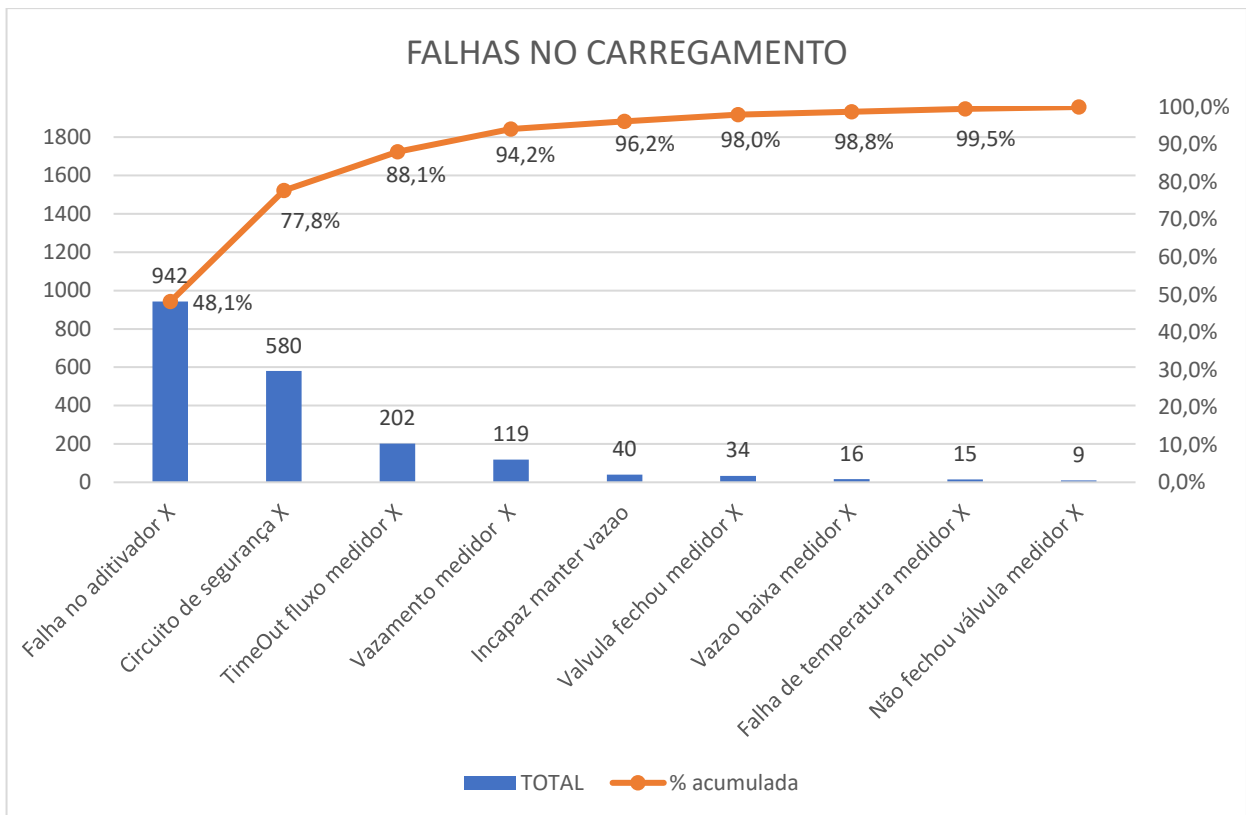
As falhas no carregamento podem ser geradas por diversos motivos: erro na medição da temperatura, problemas na aditivação, erro no tempo da programação e carregamento, erro ou segurança operacional no sensor antitransbordamento, não consegue manter a vazão segura para carregamento (alta ou baixa), válvula que fecha antes de finalizar o carregamento, entre outros. As falhas que ocorrem diariamente são: Falha de temperatura no medidor; Falha no aditivador; TimeOut fluxo medidor (tempo expirado); Circuito de segurança; Incapaz manter vazão; Vazamento medidor; Vazão baixa medidor; Vazão alta medidor; Válvula fechou medidor; Não fechou válvula medidor. Todas ocorrem e informam um número após a falha representando que ela ocorreu em algum ponto específico da programação.

Todas essas falhas são prejudiciais para a produção, pois suspende o carregamento por um tempo variável de espera. Para resolver ou identificar algum problema que o produto fica fora das especificações, deve-se realizar os procedimentos de substituição ou verificação para posteriormente retornar o carregamento e finalizá-lo.

Antes da mudança do sistema de aditivação foram analisados os carregamentos de auto-tanque e identificados quais são as principais falhas que ocorrem. Foram 15 dias de análises, gerando 1957 dados de falhas no carregamento e constatado que 48,1% das falhas (942 falhas), conforme Gráfico 1 são “Falha no Aditivador X”, sendo que X representa o número cadastrado na programação para determinado aditivo ou marcador, as falhas são separadas para cada tipo de aditivo, pois os aditivos e marcadores possuem linhas segregadas. Esse tipo de falha ocorre no momento em que está carregando gasolina, diesel S10 ou diesel S500 e o produto possua algum aditivo e; ou marcador. Conforme o Gráfico 3 de Pareto que apresenta a quantidade de falhas de carregamento antes da alteração do sistema e a relação da porcentagem é possível analisar e priorizar aproximadamente 80% dos problemas, no caso representando os problemas mais graves

e que deverão ser analisados e reduzidos. Infelizmente a falha “Circuito de Segurança X” não é possível redução significativa, pois como o nome informa ela é acusada para garantir a segurança operacional do carregamento de auto-tanque.

Gráfico 3 - Gráfico de Pareto com as falhas de carregamento antes da alteração.



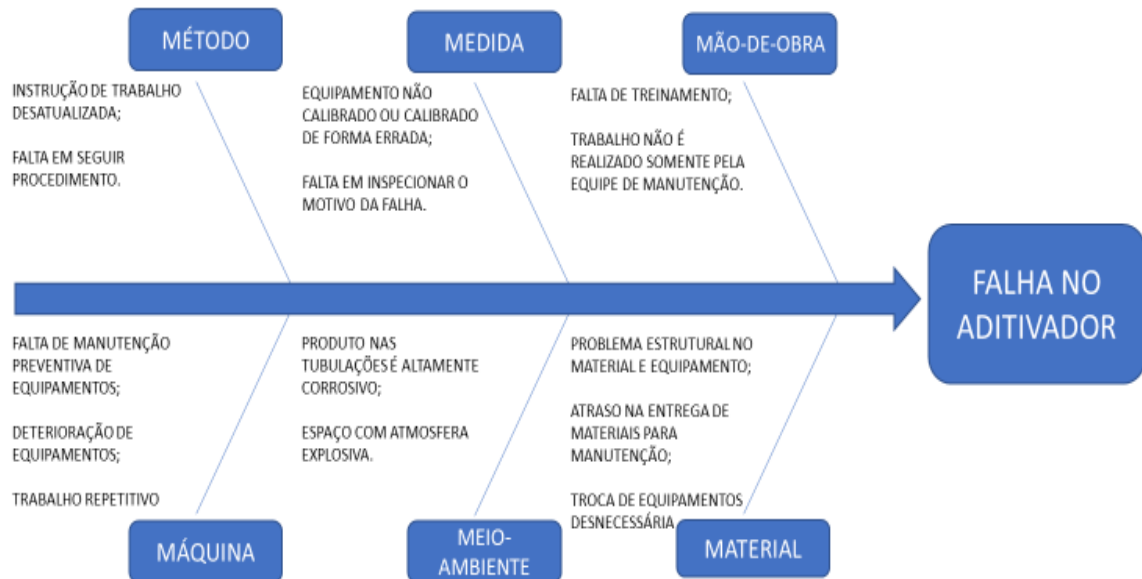
Fonte: Autoria Própria.

Portanto a falha que estamos procurando evitar é a “Falha no Aditivador X”.

A Figura 10 apresenta um diagrama de causa e efeito sobre os principais motivos identificado para acontecer esse tipo falha.

Figura 10 - Diagrama de Ishikawa – Causa e Efeito da “Falha do aditivador”

Diagrama de Ishikawa – Causa e Efeito



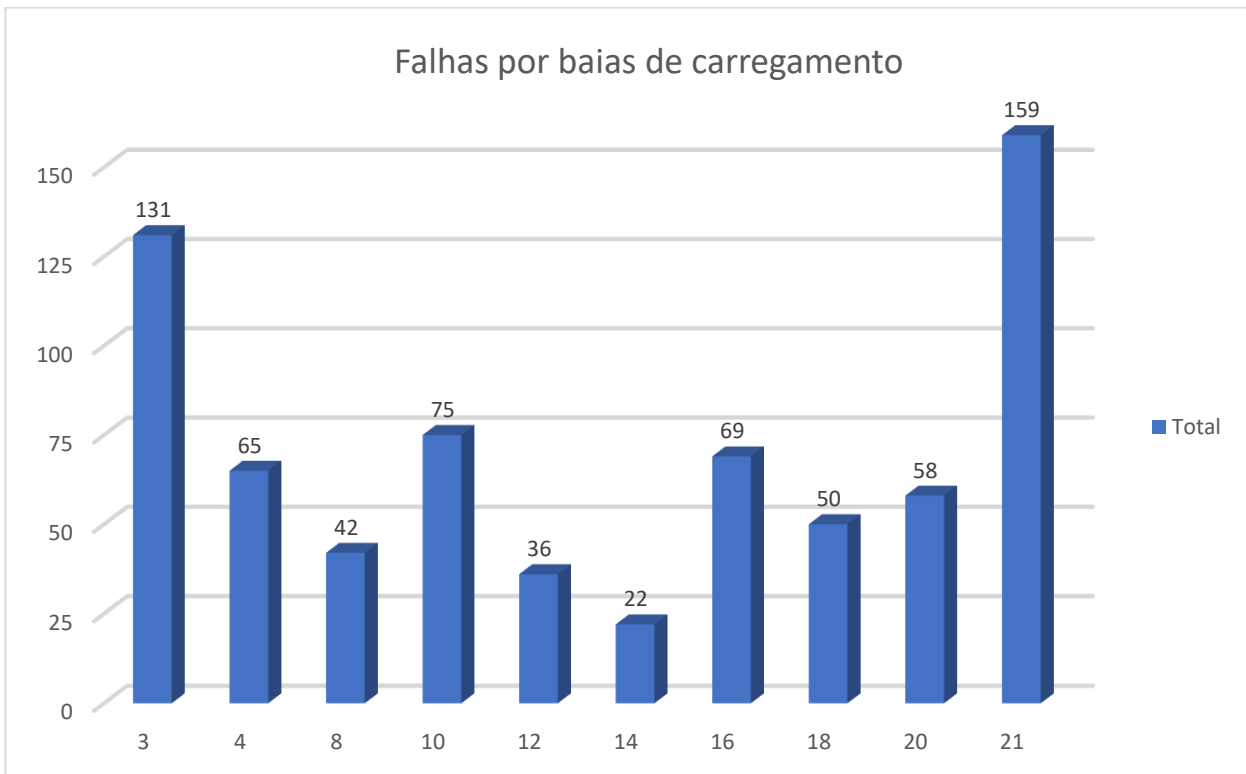
Fonte: Autoria Própria.

