



BRUNO LANZIOTTI PRINCE

**IDENTIFICAÇÃO E RECONHECIMENTO DE
COMPONENTES DE AMORTECEDORES AUTOMOTIVOS
POR CÓDIGO DMC**

**LAVRAS – MG
2019**

BRUNO LANZIOTTI PRINCE

**IDENTIFICAÇÃO E RECONHECIMENTO DE COMPONENTES DE
AMORTECEDORES AUTOMOTIVOS POR CÓDIGO DMC**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Engenharia de Controle e Automação, para a obtenção do título de Bacharel.

Prof. Dr. Fábio Domingues de Jesus
Orientador

**LAVRAS – MG
2019**

BRUNO LANZIOTTI PRINCE

**IDENTIFICAÇÃO E RECONHECIMENTO DE COMPONENTES DE
AMORTECEDORES AUTOMOTIVOS POR CÓDIGO DMC**

**IDENTIFICATION AND RECOGNITION OF AUTOMOTIVE SHOCK ABSORBER
COMPONENTS THROUGH DMC CODE**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Engenharia de Controle e Automação, para a obtenção do título de Bacharel.

APROVADO EM 19 DE NOVEMBRO DE 2019.

Prof. Dr. Belisário Nina Huallpa UFLA
Eng. Giovanna Toledo Borges UFLA

Prof. Dr. Fábio Domingues de Jesus
Orientador

**LAVRAS – MG
2019**

A todos meus familiares, em especial meus pais, professores, alunos, amigos pelo apoio e incentivo que contribuíram para minha formação social, acadêmica e profissional ao longo de minha graduação.

Dedico

AGRADECIMENTOS

A todo corpo docente da Universidade Federal de Lavras, principalmente ao departamento de Engenharia.

Ao professor Fábio Domingues de Jesus, por todo o suporte, incentivo e orientação provida a mim nessa etapa importante para finalizar o curso com a elaboração deste trabalho.

A todos os colegas de trabalho que contribuíram para minha formação profissional e elaboração deste trabalho através de experiências práticas.

RESUMO

Embora amortecedores e suspensão sejam elementos distintos, eles compõem um mesmo sistema. Suas funções visam manter a estabilidade do veículo, diminuir o impacto sofrido e preservar o alinhamento adequado. A composição de um amortecedor consiste basicamente em uma haste, um pistão, válvulas e um tubo (corpo). Um dos maiores problemas encontrados na linha de produção de tubos para amortecedores na empresa X era o método de identificação deles, bem como a dificuldade do operador na hora de realizar a formação do *bleeds* na redução do tubo, que é responsável por permitir o fluxo de fluido lubrificante dentro do amortecedor. Com a ausência da identificação e reconhecimento dos modelos dos tubos na linha de produção da empresa, erros graves foram cometidos, posteriormente, na linha de montagem de alguns veículos causando um fenômeno chamado "queda de roda" ou "amortecedor duro", o que gera ruído na suspensão e desestabilidade do veículo. O presente trabalho tem como objetivo relatar a implantação de melhorias na linha de produção, principalmente no setor de tubos dos amortecedores. Essas melhorias foram por meio do uso de ferramentas de qualidade, instrumentação e intertravamento das prensas da linha de produção e montagem dos amortecedores, comandadas por IHM. Com essa implantação, objetivou-se a resolução dos problemas de identificação das peças e formação do *bleeds* fora do especificado. Neste trabalho serão abordadas a explicação do problema, as referências bibliográficas, as ferramentas e os métodos utilizados para encontrar uma solução e os resultados obtidos. A implantação dessas melhorias resultou na instalação de uma máquina de gravar tubos do tipo puncionado que possibilitou a eliminação dos erros cometidos quanto a falha humana na identificação das peças e a garantia de que a formação do *bleeds* seja feita de forma apropriada, além de trazer outros benefícios para a produção.

Palavras-chave: Amortecedor. Reconhecimento de código DMC. Bleeds de amortecedor.

ABSTRACT

Although shock absorbers and suspension are distinct elements, they make up the same system. Their functions aim to maintain vehicle stability, reduce impact and preserve proper alignment. The shock absorber composition consists basically in a rod, a piston, valves and a tube (body). One of the biggest problems founded on a shock absorbers tubes production line in company X was their method of identification, as well as the operator difficulty in forming the bleeds in the tube shrinkage process, which is responsible for allowing the flow of lubricating fluid inside the shock absorber. With the absence of tube models identification and recognition on the company's production line, serious errors were subsequently made in the assembly line of some vehicles causing a phenomenon called "wheel drop" or "hard shock absorber", which generates suspension noise and vehicle destabilization. The present paper aims to report the implementation of improvements in the production line, especially in the shock absorber tube sector. These improvements were made through the use of quality tools, instrumentation and interlocking of the production line and shock absorber assembly presses, commanded by HMI. With this implementation, the objective was to solve the problems like parts identification and bleeds formation outside the specified. In this paper will be approached the problem explanation, the bibliographic references, the tools and methods used to find a solution and the results obtained. The implementation of these improvements resulted in the tube engraving machine punctured type installation that made it possible to eliminate errors in human partt about identification failure and to ensure that bleeds are properly formed, in addition to bringing other benefits to the production sector.

Keywords: Shock absorber. DMC code recognition. Shock absorber bleeds.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Esquemático de um amortecedor monotubular de alta pressão.	5
Figura 2 – Esquemático do corpo do amortecedor com bleeds aparente.	7
Figura 3 – Esquemático do trabalho das válvulas.	9
Figura 4 – Setores da linha de produção de amortecedores da empresa X.	14
Figura 5 – Teste de stop hidráulico	15
Figura 6 – Código DMC gravado no tubo do amortecedor	19
Figura 7 – Letra de identificação gravada no tubo do amortecedor	20
Figura 8 – Alteração dos parâmetros de um modelo de amortecedor	21
Figura 9 – Tela inicial da IHM	21
Figura 10 – Suporte detector de presença das punções.	22
Figura 11 – Esquemático da linha de produção dos amortecedores.....	23
Figura 12 – Painel da prensa redutora.	24

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Princípios do método 5W1H.	12
Quadro 2 – Falhas que ocorreram durante o teste de estabilidade do modelo J.....	16
Quadro 3 - Caracterização do Painel da Prensa Redutora	25