Com base nas causas definidas e quantidade de falhas que ocorrem diariamente, constituiu no desenvolvimento do projeto de alteração do sistema de injeção de aditivos e marcadores. Focando na mudança do material alterando para atuador, mudança da vedação, produto a pronta entrega e realizando a troca dos equipamentos somente quando necessária. Alterando a máquina com a realização de manutenção preventiva e manutenções gerais aos demais equipamentos. E alteração na medida com realização de novo procedimento de calibração e inspeção diária dos relatórios de falhas.

3.4 HISTÓRICO DE FALHAS ANTES DA MUDANÇA

O histórico de falhas são os registros que o Danload gera ao acontecer algum tipo de falha antes, durante ou depois do carregamento. Adentrando mais a fundo o Gráfico 4 apresenta as “Falhas de Aditivador X” em baias específicas para identificar a prioridade nas mudanças em algumas situações e nas baias que foram posteriormente alteradas.

Gráfico 4 - Falhas de Aditivador por baias de carregamento



Fonte: Autoria Própria.

O Gráfico 4 apresenta as baias de carregamento que ocorrem a maior concentração de falhas que são as baias 3, 4, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20 e 21 são baias do tipo bottom loading que possuem a prioridade no carregamento, no total de 942 falhas apresentadas em toda a plataforma 707 falhas (75%) são nessas baias que serão utilizadas para alteração do sistema.

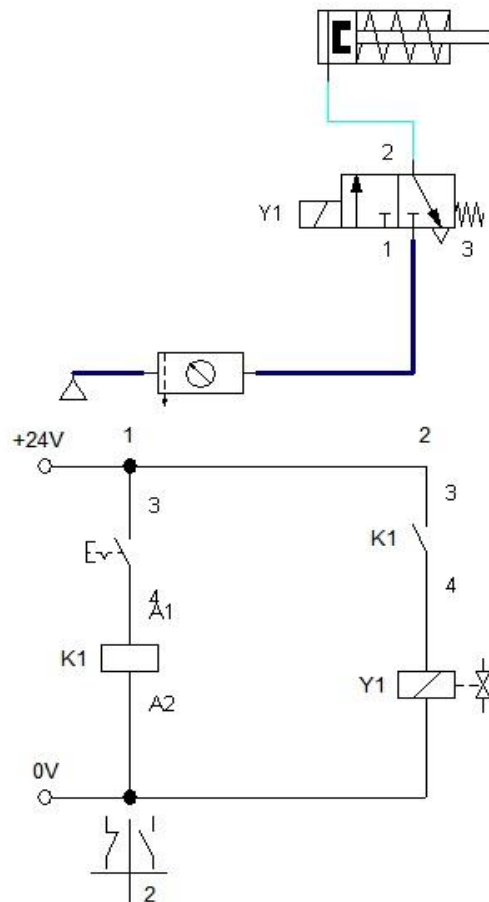
3.5 DESENVOLVIMENTO DO NOVO PROJETO

Para aperfeiçoar o sistema, solucionar os problemas encontrados e reduzir o número de falhas no aditivador foram desenvolvidas as mudanças do sistema de injeção de aditivo e marcador. O principal equipamento alterado foi a válvula solenoide com a alteração de posição, sendo que no projeto anterior a válvula quando acionada abria o fluxo de aditivo ou marcador, agora irá abrir o fluxo de ar comprimido.

Outros equipamentos foram adicionados ao projeto são: Atuador pneumático rotativo de simples ação com retorno por mola, válvula esfera, válvula de retenção e conjuntos de preparação de ar comprimido.

O projeto da solução proposta é baseado na instalação de uma válvula solenoide para acionamento de atuador pneumático com válvula esfera. A Figura 11 apresenta o projeto criado no programa FluidSIM, o circuito encontra-se na posição inicial em repouso. Para efeitos de exemplo no funcionamento, foi utilizado no programa um atuador do tipo linear com retorno por mola. Estão representados na figura também o compressor, conjunto Lubrifil e sistema elétrico para acionamento da válvula solenoide 3/2 vias.

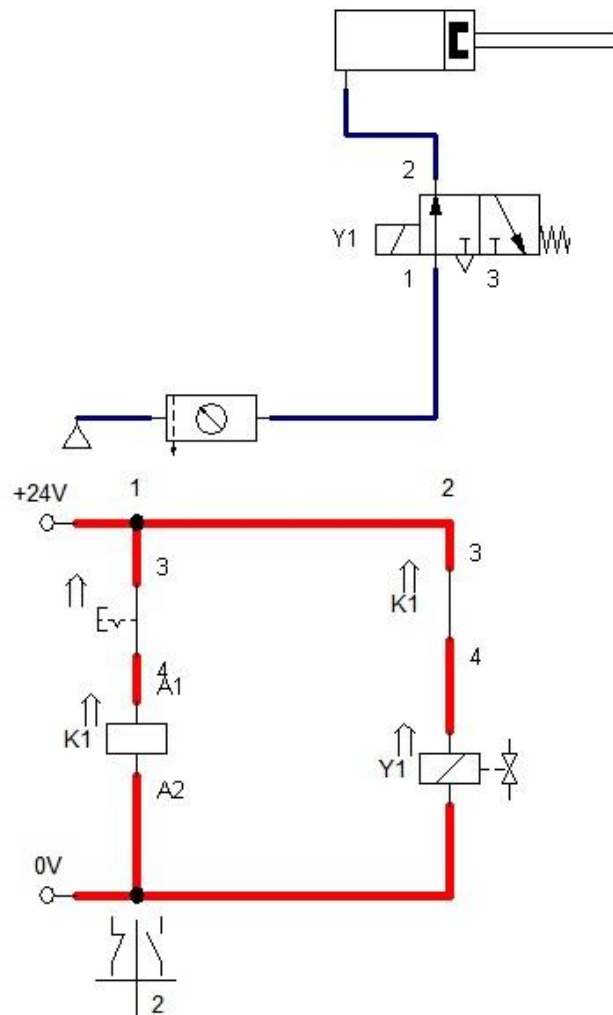
Figura 11 - Circuito em repouso



Fonte: Autoria Própria.

O funcionamento do circuito inicia quando a válvula solenoide recebe um sinal do Danload que alimenta e induz modificações físicas por ação de um campo magnético, então ocorre um deslocamento de um núcleo metálico (haste) e possui a passagem de ar comprimido pela válvula. O ar permite o acionamento do atuador que abre a válvula esfera, esse abertura é um deslocamento que gira a válvula esfera, permitindo o fluxo do fluido (aditivo ou marcador) transportado na tubulação, após passar pela válvula de retenção irá aditivar uma quantidade estipulada pela especificação na linha do produto principal. A Figura 12 apresenta o circuito em funcionamento com o sistema elétrico recebendo o sinal do Danload que alimenta a válvula solenoide ocorrendo a passagem de ar comprimido e acionando o atuador.

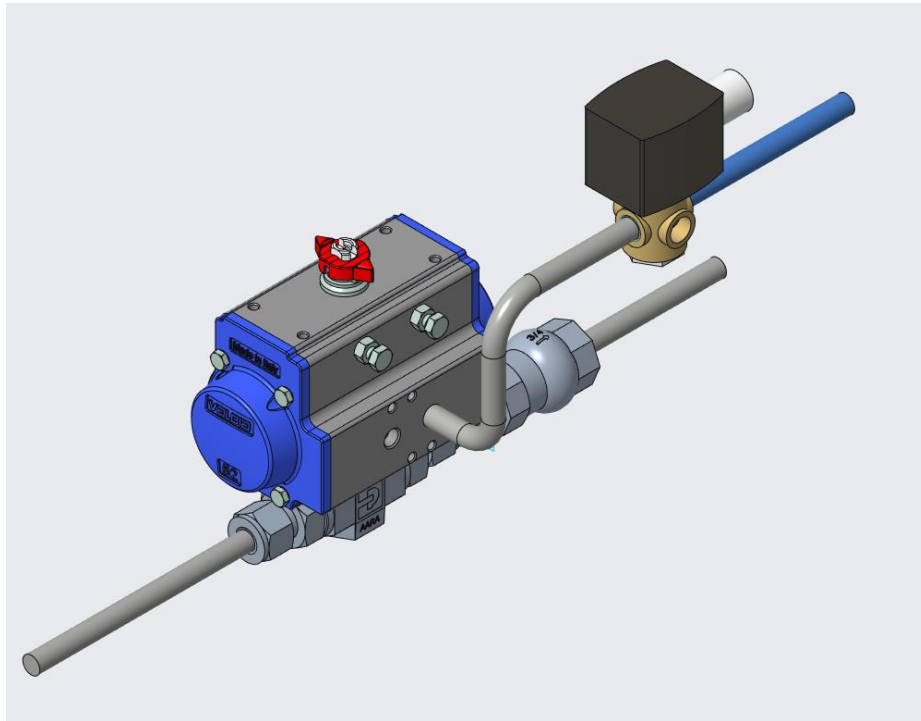
Figura 12 - Circuito em funcionamento



Para vedar completamente a linha da entrada e saída agora da passagem de ar comprimido continua sendo utilizado uma vedação de Viton na parte inferior da haste. Ao finalizar a aditivação o Danload interrompe o sinal com a válvula solenoide, fecha a passagem de ar comprimido e alivia a pressão do atuador que é do tipo retorno por mola e que fecha a válvula esfera finalizando a aditivação e retornando para a posição inicial. Também possui uma válvula de retenção que elimina o retorno da linha principal para a linha de aditivos.

O projeto foi desenvolvido em CAD na Figura 13 para visualização da instalação dos equipamentos e análise de como o sistema ficará montado. O Anexo A apresenta a montagem do sistema novo em desenho 2D em CAD.

Figura 13 - Projeto em CAD



Fonte: Autoria Própria.

3.6 COMPONENTES UTILIZADOS

Conforme discutido anteriormente o dimensionamento de projeto de um sistema pneumático deve atender a eventuais desenvolvimentos de novos projetos. Com a instalação dos

atuadores e maior demanda de ar comprimido o sistema de ar comprimido atual na instalação é suficiente para atender a todos os equipamentos pneumáticos.

O terminal possui 2 compressores GA 22+ da AtlasCopco, são compressores de parafuso de um estágio, injetados a óleo, acionados por motor elétrico e resfriados a ar. Atualmente trabalham em conjunto com saída do compressor próximo a 7 bar, temperatura de saída do elemento de 90 °C e ponto de orvalho do secador próximo de 5 °C, regulagem a pressão de alívio de 8 bar e pressão de carga de 6,5 bar. Todos os parâmetros são programáveis e o compressor tem seu funcionamento automático e de fácil acesso a verificação e ajustes pelo painel de controle. A Fotografia 5 apresenta os dois compressores da instalação (ATLAS COPCO, 2015).

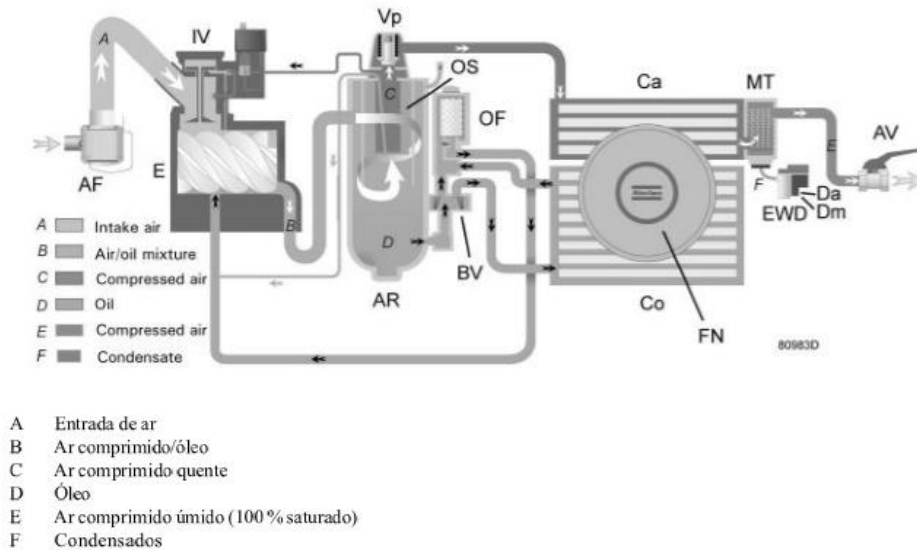
Fotografia 5 - Compressores da instalação



Fonte: Autoria Própria.

A Figura 14 apresenta um fluxograma de funcionamento do fluxo de ar desse tipo de compressor.

Figura 14 - Fluxograma do ar



Fonte: Catálogo Atlas Copco (2015).

O fluxograma demonstra como o ar é captado por um filtro de entrada de ar (AF) e da válvula de entrada abertura (IV) que ao passar pelo compressor (E) será comprimido. O ar comprimido e o óleo escorrem para o reservatório de ar e separador de óleo (AR). Depois é descarregado através da válvula de pressão mínima (Vp) que controla a pressão para que não chegue na pressão mínima e possui uma válvula de retenção para garantir que o ar comprimido retorne para a rede. Também pode ser descarregada pelo resfriador de ar (Ca). O ar irá passar pelo coletor de condensados (MT) e depois pode ser utilizado para trabalho ao sair pela válvula de saída (AV) (ATLAS COPCO, 2015).

O reservatório de ar comprimido da Fotografia 6 é um vaso de pressão desenvolvido da Atlas Copco, código de projeto ASME VIII, Div.1, edição 2013, classe C, grupo potencial de risco 4, categoria IV. Possui volume de 1000 Litros, pressão máxima de trabalho admissível de 11 kgf/cm², pressão de teste hidrostático 14,3 kgf/cm², temperatura de projeto de 100°C.

Fotografia 6 - Reservatório de ar comprimido



Fonte: Autorial Própria.

Os conjuntos de preparação de ar comprimido utilizados nas linhas antes do ar chegar no atuador é da série 21 mini. Esse conjunto possui equipamentos indispensáveis para utilização de equipamentos pneumáticos no caso o atuador pneumático, pois tem a função de filtrar, regular a pressão, lubrificar o ar comprimido e garante um aumento da vida útil dos equipamentos que serão utilizados na linha. O grau do elemento filtrante coalescente são U e F com eficiência de 99,999% de remoção de partículas. (WERK SCHOTT, 2013). A pressão regulada para trabalho é de 6 bar. A Fotografia 7 apresenta o modelo de filtro utilizado.

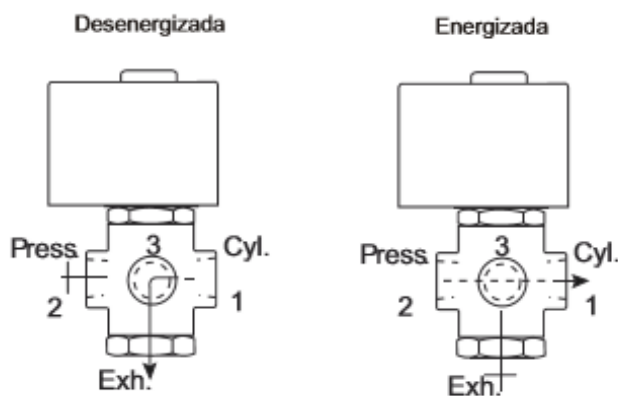
Fotografia 7 - Filtro utilizado no projeto



Fonte: Autoria Própria.

A válvula solenoide utilizada é de ação direta e disco de núcleo, 3/2 vias com modo de operação Normalmente Fechada (NF), código de série 8320 da Ascoval. Possui corpo e assento em latão, base da solenoide em aço inox 305, núcleo móvel aço inox 430F, molas de aço inox 302, vedações de borracha nitrílica (NBR) ou viton. A Figura 15 apresenta um diagrama de fluxo da válvula NF, sendo que possui três conexões e dois orifícios. Na sua posição fechada ela está desenergizada e aberta quando energizada (ASCOVAL, 2011).

Figura 15 - Diagrama válvula NF



Fonte: Catálogo Ascoval (2011).

A Fotografia 8 apresenta o conjunto da bobina e válvula solenoide utilizada, tamanho da bobina da Ascoval, modelo M-XX, com proteção encapsulada e molda em epóxi sob pressão, modelo Ex aprova de explosão, C.C 12V – 24V. Outras informações sobre a válvula solenoide está presente no Anexo B.

Fotografia 8 - Válvula solenoide utilizada no projeto



Fonte: Autoria Própria.

3.7 CALIBRAÇÃO E MANUTENÇÃO DO SISTEMA DE ADITIVAÇÃO

A configuração para realizar a injeção de aditivos é realizada com o sistema das programações dos tipos de aditivos específicos para cada produto, medidor e válvulas. O sistema utilizado é uma solução econômica e automatizada para carregamento de produtos que necessitam de aditivos, pois irá funcionar misturando produto e aditivo diretamente no braço de carregamento, contabilizando a concentração de produto exata, registrando em relatório o volume de aditivo utilizado criando um banco de dados para contabilizar o volume total e administrar o inventário, também calibrar o medidor com um sistema inteligente de pulsos e controle de vazão. A calibração do medidor de aditivo é simples e deverá determinar o fator K do medidor de cada tipo de aditivo, o procedimento realizado é energizando as saídas da bomba de aditivo, pressurizando a linha do produto principal simulando o carregamento real, desviando o aditivo para uma proveta graduada com a aditivção em ciclos de injeção configurados durante um teste. Para o processo de um ciclo

de injeção de aditivo o Danload irá computar o número de pulsos durante um ciclo baseado no volume de dosagem, no fator K e numa taxa de aditivo por 1000 unidades de produto. Após ele energiza a saída de dosagem do aditivo, espera a frequência dos pulsos do medidor seja contabilizada, não havendo mais nenhum pulso fica desenergizada a saída de dosagem, analisa a quantidade de aditivo na proveta e registrado no teste, estando dentro da conformidade a calibração dos medidores de aditivo estão conformes e prontos para operar. Caso contrário altera-se o fator K (Equação 1) conforme a diferença de volumes entre proveta e teste e repete o procedimento.

$$k_{novo} = \frac{(k_{velho} * Volume_{teste})}{Volume_{proveta}} \quad (1)$$

O medidor de aditivo e a válvula on e off devem estar disponíveis num painel exclusivo de aditivação para posteriormente realizar sua calibração, sendo que deve-se analisar as especificações da frequência de entrada de alta velocidade e a largura de pulso mínimo em relação a saída do medidor.

O planejamento de um plano de manutenção e ordens de manutenção para válvulas pneumáticas do sistema de aditivação é fundamental para garantir o seu funcionamento perfeito, a ordem será realizada mensalmente, nela irá constar itens como inspeção, reparo, manutenção ou substituição de equipamentos. As principais verificações são: verificação da integridade dos equipamentos, verificação de vazamentos de ar comprimido, verificação do óleo, teste de abertura e fechamento de válvulas. A garantia desse controle executado e analisado irá atuar diretamente nas ações de manutenções preventivas e corretivas, além de garantir uma melhoria contínua do processo.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo são apresentados as mudanças e vantagens do sistema de aditivação com a utilização do atuador, o tipo e especificações do atuador utilizados, histórico de falhas após mudança.