LISTA DE SIGLAS

IHM	Interface Homem-Máquina
DMC	Data Matrix Code
SR-1000	Leitor de código de foco automático

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	1
1.1	Justificativa	2
2	OBJETIVO.....	3
3	REFERENCIAL TEÓRICO.....	4
3.1	Suspensão.....	4
3.2	Amortecedores	4
3.2.1	Corpo do amortecedor	6
3.2.2	Pistão	7
3.2.3	Haste.....	8
3.2.4	Válvulas.....	8
3.3	Ferramentas de identificação	9
3.3.1	Interface Homem Máquina (IHM)	9
3.3.2	Tecnologia <i>Data Matrix Code</i> (DMC).....	10
3.3.3	Leitor de código de foco automático - SR-1000	11
3.4	Ferramentas de Inspeção e Qualidade.....	11
3.4.1	Método 5W1H.....	11
3.4.2	Poka-yoke.....	13
4	METODOLOGIA	14
4.1	Levantamento de informações sobre o processo de identificação e redução dos tubos dos amortecedores e formação dos <i>bleeds</i>	14
4.2	Proposta para melhoria da catalogação dos tubos	16
4.2.1	Gravadora Puncionada	17
4.2.2	Prensa Redutora.....	17
4.2.3	Prensa de Montagem	18
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	19
5.1	Código DMC.....	19
5.2	IHM.....	21
5.3	Dispositivos à prova de erros	22
5.3.1	Método Poka-yoke	22
5.3.2	Intertravamento das prensas	23
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	26
7	REFERÊNCIAS	27

1. INTRODUÇÃO

O carro é um dos meios de transportes que mais facilitam a locomoção das pessoas. Ele oferece conforto e comodidade aos seres humanos e é um dos automóveis mais utilizados pela população.

Um veículo possui diversos sistemas, tais como: suspensão, direção, transmissão, freios, entre outros. Para o seu funcionamento perfeito, todos eles devem estar em excelentes condições, garantindo desta forma a segurança do veículo, do motorista e dos passageiros.

O sistema de suspensão automotiva é um conjunto de elementos que atua continuamente integrando o chassi às rodas, deste modo garante que elas estejam constantemente em contato com o solo, que os impactos sejam suportados e absorvidos, que os passageiros do veículo possuam comodidade ao rodar por distintas estradas e que tenha estabilidade.

O amortecedor é uma peça fundamental no sistema de suspensão, pois ele que garante a estabilidade do veículo, principalmente ao manobrar em curvas. Se ele estiver danificado ou com seu funcionamento comprometido, problemas sérios podem acometer o veículo como o fenômeno chamado “queda de roda” que nada mais é do que um ruído muito forte de impacto, normalmente percebido ao passar por quebra-molas, gerando desestabilidade do automóvel.

Este problema, também conhecido como “amortecedor duro” ocorre por má constituição dele, que pode ser dada pelo encaixe incorreto das partes de um amortecedor ou por componentes de especificidades diferentes. Para evitar que problemas como esse aconteçam novamente na empresa X, técnicas de identificação foram implementadas na linha de produção de amortecedores.

Desta forma, este trabalho propõe-se a apresentar a implantação de uma gravadora puncionada que teve como objetivo principal, identificar e catalogar os tubos reduzidos de amortecedores pelas suas particularizações. Com isso, problemas de formação de *bleeds* específicos em tubos com redução diferentes foram erradicados na empresa, uma vez que foram implementados os sistemas de *Poka-Yoke* e intertravamento da prensa de redução em relação a gravadora, ferramentas de inspeção criadas com o intuito de prevenir falhas humanas e corrigir eventuais erros.

1.1 Justificativa

Na empresa de amortecedores, os principais problemas da produção desta área eram a identificação de cada tubo reduzido para a formação específica dos *bleeds*; após a redução, a distribuição deles de acordo com as especificações para cada modelo, e por vezes tubos eram mandados para a montagem sem a devida redução.

A formação dos *bleeds*, feitos por punção, tem o objetivo de criar uma passagem para o fluido do amortecedor, uma vez que para cada veículo, a profundidade e a espessura variam. Como essas ranhuras são internas, não é possível fazer uma verificação apenas por inspeção visual, o que dificultava a identificação, feita pelo operador, dos tubos dos amortecedores.

Uma das formas, para reconhecer os modelos, encontrada pelos funcionários, foi, ao agrupar um lote de tubos de amortecedores já punçados, colocar uma folha com a descrição daquele modelo. Isto, todavia, não era muito eficiente, pois como essa identificação não era fixa, qualquer operação de transporte, por exemplo, poderia deslocar essa folha e as informações contidas nela poderiam se perder ou misturar com outras de outros modelos.

Pela existência dessa contrariedade, em um caso específico, após a montagem e envio dos amortecedores para uma montadora do carro modelo J, ao receber o lote de amortecedores, não foi conferido se aqueles produtos eram adequados para aquele modelo específico de carro. Dessa forma, a confecção do carro modelo J foi concluída com o uso do amortecedor inadequado para aquele carro.

Isto gerou um problema para aquele lote de carros conhecido como “queda de roda”, que é a existência de um ruído na suspensão do veículo e perda da capacidade de amortecimento gerado pelo impacto no final do curso da extensão de um amortecedor, normalmente sentido ao passar por irregularidades no solo.

Contudo, para evitar que isso ocorresse novamente, uma solução foi proposta pelo grupo de gestão e supervisores e será apresentada a seguir.

2 OBJETIVO

O propósito deste trabalho é relatar as soluções encontradas para a otimização da identificação dos tubos dentro de uma empresa de amortecedores, com o objetivo de se evitar problemas na formação de bleeds fora do especificado.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

Serão apresentados no decorrer deste referencial teórico, uma breve revisão bibliográfica sobre os componentes do sistema de suspensão, com enfoque maior nos elementos de um amortecedor e simultaneamente a exposição de alguns problemas da produção dos corpos dos amortecedores deste setor da empresa X e as ferramentas utilizadas para solucionar os problemas.