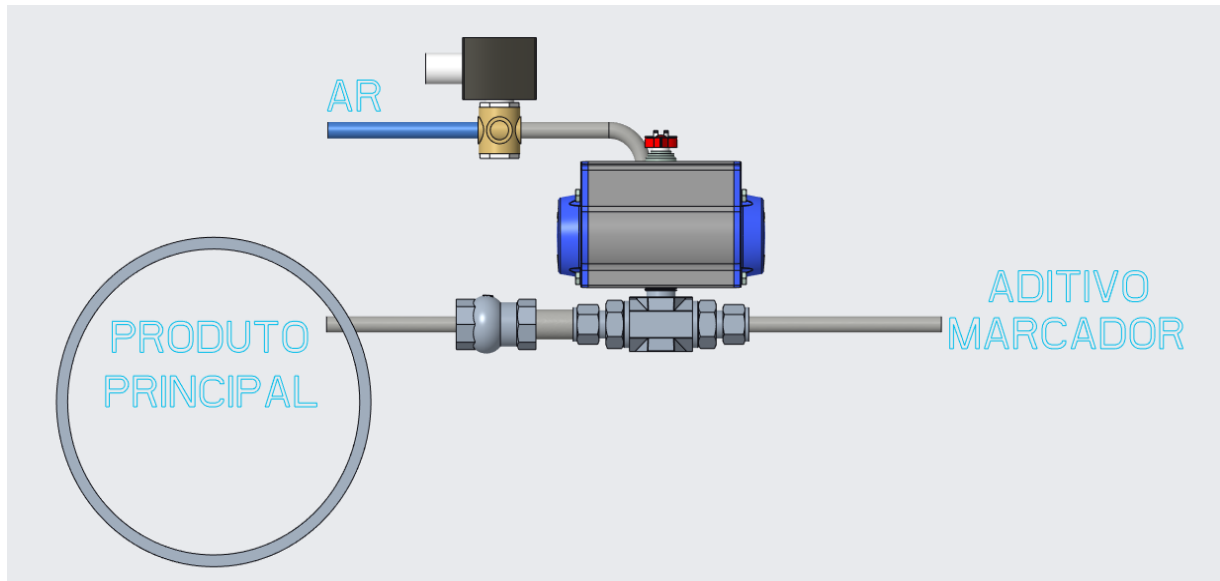
4.1 MUDANÇAS E VANTAGENS DO NOVO SISTEMA

Os resultados e as vantagens no desenvolvimento e utilização do novo projeto da instalação do sistema de injeção de aditivo com a válvula solenoide para acionamento de atuador pneumático estão apresentados a seguir:

- As vedações não possuem mais contato direto com o aditivo ou marcador, ficando em contato direto agora com o ar comprimido, aumentando consideravelmente sua durabilidade e diminuindo a manutenção da troca da vedação;
- A vedação depois de vários trabalhos repetitivos também acabará perdendo sua função, mas isso ocorrerá milhares de ciclos depois comparado ao sistema anterior. Nesse caso quando a vedação perder sua função terá passagem de ar comprimido que será insuficiente para acionar o atuador devido a força da mola, eliminando a chance de acionar o atuador e de ocorrer a passagem inadequada de aditivo ou marcador;
- Todos os conjuntos agora possuem válvula de retenção para bloquear o retorno do produto principal para a linha de aditivo, eliminando o risco de contaminação da linha.
- A válvula solenoide, caso receba o sinal, irá acionar o atuador com válvula esfera que possui apenas duas posições, aberta ou fechada. Eliminando assim uma falha por erro na quantidade de produto que estava estabelecido no ciclo de aditivação e que anteriormente não ficava toda aberta ou toda fechada;
- Aumenta a confiabilidade do controle de falta de produto no tanque de aditivo e marcadores;
- O Atuador é do tipo retorno por mola que ao finalizar a aditivação fecha completamente a válvula esfera, evitando que ela fique aberta passando aditivo/marcador para a tubulação principal.

A Figura 16 apresenta o projeto do sistema novo com desenho em CAD, especificando a linha de ar comprimido que alimenta a válvula solenoide 3/2 vias, após receber o sinal a válvula permite a passagem do ar comprimido que aciona o atuador pneumático e gira a válvula esfera, permitindo a passagem do aditivo ou marcador para a tubulação de produto principal.

Figura 16 - Montagem do projeto



Fonte: Autoria Própria.

A Fotografia 9 apresenta como foram realizadas as instalações dos equipamentos no novo projeto e a utilização do atuador e válvula esfera, conforme projeto.

Fotografia 9 - Instalação dos equipamentos novo projeto



Fonte: Autoria Própria.

A Fotografia 10 apresenta a instalação dos equipamentos posicionados sequencialmente para todos os tipos de aditivos e marcadores para um determinado produto principal.

Fotografia 10 - Posicionamento dos equipamentos



Fonte: Autoria Própria.

A Fotografia 11 apresenta a mais detalhadamente a instalação e posicionamento da válvula solenoide.

Fotografia 11 - Posicionamento válvula solenoide



Fonte: Autoria Própria.

Também constituiu a mudança do método de aditivação que será utilizado após alteração, agora será o método de injeção por controle, controlado com uma válvula solenoide e atuadores, sendo dose variável por ciclo de dosagem e medidor de aditivo. A vantagem de utilizar o método por controle é que ao finalizar a injeção a saída de dosagem é desativada ao atingir o volume ideal, diferente dos outros métodos que ao finalizar um carregamento a injeção irá finalizar e será necessário metade do volume da próxima dosagem inicial para limpeza da linha que foi carregada pelo aditivo, sendo desperdiçado esse volume do primeiro pulso e garantindo a quantidade exata da proporção aditivo e combustível.

4.2 ATUADOR UTILIZADO

Os atuadores pneumáticos utilizados são de simples ação com retorno por mola rotativos (SR) que são equipamentos utilizados para automação de válvulas esferas. O atuador é do tipo AP SR 52 da marca MGA, irá trabalhar com normalmente pressão de alimentação de 6 bar e algumas especificações são apresentadas a seguir na Tabela 1. (MGA, 2019).

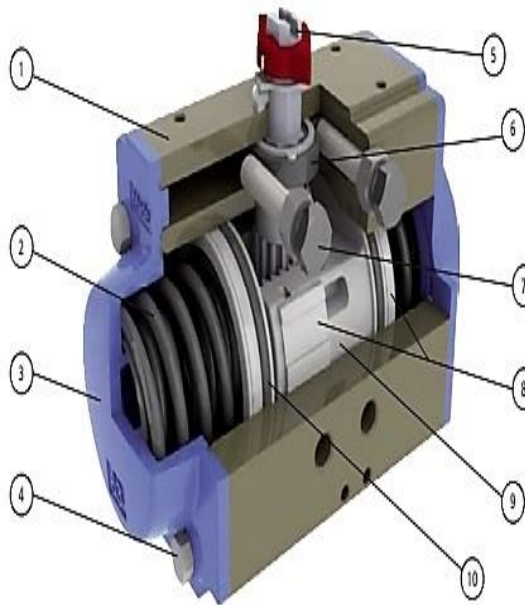
Tabela 1 - Pressão de alimentação atuador

MODELO	MONTAGEM SET	TORQUE DE MOLAS 9 (Nm) SPRING TORQUE (Nm)		PRESSÃO DE ALIMENTAÇÃO (bar)															
				2,5		3		4		5		5,5		6		7		8	
		0° MMD	90° MMC	0° MAD	90° MAC	0° MAD	90° MAC	0° MAD	90° MAC	0° MAD	90° MAC	0° MAD	90° MAC	0° MAD	90° MAC	0° MAD	90° MAC	0° MAD	90° MAC
SR52	01	3.6	4.9	4.5	1.6	6.4	3.5	10.2	7.4										
	02	4.8	6.7			5.2	1.7	9.0	5.6	12.8	9.4								
	03	5.2	7.5					8.6	4.8	12.4	8.6	14.3	10.5	16.2	12.4				
	04	6.5	9.3					7.3	3.0	11.2	6.8	13.1	8.7	15.0	10.6	18.8	14.5		
	05	8.1	11.9							9.5	4.3	11.4	6.2	13.3	8.1	17.1	11.9	20.9	15.7

Fonte: Catálogo MGA (2019).

As vantagens desse tipo de atuador é que possui uma vedação hermética quando fechada, que caso falte energia ou ar comprimido o atuador irá retornar para a posição inicial da válvula que pode ser aberta ou fechada, no caso do projeto é utilizado para que feche e evite a contaminação de produtos na linha ou no auto-tanque. Possuem conexão para válvula solenoide conforme Norma de Segurança Intrínseca (Nemur) utilizados em instalações que possuem atmosfera potencialmente explosivas e evitam a detonação da atmosfera por faíscas elétricas. A lubrificação da montagem do atuador é garantida por toda vida do atuador. O acoplamento utilizado para rotação é do tipo pinhão cremalheira que possui torque constante, projeto robusto e compacto e forças internas balanceadas. A Figura 17 (BERMO, 2019) apresenta algumas características importantes de atuadores pneumáticos, sua estrutura e vantagens.

Figura 17 - Características do atuador pneumático



1 CORPO EM ALUMÍNIO EXTRUDADO UNI 6060:
 - Tratamento superficial de oxidação dura 45-50 (micron);
 - Alta resistência ao desgaste;
 - Adequado para ambiente corrosivo;
 - Sob consulta, pode ser fornecido com revestimento de níquel ou PTFE;
 - O elevado grau de acabamento da superfície interna aumenta a durabilidade dos componentes.

2 MOLAS CONCÊNTRICAS:
 - Revestimento padrão pintado;
 - Elevada resistência e fiabilidade ao longo do tempo;
 - Versatilidade de torque em função da pressão disponível, variando o conjunto;
 - Parafusos de fixação das tampas suficientemente longos para permitir o relaxamento das molas para manutenção interna do atuador;
 - Dimensões do atuador idênticas nas versões DA/SR.

3 TAMPAS EM ALUMÍNIO INJETADO:
 - Revestidas com pintura epoxi;
 - Sob consulta, pode ser fornecido com revestimento de níquel ou PTFE.

4 PARAFUSOS DE MONTAGEM:
 - Em aço inox.

5 PINHÃO EM AÇO:
 - Tratamento padrão de níquel químico resistente a corrosão interna e externa;
 - Opcional pode ser fornecido em aço inox;
 - Sistema antiexpulsão.