3.1 Suspensão

A suspensão não é o objeto de estudo deste trabalho, porém o amortecedor que está sendo analisado, é acoplado a ela, o que justifica mencioná-la. O sistema de suspensão de um automóvel propõe-se a amenizar as trepidações que derivam do contato das rodas com o solo. O sistema de suspensão abrange os componentes que contribuem com a estabilidade, a firmeza e o conforto do veículo (IEZZO, 2010).

A estabilidade e a firmeza estão sujeitas à disposição das molas e à interdependência da sua ação; costumam ser melhoradas devido aos elementos estabilizadores e aos amortecedores. Além disso, o conforto está associado aos componentes de suspensão sendo este complementado pela forma e flexibilidade da guarnição dos suportes, bem como pela flexibilidade dos pneumáticos (ALMEIDA, 2002).

Pode-se dizer que a suspensão é um conjunto de peças que impede a difusão dos solavancos que a roda sofre sobre a carroçaria e é feito pela união das molas e dos amortecedores.

3.2 Amortecedores

A suspensão é um dos elementos mais importantes para a redução de impactos e estabilidade de um veículo. Um componente fundamental da suspensão é o amortecedor (IEZZO, 2010), responsável por atenuar os impactos entre o carro e o chão, além de ser fundamental na segurança e frenagem do veículo. O amortecedor em conjunto com o freio e os pneus, devem estar em perfeitas condições para garantir a segurança do automóvel.

Amortecedores em excelente estado são essenciais em situações de curvas e desvios bruscos, onde se deve ter uma total condição de dirigibilidade e, onde também, a suspensão é muito exigida (IEZZO, 2010). Se eles não estiverem em boas condições na suspensão

dianteira, irão fazer o volante vibrar devido ao ricocheteamento das rodas, podendo provocar até a perda de direção.

Atualmente, o modelo mais utilizado de amortecedor é aquele com o pistão separador ou pistão flutuante (REIMPELL et al., 2001), que pode ser explicado na Figura 1.

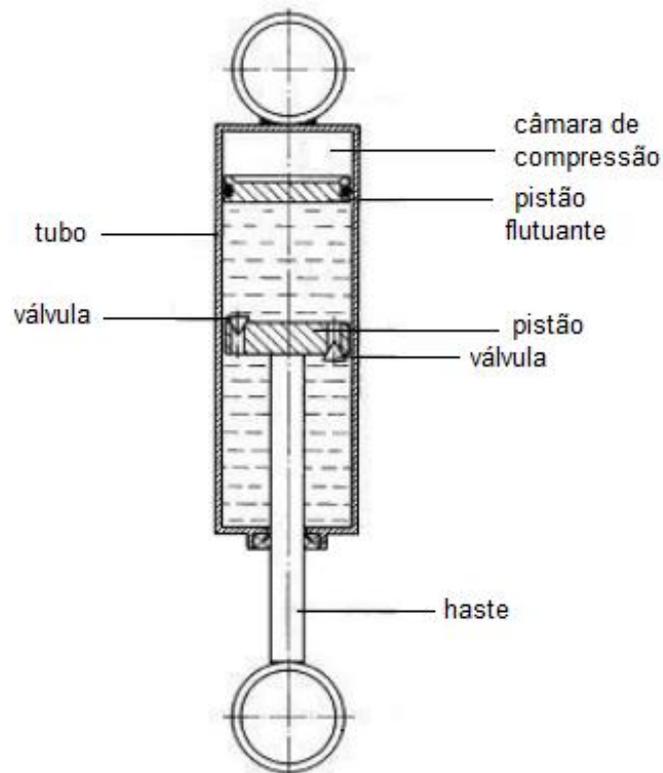


Figura 1 – Esquemático de um amortecedor monotubular de alta pressão.

Fonte: (REIMPELL et al., 2001) com adaptações do autor.

No topo do amortecedor está a câmara de compensação que deve absorver a expansão volumétrica do óleo pelo seu aquecimento e o volume deslocado pela haste do pistão. O óleo que é posto dentro do cilindro recebe uma quantidade de gás, tornando-o uma emulsão de gás e óleo como fluido de trabalho, este gás e este óleo são separados pelo pistão flutuante o qual isola a câmara real de trabalho. O pistão usualmente possui em diâmetro em milímetros e é fixado à haste, que por sua vez carrega as válvulas. O pistão flutuante e a separação do óleo e do gás possibilitam a instalação do amortecedor em qualquer posição (REIMPELL et al., 2001).

Como o próprio nome diz, este amortecedor possui apenas um tubo. O amortecimento é realizado por um único pistão que atua tanto no sentido da tração quanto no da compressão e, por este motivo, é chamado de pistão duplo-efeito (FIORETTI; IEZZO, 2007).

3.2.1 Corpo do amortecedor

O corpo de um amortecedor consiste em um tubo cilíndrico com espessura determinada por meio de cálculos que envolvem todos os outros componentes do sistema.

Sua função principal é conter o fluido de trabalho do amortecedor (óleo em geral) que será responsável por gerar a força de amortecimento. A face interior forma a região por onde o pistão deslizará e deve proporcionar a vedação necessária para que o pistão desempenhe sua função corretamente (D' OLIVEIRA, 2014).

Internamente, é composto por válvula, pistão, haste e os elementos de vedação que se movimentam constantemente. Além do mais, a câmara cilíndrica de compressão deve suportar a pressão do óleo, que está detido internamente, e que sofre modificações de pressões hidrostáticas devido ao trabalho dinâmico do amortecedor (MARTANDE; JANGALE; MOTGI, 2013).

Entretanto, o corpo do amortecedor tem função estrutural, já que sobre ele é onde as molas são instaladas, assim o corpo recebe diretamente todas as forças cíclicas da absorção de impactos causadas pelas anormalidades do solo. É importante salientar que quem realiza a absorção dos impactos são as molas da suspensão, os amortecedores tem a função de dissipar a energia contida nelas, para que o carro não oscile por muito tempo (ADAMI, 2015).

3.2.1.1 Passagem do fluido no corpo do amortecedor (*Bleeds*)

Dentre todos os modelos de amortecedores concebidos pela indústria, o modelo monotubular é o que possui maior faixa de variações e que tem a capacidade de se moldar a um determinado projeto de veículo. Este tipo de amortecedor produz forças de amortecimento através da passagem forçada e limitada do fluido, contido dentro da câmara, pela da válvula (ADAMI, 2015). O fluido consegue essa passagem porque há três ranhuras internas (*bleeds*), como pode ser visto na Figura 2, no corpo do cilindro feita por uma punção.

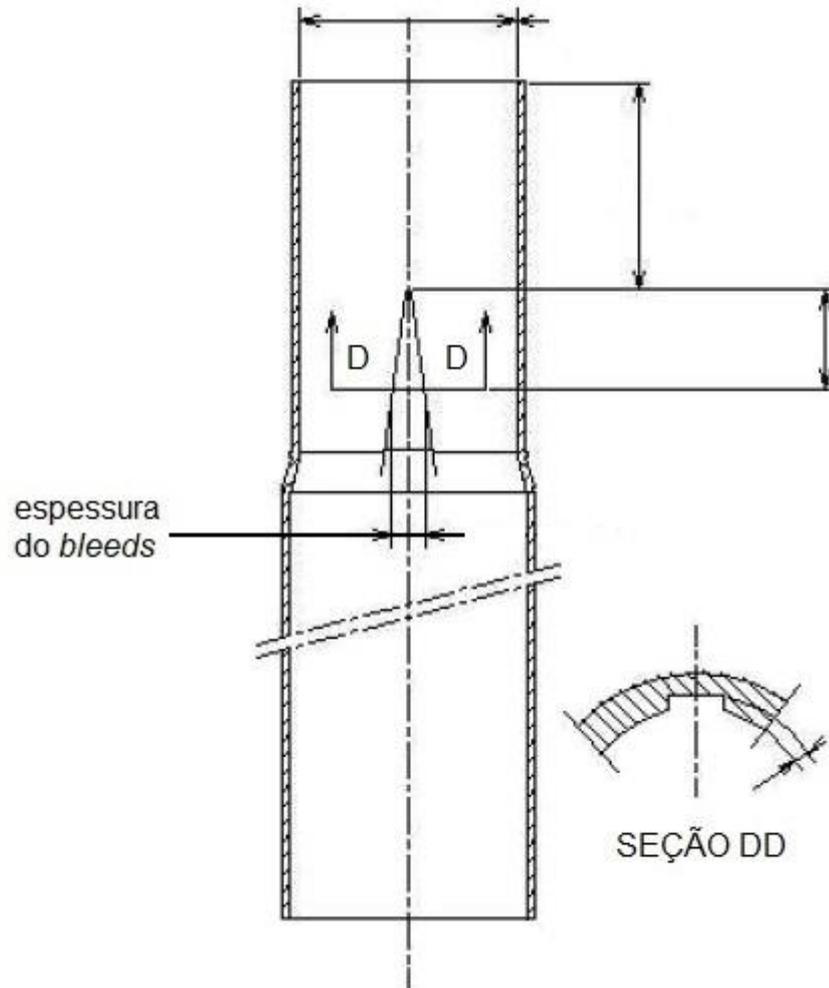


Figura 2 – Esquemático do corpo do amortecedor com bleeds aparente.

Fonte: do autor.

Para cada modelo de carro, há um *bleeds* específico com determinada profundidade e espessura. Caso algum amortecedor com determinadas especificidades seja colocado em um modelo de carro ao qual este amortecedor não é adequado, problemas como o aumento da distância de frenagem e ruídos aparecerão (FIORETTI; IEZZO, 2007).

3.2.2 Pistão

O pistão é o componente do amortecedor responsável por dividir o corpo em duas câmaras, durante os movimentos de extensão e contração dele (D' OLIVEIRA, 2014).

Sua função fundamental é servir de caminho para o fluido que é transmitido de uma câmara a outra durante o trabalho do amortecedor. Nele há vias por onde o óleo é transferido, assim é dificultado a passagem do mesmo e isto acarreta em forças contrárias às exercidas

pela mola, desta forma a energia é absorvida e dá ao amortecedor a sua característica de funcionamento (ADAMI, 2015).

O tamanho e a forma desses orifícios do pistão é o que determina o coeficiente de amortecimento e por consequência a força gerada pelo diferencial de pressão entre as duas câmaras citadas anteriormente (D' OLIVEIRA, 2014).

3.2.3 Haste

A função da haste se dá pelo deslocamento, sustentação e conexão do pistão ao olhal de fixação (D' OLIVEIRA, 2014). Como a haste, normalmente, é fixada ao chassi do carro, há a transmissão do deslocamento dos conjuntos das rodas à estrutura do veículo.

A haste também recebe os componentes de fixação das molas e deve ser projetada de forma a resistir às cargas de flambagem derivadas do amortecimento dos impactos causados pelas anormalidades do solo (ADAMI, 2015).

3.2.4 Válvulas

As válvulas são discos de baixa espessura montados na parte superior e inferior do pistão. Sua composição é um conjunto de várias placas com diâmetros variados a fim de se obter a forma piramidal para que juntas formem um bloqueio aos dutos existentes no pistão. Conforme a velocidade vertical do pistão e a velocidade com que o óleo passa por esses canais, as placas vão cedendo e permitindo controladamente a passagem do óleo à medida que há compressão da haste (ADAMI, 2015).

Basicamente, a função principal das válvulas é controlar o fluxo do óleo que passa pelo pistão, controlando a transição do amortecimento de baixa velocidade para o de alta velocidade (D' OLIVEIRA, 2014).