6 BATENTES DE REGULAGEM 0° - 90°
 - Em aço inox;
 - Regulagem de abertura e fechamento +/- 5°.

7 PARAFUSO DE REGULAGEM DE ROTAÇÃO 0° - 90°
 - Em aço inox.

8 GUIAS EM POM PADRÃO:
 - Ampla área de contato;
 - Ótimo deslizamento e autolubrificante;
 - Elevada durabilidade.

9 PISTÕES EM ALUMÍNIO INJETADO:
 - Opcional em banho de níquel químico.

10 VEDAÇÕES:
 - NBR nos modelos standard;
 - Viton para altas temperaturas;
 - Silicone para baixas temperaturas.

Fonte: Catálogo Bermo (2019).

A válvula esfera juntamente com os atuadores pneumáticos são utilizados para o bloqueio ou abertura total do fluxo de fluidos (0 ou 90 graus), não são indicadas para utilizações que precisam de regulagem com ângulos diferente.

O tempo de operação pode ser observado na Tabela 2 e apresenta extrema rapidez, eficácia e mínima perda de carga de fluxo.

Tabela 2 - Tempo de operação

		TEMPOS DE OPERAÇÃO (SEG)															
		VERSÃO		MODELO													
ROTAÇÃO 0° - 90°			32	52*	63*	75*	85*	100*	115	125	140	160	180	200	230	270	330
	ROTAÇÃO ANTI-HORÁRIA (DA)	CCW	0,03	0,07	0,11	0,18	0,36	0,38	0,60	0,80	1,13	1,43	1,99	3,08	4,15	6,16	5,50
	ROTAÇÃO HORÁRIA (DA)	CW	0,03	0,05	0,10	0,15	0,25	0,34	0,54	0,70	0,94	1,25	1,80	2,41	3,80	5,47	5,50
	ROTAÇÃO ANTI-HORÁRIA (SR)	CCW	-	0,07	0,13	0,32	0,32	0,54	0,92	1,20	1,64	2,27	3,08	3,58	6,20	8,97	6,40
	ROTAÇÃO HORÁRIA (SR)	CW	-	0,07	0,13	0,22	0,30	0,48	0,75	0,94	1,25	1,60	2,38	2,80	5,40	6,62	7,40

Obs.: As taxas fixas foram obtidas com pressão 6 bar, sem válvula aplicada.

* Também se aplica em atuadores aço inoxidável

Fonte: Catálogo MGA (2019).

Os produtos também são de alta confiabilidade, durabilidade, resistência, fácil instalação, apresentam alto desempenho após vários ciclos de utilização e muito leves, ideais para aplicação conforme Tabela 3 que apresenta uma tabela de pesos dos atuadores.

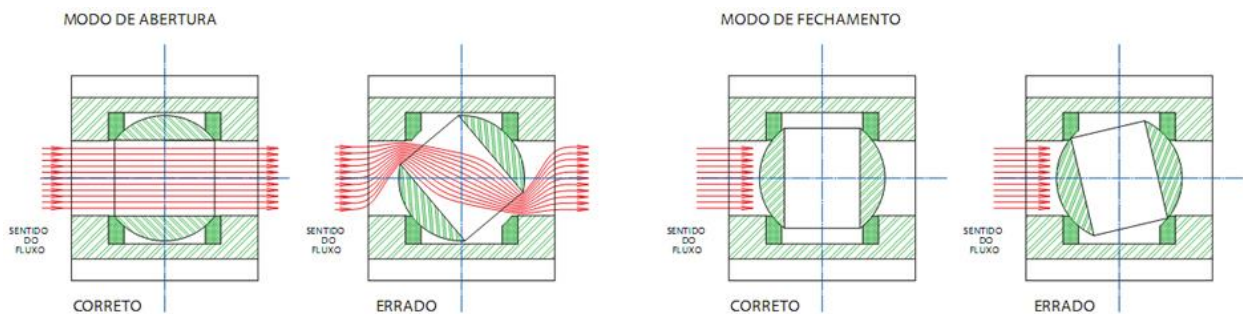
Tabela 3 - Tabela de pesos atuadores

TABELA DE PESOS (KG)															
VERSÃO	MODELO														
	32	52	63	75	85	100	115	125	140	160	180	200	230	270	330
DA 90°	0,49	1,12	1,66	2,78	3,90	5,50	8,85	10,80	16,30	21,75	29,00	37,00	58,50	82,67	168
SR 90°	-	1,30	1,97	3,39	4,80	7,00	11,45	14,08	21,80	29,50	39,90	55,00	71,00	100,27	209

Fonte: Catálogo MGA (2019).

A MGA apresenta alguns cuidados que foram analisados para garantir as condições de utilização dos atuadores e válvulas e serviço de garantia por 6 meses para defeito no material ou fabricação. Verificado no momento da instalação que a válvula estava na posição aberta para evitar danos a esfera. Verificou o alinhamento da tubulação, pois caso seja instalado errado resulta no aumento do torque e funcionamento incorreto do atuador. A pressão da rede de ar comprimido deve ser entre 5 a 7 bar para funcionamento. Para fechar a válvula o atuador irá girar no sentido horário e para abrir no sentido anti-horário. A manutenção das válvulas é gerada na troca das vedações e aperto de parafusos, a Figura 18 apresenta como será instalada as válvulas no modo de abertura e fechamento conforme o fluxo do fluido para evitar danos por erro de instalação.

Figura 18 - Modo de abertura e fechamento ideal para instalação



Fonte: <https://www.mga.com.br>. Acesso em: 11 de outubro de 2019.

Um fator importante para o atuador utilizado e levando em consideração todo o sistema pneumático foi o baixo consumo de ar, a Tabela 4 (MGA, 2019) apresenta os consumos de ar desse tipo de atuador para levar em consideração se possui a necessidade de alterações significativas no

projeto da rede e equipamentos de produto, tratamento e distribuição do ar comprimido no sistema. No caso o projeto foi analisado com base no sistema pneumático instalado da empresa.

Tabela 4 - Consumo de ar dos atuadores

TABELA DE CONSUMO DE AR DOS ATUADORES (LITROS / 1LITRO = 1.000cm ³)																	
0° - 90°	VERSÃO	MODELO															
		32	52*	63*	75*	85*	100*	115	125	140	160	180	200	230	270	330	
	ROTAÇÃO ANTI-HORÁRIA (DA/SR)	CCW	0,04	0,10	0,19	0,36	0,51	0,79	1,29	1,63	2,26	3,61	4,63	5,70	10,68	15,0	25,5
	ROTAÇÃO HORÁRIA (DA)	CW	0,03	0,13	0,23	0,44	0,64	1,00	1,71	2,21	3,16	5,02	6,60	10,55	15,05	17,8	44,2

Obs.: Para obter o consumo de ar em NI / min multiplicar o valor na tabela para os parâmetros em uso ou seja, para o abastecimento de pressão absoluta e o número de golpes / minuto.

* Também se aplica em atuadores aço inoxidável

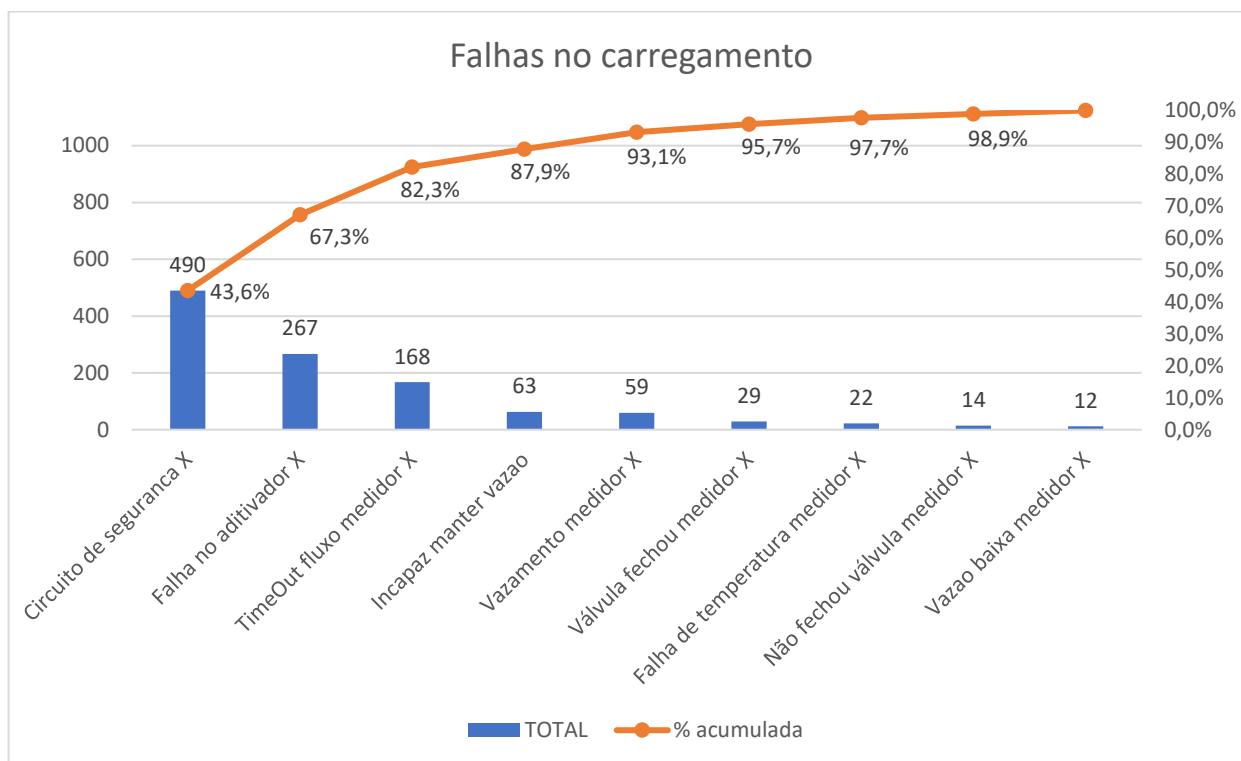
Fonte: Catálogo MGA (2019).

O Anexo C apresenta um desenho técnico do atuador da MGA e suas dimensões importantes para análise do projeto (MGA, 2019). O Anexo D apresenta um atuador em vista explodida e todos os componentes que possui (BERMO, 2019).