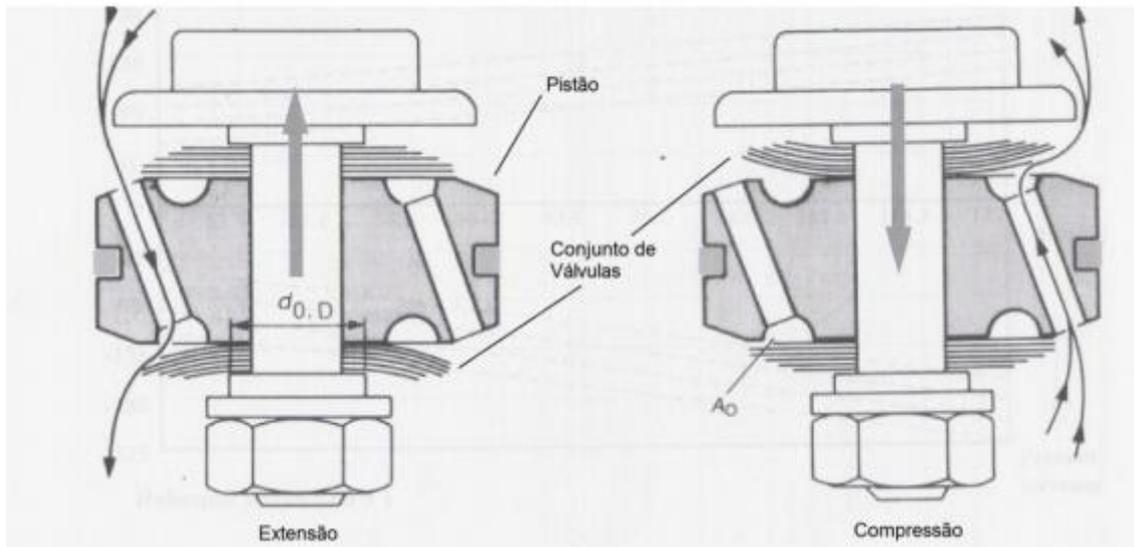


Figura 3 – Esquemático do trabalho das válvulas.

Fonte: DIXON (2007).

3.3 Ferramentas de identificação

Serão descritos a seguir as ferramentas utilizadas no processo de otimização da identificação dos componentes de um amortecedor na linha de produção da empresa X.

3.3.1 Interface Homem Máquina (IHM)

Entende-se como Interface Homem-Máquina (IHM) a maneira na qual o usuário interage com o sistema computacional, ou seja, a IHM consiste em realizar tarefas através da colaboração entre o humano e o componente de automação (COSTALONGA et al., 2014). É importante que a IHM tenha funcionalidade e usabilidade, visando atender às necessidades e se acomodar às capacidades das pessoas a quem elas são direcionadas.

A Interface Homem Máquina é um sistema supervisor que surgiu da necessidade de uma interface amigável, eficiente e ergonômica entre sistemas de automação complexos e a equipe encarregada da sua operação (PUPO, 2002). Portanto, devem ser construídas tendo os operadores como usuário final e representar o processo real.

Dentre as possíveis funções que uma IHM pode realizar, as mais utilizadas são (PUPO, 2002):

- Mostrar problemas ou mau funcionamento;
- Permitir o operador iniciar ou interromper um ciclo;

- Monitorar níveis;
- Gerar gráficos;
- Monitorar tempo de execução.

Ainda, as IHM's estão divididas em dois tipos, passiva ou ativa (COSTALONGA et al., 2014):

- Passivas são interfaces que não interferem no processo, somente sinaliza que tal ação está ocorrendo, são exemplo dessa categoria lâmpadas e buzinas.
- Ativas são interfaces que detém a capacidade, de além de monitorar, interferir no processo, possibilitando ao operador iniciar ou interromper tal ação.

No processo de implementação das melhorias na linha de produção de tubos dos amortecedores da empresa X, foi concluído que a melhor IHM a ser implantada seria do tipo ativa, pois permitiria alterações dos parâmetros de cada amortecedor por meio de receitas que cada modelo teria.

3.3.2 Tecnologia *Data Matrix Code* (DMC)

O *Data Matrix Code* é amplamente utilizado como um meio de melhorar a eficiência e a qualidade da produção e como uma maneira de obter rastreabilidade.

A marcação direta em peças pela tecnologia DMC, é efetivamente usada na certificação de produtos, aquisição de informações em tempo real e no rastreamento do histórico de produção, desempenho e manutenção (CONNOLLY, 2005).

Data Matrix Code é um código de barras matricial que pode ser impresso como um símbolo quadrado ou retangular, composto por vários pontos ou quadrados. Ele é uma simbologia bidimensional, que admite a codificação de uma grande quantidade de dados em microespaços (HUANG et al., 2012). Dessa forma, torna-se ideal para peças, equipamentos, componentes e caixas pequenas.

Caso o DMC seja violado em até 30%, o mesmo continua sendo legível e não perde nenhuma informação contida nele, isto acontece pela repetição de dados codificados dentro de um símbolo, o que ajuda a obter uma leitura bem-sucedida mesmo se o símbolo estiver danificado (BENHAIM, 2009).

Uma vez gravado o símbolo, é necessário um dispositivo de leitura para capturar os dados codificados. O termo “*scanning*” é normalmente usado para se referir aos dois passos da leitura do código:

- O próprio ato de leitura;
- A decodificação (o processamento do perfil de leitura, para determinar os dados codificados)

Como outros códigos de barras bidimensionais, o DMC pode apenas ser lido por câmeras ou tecnologias de imagem. O princípio é baseado na captura de imagem do símbolo e na sua posterior análise (BENHAIM, 2009). Uma vez decodificados, os dados são passados para um sistema de informação para processamento adicional.

3.3.3 Leitor de código de foco automático - SR-1000

O leitor de código SR-1000 possui a flexibilidade de implantação em linhas de produção. Nele estão inclusas as funções de sintonização automática, o foco automático e a polarização integrada.

A conexão permite um melhor desempenho e isto está associado à funcionalidade integrada de I/O e de rede de campo, incluindo a ETHERNET/IP e PROFINET, permitindo assim a fácil integração com qualquer sistema (KEYENCE, 2018).

Por ser um leitor de código DMC, tem a capacidade de fazer a leitura em qualquer orientação (de 0°- 360°). Além disso, a correção de erro de leitura para um DMC deve ser muito alta devido a sua redundância de informações e a utilização de algoritmos de correção de erro, sendo que mesmo com 25% a 30% de contaminação ou danos no campo de dados do código, ainda é possível fazer a identificação do mesmo.

3.4 Ferramentas de Inspeção e Qualidade

Para a identificação de problemas e resolução dos mesmos, pode-se utilizar ferramentas que auxiliem neste processo. As ferramentas empregadas no projeto que este trabalho relata serão descritas a seguir.

3.4.1 Método 5W1H

A praticidade e eficiência do 5W1H é a principal característica de aplicação deste método (RABELO; COSTA; ROMERO, 2014). A ferramenta 5W1H é tão simples e bastante utilizada que não há uma concordância sobre quem a desenvolveu.

Uma hipótese é de que a ferramenta 5W1H foi criada por profissionais da indústria automobilística do Japão como uma ferramenta auxiliar de outras ferramentas de gestão, principalmente na etapa de planejamento (NAGYOVA; PALKO; PACAIOVA, 2015).

A implementação dessa ferramenta se dá pelas questões levantadas antes de se realizar um projeto. As perguntas a serem respondidas estão no Quadro 1:

Quadro 1 – Princípios do método 5W1H.

5W1H		
What?	O que?	Ação ou atividade que deve ser executada ou o problema ou o desafio que deve ser solucionado
Why?	Por quê?	Justificativa dos motivos e objetivos daquilo estar sendo executado ou solucionado
Who?	Quem?	Quem será o responsável pela execução do que foi planejado
Where?	Onde?	Informação sobre onde cada um dos procedimentos será executado
When?	Quando?	Cronograma sobre quando ocorrerão os procedimentos
How?	Como?	Explicação de como serão executados os procedimentos para atingir os objetivos pré-estabelecidos

Fonte: adaptado de Nakagawa (2014).

A ferramenta 5W1H pode ser um suporte para implementação de uma empresa, pois permite de forma simples a garantia de que as informações básicas sejam claramente definidas e as ações propostas sejam minuciosas executadas (RABELO; COSTA; ROMERO, 2014). O método 5W1H também é útil na análise das situações em há necessidade de verificar a ocorrência de um problema e no desenvolvimento de um plano de ação (NAGYOVA; PALKO; PACAIOVA, 2015).

3.4.2 Poka-yoke

A falta de estabilidade nos sistemas de manufatura é uma das principais causas de perdas e uma barreira para a implantação do fluxo contínuo, uma das metas dos sistemas de produção enxuta (VIDOR; SAURIN, 2011). Dentre as estratégias para estabilização, os poka-yokes têm despertado crescente interesse na indústria, em função da simplicidade superficial de implantação e caráter intuitivo de seu funcionamento. Tal ferramenta possui aplicabilidade em ambientes diversos, tais como construção civil, indústria automotiva, metalúrgica, saúde, logística, entre outras.

O termo poka-yoke tem sua origem nas experiências da Toyota Motors Company, que visavam obter zero defeitos na produção e eliminar as inspeções de qualidade. Inicialmente o objetivo era prevenir o erro humano no trabalho, visto como a principal causa dos defeitos (VIDOR; SAURIN, 2011). Contudo, há estudos que entendem que os poka-yokes são limitados aos dispositivos físicos que controlam defeitos até estudos com uma visão abrangente, que entendem os mesmos como sistemas de garantia de qualidade e redução de variabilidade (MCGEE, 2005).

Basicamente, o método poka-yoke se resume em resolver antecipadamente uma imperfeição que existe em determinado processo. Por meio desse pensamento, entende-se que é mais fácil prevenir a existência de um problema ao invés de tentar solucioná-lo depois. Afinal, isso geraria mais desperdícios e retrabalhos (MCGEE, 2005). Ou seja, o poka-yoke consiste em simples procedimentos que eliminam as causas de possíveis falhas.

Portanto, o poka-yoke proporciona agilidade na execução de tarefas e ajuda a minimizar erros (VIDOR; SAURIN, 2011). Dessa forma, contribui para a segurança dos procedimentos e para a qualidade do produto final.

4 METODOLOGIA

Conforme apresentado anteriormente, o projeto abordou distintos pilares de conhecimento da Engenharia de Controle e Automação os quais foram usados de maneira conjunta para que o objetivo e implantação do trabalho fossem concluídos.

A metodologia empregada no desenvolvimento do projeto compreende as seguintes etapas principais:

- Levantamento de informações sobre como era feito o processo de identificação e redução dos tubos dos amortecedores e formação dos *bleeds*;
- Elaboração de uma proposta para melhoria da catalogação dos tubos;
- Adequação de dispositivos à prova de erros;

Cada etapa envolveu processos e materiais distintos que serão citados no decorrer deste capítulo.

4.1 Levantamento de informações sobre o processo de identificação e redução dos tubos dos amortecedores e formação dos *bleeds*

Na linha de produção da empresa X, os componentes dos amortecedores são produzidos em três setores, como visto na figura x:

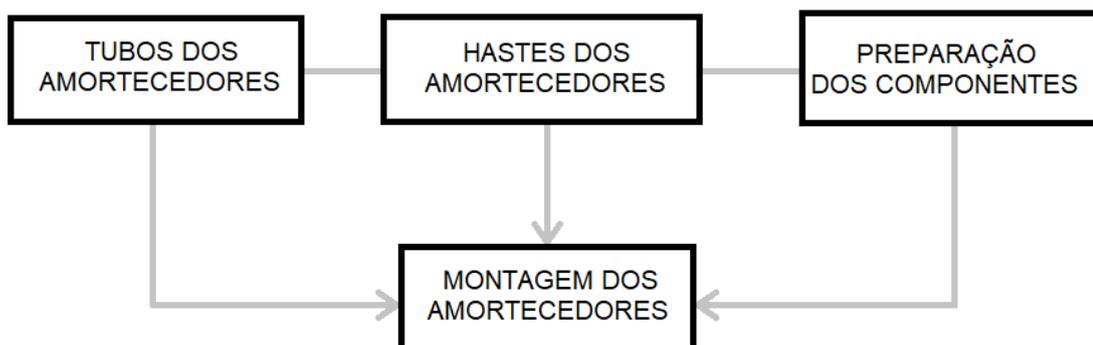


Figura 4 – Setores da linha de produção de amortecedores da empresa X.

Fonte: do autor.

No setor dos tubos, eles já chegam no diâmetro correto para a fabricação dos amortecedores, sendo necessário somente fazer a redução de uma de suas extremidades e a formação dos *bleeds*, um processo feito em apenas uma máquina do tipo prensa hidráulica redutora.

Durante o levantamento dos dados, foi possível verificar que a identificação e catalogação dos tubos era feita de forma manual. Quando um lote de tubos chegava para a conformação, eles eram reduzidos e colocados em caixotes, sendo identificados exclusivamente por um folheto que continha as informações daquele modelo.