4.3 HISTÓRICO DE FALHAS DEPOIS DA MUDANÇA

Depois da mudança do sistema de aditivação foram analisados os carregamentos de auto-tanque e identificados novamente em forma de Gráfico de Pareto, as principais falhas que ocorrem e suas respectivas quantidades e porcentagens comparado ao total. Foram 15 dias de análises após instalação do projeto, gerando agora um total de 1124 dados de falhas no carregamento, comparado a análise inicial de 1957 dados de falhas no carregamento, houve uma redução de 42,6 % das falhas totais em toda a plataforma. Constatado também que agora 23,8% das falhas (267 falhas), conforme Gráfico 5 são “Falha no Aditivador X”.

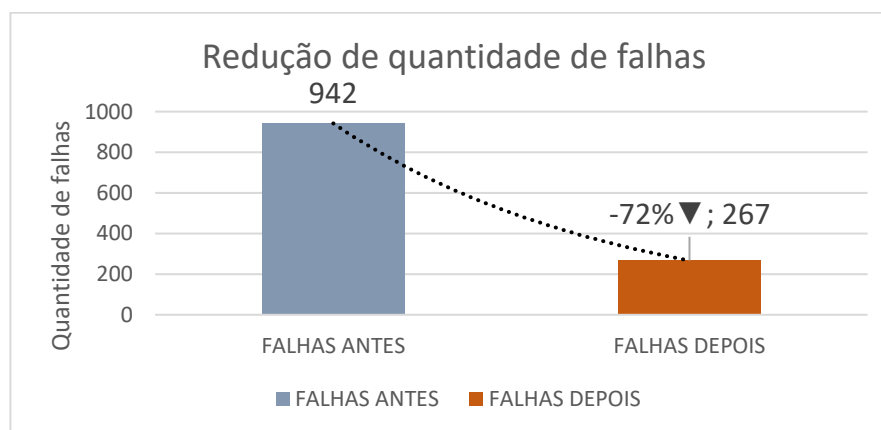
Gráfico 5 - Gráfico de Pareto com as falhas de carregamento novo projeto



Fonte: Autoria própria.

Comparado a análise anterior do Gráfico 1, a “Falha no aditivador X” era o tipo de falha que mais ocorria durante o carregamento, sendo que agora tornou-se a segunda falha que mais ocorre em todo o sistema, antes eram 942 falhas, diminuindo para 267 falhas uma redução de 71,7% dos casos desse tipo de falha, Gráfico 6.

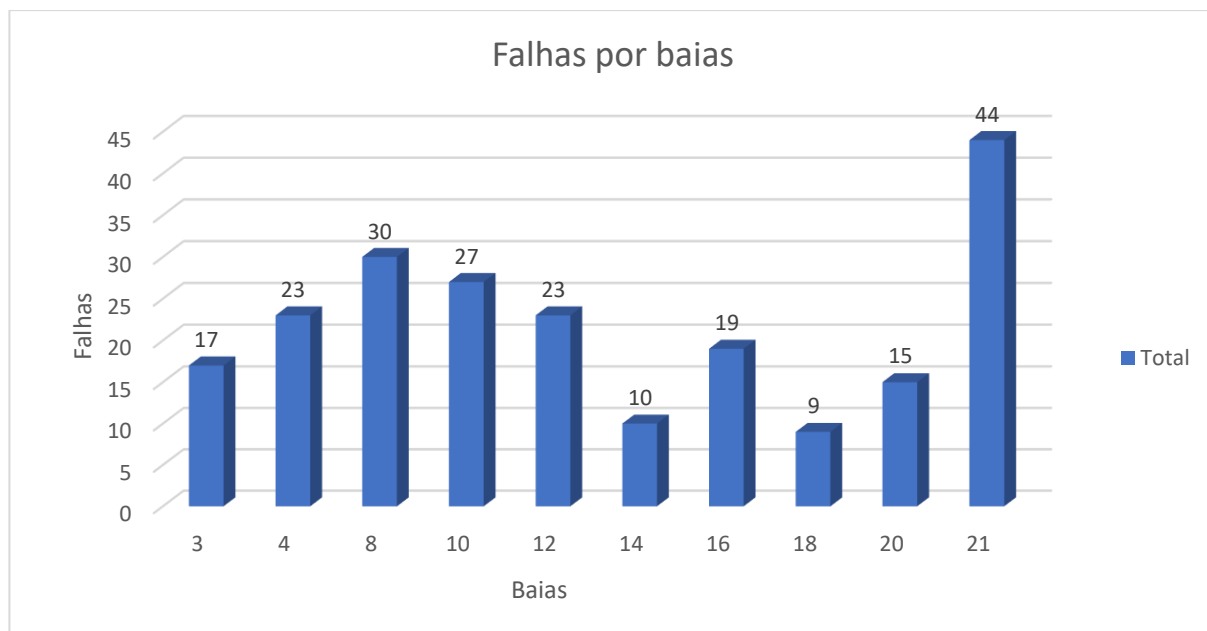
Gráfico 6 - Redução da quantidade de falhas



Fonte: Autoria própria.

O histórico de falhas depois da alteração do sistema gerou o Gráfico 7 que apresenta as “Falhas de Aditivador X” em baias específicas em que foram realizadas as alterações do sistema, no caso são as baias 3, 4, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20 e 21.

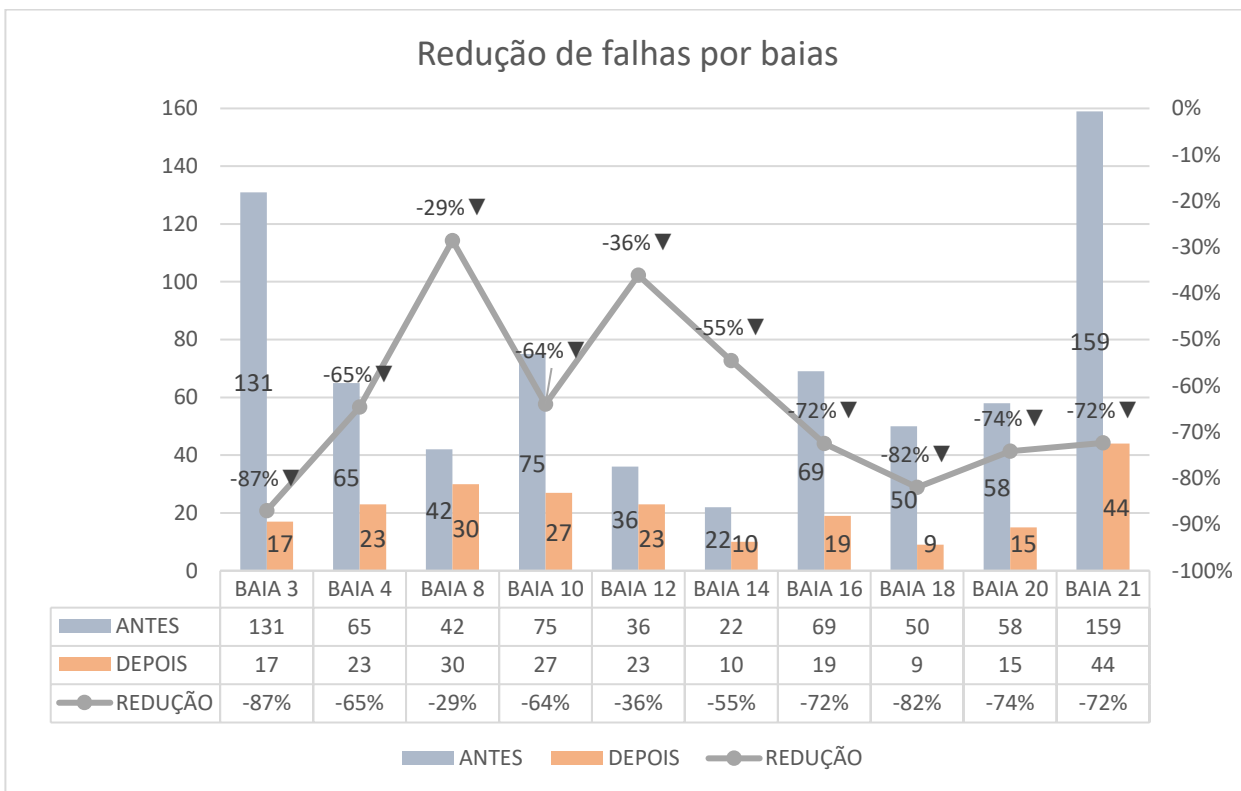
Gráfico 7 - Falhas de aditivador por baias de carregamento novo projeto



Fonte: Autoria própria.

O Gráfico 4 apresenta as baias de carregamento que no total de 267 falhas apresentadas em toda a plataforma 217 falhas (81,3%) são nas baias utilizadas para alteração do sistema. Uma redução significativa em todas as baias é analisada com os dados de antes e depois conforme Gráfico 8.

Gráfico 8 - Redução de falhas baias de carregamento antes e depois do novo projeto



Fonte: Autoria própria.

Em alguns casos possuindo redução de até 87% da quantidade de falhas. Confirmando que a análise e alteração do sistema de injeção apresentado possui resultados significativos para a redução de falhas.

5. CONCLUSÃO

Neste trabalho, foi realizado a análise e alteração de sistema de atuadores pneumáticos em injeção de aditivos e marcadores de combustíveis, o qual apresentou resultados que foram obtidos, analisados e comparados antes e após alteração do sistema, apresentando em geral uma melhoria significativa de redução de 72% da “Falha do Aditivador”, falha essa que apresentava aproximadamente metade dos problemas que ocorriam durante o carregamento e que em algumas baias tiveram redução de até 87% das quantidades de falhas.

Como analisado esse tipo de falha resulta em prejuízo financeiro com o aumento do tempo de carregamento, necessidade constante da manutenção de equipamentos, casos de contaminações de produtos, entre outros fatores que afetam também na segurança operacional do carregamento de auto-tanque. Com a alteração do sistema com a utilização de atuadores pneumáticos esses problemas apresentados tiveram reduções satisfatórias, tornando o processo muito mais fluído e eficiente. O Diagrama de Ishikawa analisado centralizou o problema na alteração do material, máquina e medida, no caso com a implementação dos atuadores, manutenções preventivas nos equipamentos, além de treinamento específico sobre manutenção e calibração dos equipamentos.

Os custos de implementação do projeto inicialmente podem ser considerados altos, pois é necessário a aquisição de novos equipamentos e atuador, porém o retorno sobre o investimento é rapidamente obtido em terminais com grande fluxo de carregamentos.