Caso este folheto fosse extraviado, as informações daquele lote estariam perdidas, a não ser que fosse feito um teste de abertura do tubo para, desta forma, identificar quais eram as especificidades dos *bleeds*. Como nem sempre esses testes eram realizados, é perceptível que este método não era muito eficiente.

Pela ausência de testes de um lote de amortecedores destinado a montagem de um carro modelo J, foi encaminhado para a montadora, um conjunto de amortecedores com especificações diferentes das adequadas para aquele modelo de veículo. Esse equívoco acabou sendo identificado no momento de testes do automóvel após a montagem daquele lote já estar concluída, como pode ser visto na Figura 5.

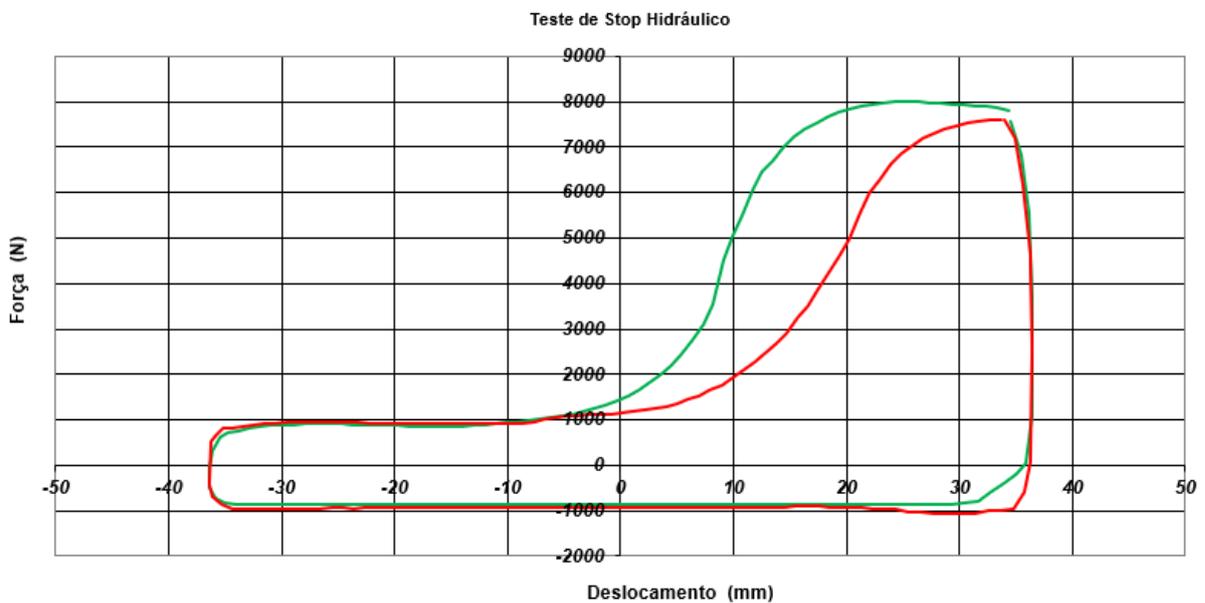


Figura 5 – Teste de stop hidráulico

Fonte: do autor.

O teste stop hidráulico verifica a capacidade de amortecimento de acordo com as cargas aplicadas ao veículo. A curva em verde demonstra o comportamento do amortecedor se este for adequado ao modelo do automóvel. Já a curva vermelha, exibe o comportamento inadequado do amortecedor.

Uma equipe de gestores da montadora de veículos em conjunto com uma equipe da empresa de amortecedores fizeram um diagnóstico das falhas que aconteceram nos testes do modelo J pelo método de 5W1H adaptado que pode ser visto no Quadro 2.

Quadro 2 – Falhas que ocorreram durante o teste de estabilidade do modelo J.

5W 1H	
What?	Amortecedor XXXX dianteiro do modelo J apresentado ruído em teste de queda de roda
When?	Primeira ocorrência detectada em 10/01/2018
Where?	Na pista de testes da planta da montadora M
Who?	Falha detectada pelos auditores de qualidade
Which?	Em todos os lotes fabricados de dezembro de 2017 e janeiro de 2018
How?	A equipe de testes detectou a anomalia ao passar com o veículo em uma velocidade entre 15 a 20 km/h, em lombadas de 20 cm, aproximadamente, na pista com um espaçamento entre elas de 3 a 4 metros

Fonte: do autor.

Percebido o erro cometido devido à ineficiência da classificação dos amortecedores, principalmente dos tubos, a empresa constatou a necessidade de se aplicar melhorias na linha de produção dos amortecedores.

4.2 Proposta para melhoria da catalogação dos tubos

Visando implementar uma forma de identificação eficiente na linha de produção de tubos de amortecedores, estudos foram realizados pela equipe de qualidade da empresa X.

Após analisar os possíveis métodos que poderiam ser implantados, chegou-se à conclusão de que a identificação externa de cada tubo seria a melhor forma de se evitar a ocorrência dos erros passados.

A seguir serão apresentados os métodos escolhidos que mais se adequaram a linha de produção dos amortecedores automotivos.

4.2.1 Gravadora Puncionada

Para a cravação de algum identificador no corpo dos amortecedores, foi feito um estudo de máquinas que pudessem cumprir este requisito sem interferir no modelo do amortecedor, desta forma concluiu-se que o melhor método seria o realizado por uma gravadora puncionada.

Essa gravadora puncionada insere um código DMC no tubo do amortecedor, juntamente com uma letra do alfabeto latino, no lado oposto ao código, para a inspeção visual feita pelos operadores.

4.2.2 Prensa Redutora

Apesar da leitura do código DMC de cada tubo ser uma solução excelente para a identificação dos tubos dos amortecedores, foi constatado que só este método não era suficiente para garantir que tubos de outros modelos de amortecedores fossem puncionados.

Então, além da leitura do código DMC, outros dois métodos foram implementados, Poka-yoke e o intertravamento da prensa de redução.

Deste modo, assim que concluído o processo de gravação do DMC no tubo do amortecedor, este é enviado para a prensa redutora e só é aceito por ela depois de ser confirmado que o primeiro processo, gravação do DMC, foi finalizado. Esta confirmação se dá pela comunicação entre a gravadora e a prensa redutora; sinais de pulso são enviados da primeira para a segunda para indicar que o processo de gravação foi completado, assim a prensa realiza a redução de um tubo, e isto é conferido pela programação interna da IHM. Este é o processo de intertravamento das prensas.