É recomendado o desenvolvimento para todas as demais baias que não receberam a alteração para padronização do sistema de injeção de aditivos e marcadores e também na continuação da redução das falhas. Pelos resultados obtidos pode ser recomendado a alteração para demais terminais de carregamento, assim desenvolvendo uma cultura de otimização e automatização do processo de carregamento de auto-tanque e constantes melhorias na eficiência operacional.

Para trabalhos futuros podem ser realizados o desenvolvimento de um plano de manutenção específico dos equipamentos alterados. Outra sugestão é analisar a redução das demais falhas de carregamento de auto-tanque, visto que nesse trabalho foi analisado somente a “Falha no Aditivador”, resultando na melhoria contínua do processo.

REFERÊNCIAS

ANP. **Anuário estatístico brasileiro do petróleo, gás natural e biocombustíveis - 2018**. Disponível em: <<https://www.anp.gov.br>> Acesso em: 08 de junho de 2019.

ANP. **Seminário de avaliação do mercado de combustíveis 2018 (Ano-base 2017)**. Disponível em: <<https://www.anp.gov.br>> Acesso em: 08 de junho de 2019.

ASCOVAL, Indústria e Comércio LTDA. **Catálogo Geral – Catálogo 31B. Linha Controle de Fluidos**. 2011. Disponível em: <<https://www.ascoval.com.br>>. Acesso em: 10 de outubro de 2019.

ATLAS COPCO. **Manual de instruções para compressores GA11, GA15, GA18, GA22, GA26, GA30. Oil-injected rotay screw compressor, 12/2015**. Disponível em: <<https://www.atlascopco.com.br>> Acesso em: 10 de setembro de 2019.

BERMO. **Atuadores pneumáticos DA/SR**. Disponível em: <<https://www.bermo.com.br>>. Acesso em: 11 de outubro de 2019.

BONACORSO, Nelson G.; NOLL, Valdir. **Automação eletropneumática**. 12 ed. São Paulo, Editora Érica, 2013.

BOSCH. **Tecnologia de ar comprimido**. Set. 2008. Disponível em: <https://www.bosch.com.br/br/ferramentas_pneumaticas/>. Acesso em: 3 de agosto de 2019.

DANIEL, Measurement and Control. **Danload 6000 eletronic preset**. Disponível em: <<https://www.danielind.com>>. Acesso em: 25 de setembro de 2019.

DANIEL, M.C.; EMERSON, Process Management. **Danload 6000 Reference Manual**. Set 2006.

FIALHO, Arivelto B. **Automação Pneumática – Projetos, dimensionamento e análise de circuitos**. 7ed. São Paulo, Editora Érica, 2011.

GOMES, Giuliano L.F. **Análise e desenvolvimento da gestão estratégica da manutenção em um terminal de distribuição de combustíveis**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Graduação em Engenharia Mecânica. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2018.

JUNIOR, Edvaldo P. Q.; TEIXEIRA, Leonardo S. G.; CUNHA, Sílvio D. **Prospecção de patentes relacionadas com marcadores de combustíveis líquidos**. Cadernos de Prospecção. Instituto de Química, Universidade Federal da Bahia, 2013.

MGA, Válvulas industriais. **Atuador pneumático DA/SR**. Disponível em: <<https://www.mga.com.br>>. Acesso em: 11 de outubro de 2019.

OLIVEIRA, Carlos A. N. **Estudo mecano-metalúrgico de fios de Ti-Ni para aplicação em atuadores de válvulas de fluxo**. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco, 2011.

OLIVEIRA, Lidiane G. de. **Determinação de pontos de operação para conjuntos válvula-cilindro pneumáticos**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, 2009.

PACCO, Rafael. **Projeto de uma rede de ar comprimido industrial**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Graduação em Engenharia Mecânica. Universidade Estadual Paulista. Guaratinguetá, 2013.

PRUDENTE, Francesco. **Automação industrial – Pneumática: teoria e aplicações**. Rio de Janeiro, LTC, 2013.

REZENDE, Matheus B. **Análise de viabilidade: automação de uma plataforma de carregamento de combustíveis**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Graduação em Engenharia Mecatrônica. Universidade de São Paulo – Escola de Engenharia de São Carlos, 2016.

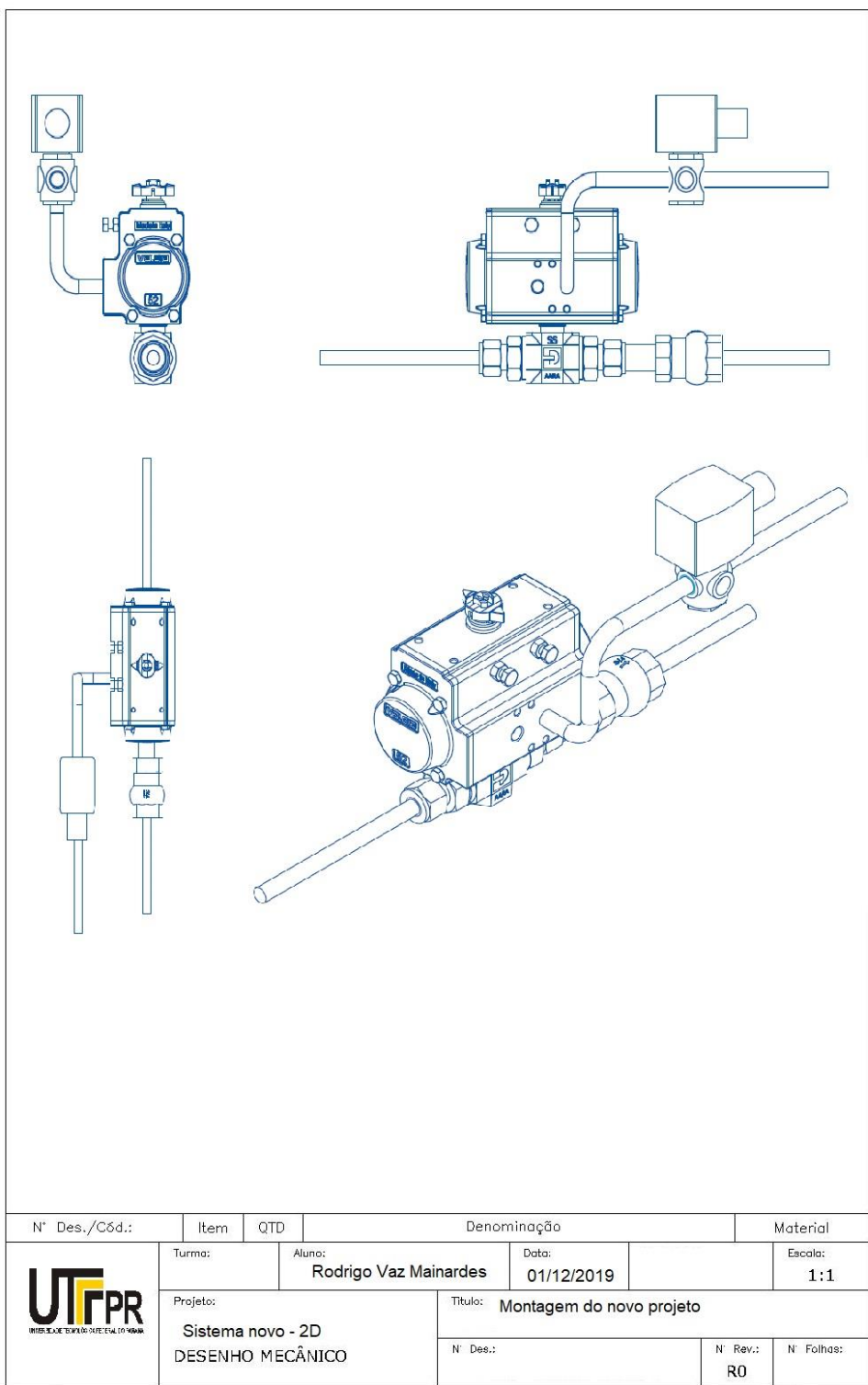
ROCHA, Newton L.R. **Eficiência energética em sistemas de ar comprimido**. ELETROBRÁS; PROCEL. Rio de Janeiro, 2005.

SILVA, Renata R. **Modelagem de um sistema de carregamento de combustíveis utilizando diagrama funcional sequencial (SFC)**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Graduação em Engenharia Elétrica. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2007.

TRINDADE, Magno A. G.; Stradiotto, Nelson R.S; Zanoni, Maria V. B. **Corantes marcadores de combustíveis: legislação e métodos analíticos para detecção**. Quim. Nova, vol. 34, 2011.

WERK SCHOTT, Pneumática. **Manual de treinamento – Identificação e aplicações de produtos pneumáticos básicos**. Disponível em: <<https://www.werk-schott.com.br>>. Acesso em: 12 de outubro de 2019.

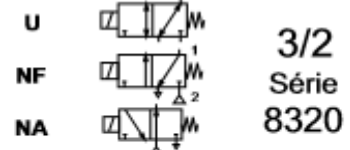
ANEXO A



ANEXO B

Válvula Solenoide

Ação Direta e Disco de Núcleo
1/8" e 1/4"



APRESENTAÇÃO

- Válvulas de 3 vias projetadas para trabalhar com pressões relativamente altas;
- Válvulas de ação direta, não requerem mínima pressão diferencial;
- Disponíveis nos modos de operação normalmente fechada (NF), normalmente aberta (NA) e universal (U).

INFORMAÇÕES GERAIS

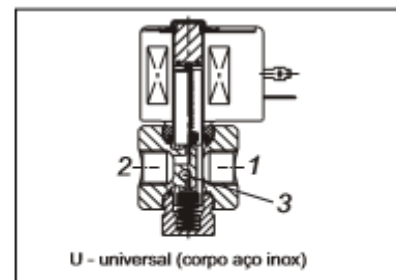
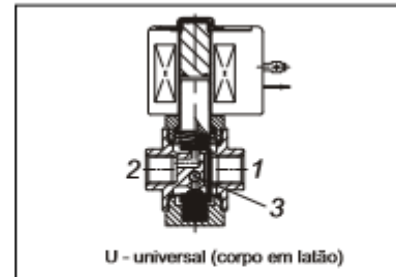
Pressão diferencial 0 - 51 bar [1 bar = 100 kPa]
Viscosidade Máxima 65 cSt (mm²/s)
Tempo de Resposta 5 - 25 ms

Fluido (#)	Temperatura	Vedação (#)
ar, gás inerte, água, óleo	-20 a +90°C -20 a +40°C	NBR (borracha nitrílica) UR (uretano)

MATERIAIS EM CONTATO COM O FLUIDO

(#) Verificar a compatibilidade dos materiais abaixo em contato com o fluido

Corpo e assento	Latão	Aço Inox
Base do Solenoide	Aço Inox 305	Aço Inox 305
Núcleo móvel / fixo	Aço Inox 430F	Aço Inox 430F
Molas	Aço Inox 302	Aço Inox 302
Vedações	NBR	NBR
Disco de vedação	NBR ou UR	NBR
Suporte do disco e guia do núcleo	POM	POM
Anel de defasagem	Cobre	Prata



CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS

Tensão standart: C.C.(=): 12V - 24V
C.A.(-): 24V/ 60Hz - 120V/ 60Hz - 240V / 60Hz
outras tensões sob encomenda (consulte a ASCO)

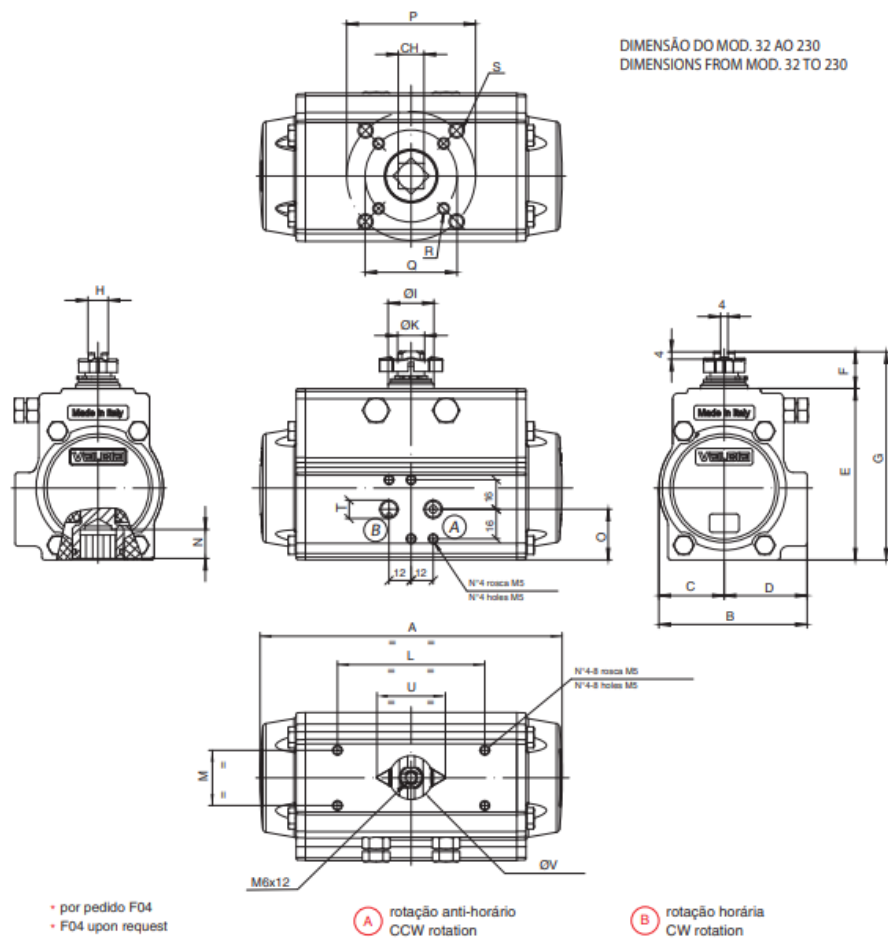
Classe de Isolamento Standart	Tamanho da Bobina	Potência Nominal / Consumo				Bobina Sobressalente				
		C.C.		C.A.		Prefixo SC*				
		Watts	Watts	VA Solenóide	VA Arretrate	C.C.		C.A.		
F	M-6	9,7	6	15,6	34	400325-142	120/60 Hz	240/60 Hz	400325-128	400325-228
F	M-6	-	9	22,5	30	-	400325-225	400325-228	400325-228	400325-228
F	M-XX	11,2	10,5	23	55	400425-142	400425-125	400425-128	400425-128	400425-228
F	M-XX	-	16,7	35	78	-	400425-225	400425-228	400425-228	400425-228

* Para outros tipos de bobinas consultar a página 05.

TABELA DE ESPECIFICAÇÃO

Conexão NPT	Orifício (mm)	KV	Pressão Dif. (Kg/cm ²)						Máxima Temperatura do Fluido °C		Prefixos				Número Básico de Catálogo				Potência da Bobina (Watts)							
			Máxima								Áreas Classificadas				Número Básico de Catálogo											
			Min.	Ar/gás (#)		Água (#)		Óleo (#)		①	Ex md	Ex e md	Ex d	IP-65	Corpo em Latão	Construção	Corpo em Aço Inox	Construção	C.A.	C.C.						
3/2 vias, Normalmente Fechada (Entrada pela conexão 2)																										
1/8"	1,2	0,05	0	20	17	20	17	20	17	20	17	20	17	20	60	50	•	-	•	•	8320A134②	1	8320A144②	3	9	9,7
	1,6	0,08	0	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	82	50	•	-	•	•	8320A013	1A	-	-	6	9,7
	2,4	0,10	0	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	82	50	•	-	•	•	8320A015	1A	-	-	6	9,7

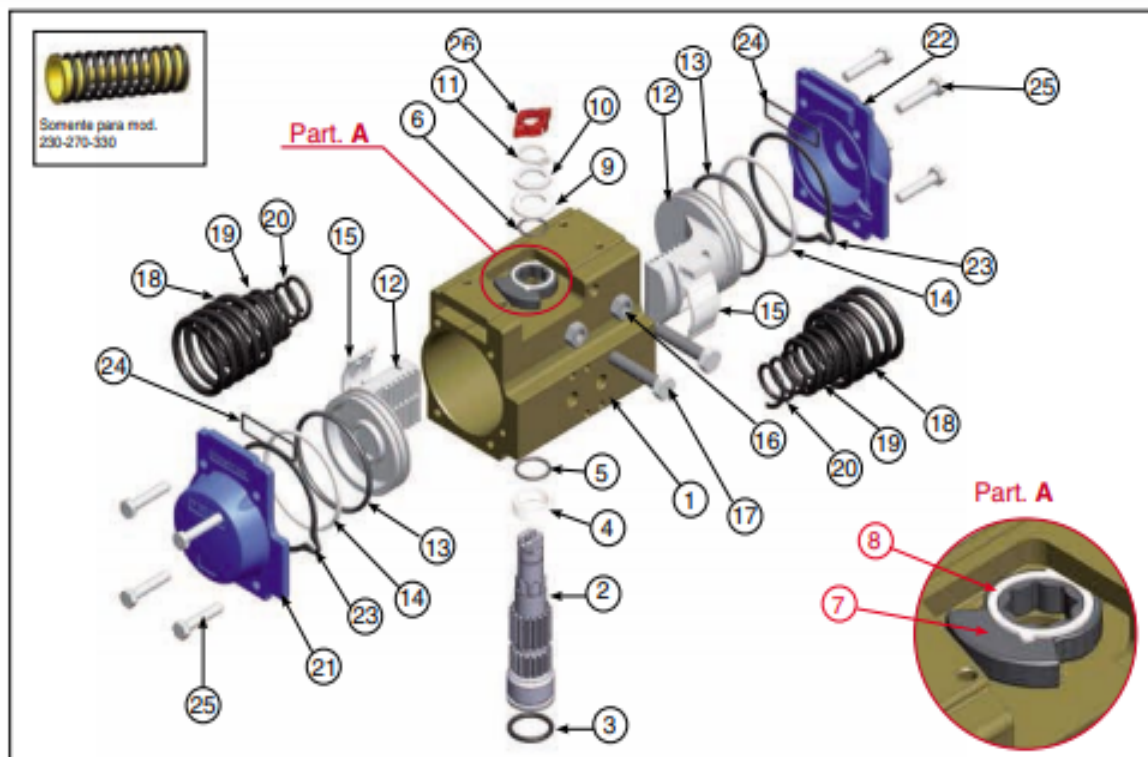
ANEXO C



DIMENSÕES

MOD	FURAÇÃO ISO 5211	CH	A	B	C	D	E	F	G	H	ØI	ØK	L	M	N	O	P	Q	R	S	T ISO 7/1
32	F03	9	110	45	22,5	22,5	45	20	65	10	17	11,8	50	25	12	22,5	36	-	-	M5X7,5	1/8"
52	F03-F05*	11	141	71	30	41	81,5	20	101,5	9	21	12	80	30	12	26,5	50	36	M5X7,5	M6X9	1/8"

ANEXO D



ITEM	DESCRIÇÃO	MATERIAL	TRATAMENTO	DA	SR
1	Corpo	Alumínio Extrudado	Oxidação dura	1	1
2	Pinhão antiexpulsão	Aço	Niquelado	1	1
3	O-ring	NBR		1	1
4	Anel espaçador	PCM		1	1
5	O-ring	NBR		1	1
6	O-ring	NBR		1	1
7	Posicionador	Aço Inox		1	1
8	Anel do posicionador	PCM		1	1
9	Anel separador	PCM		1	1
10	Aruela	Aço Inox		1	1
11	Anel elástico	Aço	Niquelado	1	1
12	Pistão	Alumínio Injetado		2	2
13	O-ring	NBR		2	2
14	Anel antifricção	PCM		2	2
15	Guia deslizante	PCM		*	*
16	Porca de bloqueio da reg.	Aço Inox		2	2
17	Parafuso de regulagem	Aço Inox		2	2
18	Mola externa	Aço	Fosfatizado	0	
* 19	Mola central	Aço	Fosfatizado	0	*
20	Mola interna	Aço	Fosfatizado	0	
21	Tampa esquerda	Alumínio Injetado	Fosfatizado	1	1
22	Tampa direita	Alumínio Injetado	Fosfatizado	1	1
23	Guarnição das tampas	NBR		2	2
24	O-ring	NBR		2	2
25	Parafuso da tampa	Aço Inox		8	8
26	Indicador de posição	Elastômeros termoplásticos (TPE)		1	1