Já o método Poka-yoke se dá pela implementação de um sensor de presença em um suporte que está acoplado à gravadora puncionada (este suporte não tem ligação com a gravadora, somente com a IHM). Esse sensor de presença faz a leitura do encaixe da punção no suporte.

Pela IHM é feita a seleção do modelo a ser reduzido, desta forma o sistema reconhece qual punção deve ser utilizado e qual deve estar encaixado no suporte. Quando a punção que deveria estar em repouso é retirada do seu local, o sistema de redução é interrompido, pois entende-se que o modelo inadequado está sendo fabricado.

Esses dispositivos a prova de erros foram implantados para assegurar que novos equívocos de puncionamento não pudessem ser cometidos.

4.2.3 Prensa de Montagem

No processo de montagem do amortecedor, um novo intertravamento é realizado, desta vez pela leitura do DMC.

A “receita” de cada modelo de amortecedor está programada na memória da IHM e é selecionada pelo operador da máquina. Cada modelo tem seu código DMC específico.

A prensa montadora, após receber o tubo gravado e reduzido, faz a leitura do DMC impresso nele e compara com o que está registrado para a receita programada. Essa leitura é feita pelo leitor de código de foco automático SR-1000.

Se a leitura é compatível com o que está registrado, o processo de montagem é prosseguido. Caso contrário, a máquina não é acionada até que o tubo correto seja inserido nela.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este capítulo apresenta como as ferramentas e os materiais mencionados na metodologia contribuíram para o melhoramento do funcionamento da linha de produção de amortecedores automotivos. A partir deles, foi feita a elaboração e execução do projeto de implementação da gravadora puncionada na empresa.

5.1 Código DMC

A gravadora puncionada foi programada e ajustada para funcionar com comandos inseridos pelo operador em uma IHM. A identificação se daria pela utilização de um código DMC para cada especificação dos tubos, como visto na Figura 6.



Figura 6 – Código DMC gravado no tubo do amortecedor

Fonte: do autor.

Esse código DMC seria lido pela prensa, no setor de montagem. Desta forma, a prensa recebe os parâmetros do tubo reduzido e confere, pela leitura do DMC, se essas informações pertencem ao mesmo modelo que deverá ser montado.

Como este código é de difícil leitura humana, também foi programado a gravação de uma letra do alfabeto latino para facilitar a identificação dos tubos feita pelos operadores, visto na Figura 7.

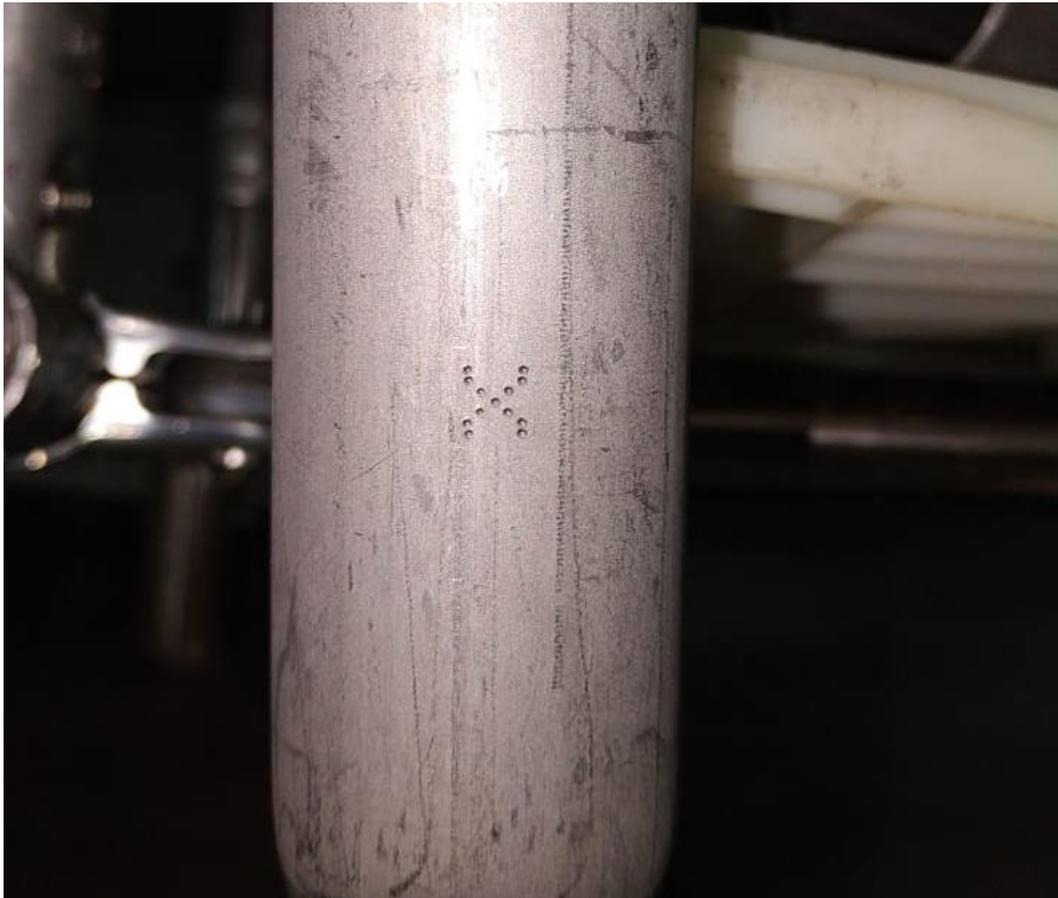


Figura 7 – Letra de identificação gravada no tubo do amortecedor

Fonte: do autor.

Com isto, a classificação dos tubos foi facilitada para os operadores e a dificuldade de reconhecer a qual lote o tubo reduzido pertencia foi sanada.

5.2 IHM

A IHM escolhida para implantar na linha de produção da fábrica foi do tipo ativa, o que permite alterações dos parâmetros de acordo com o modelo do amortecedor selecionado pelo operador.

As operações que são coordenadas pela IHM podem sofrer alterações que afetam tanto a prensa quanto a gravadora, pois elas executam suas tarefas conforme o modelo selecionado.

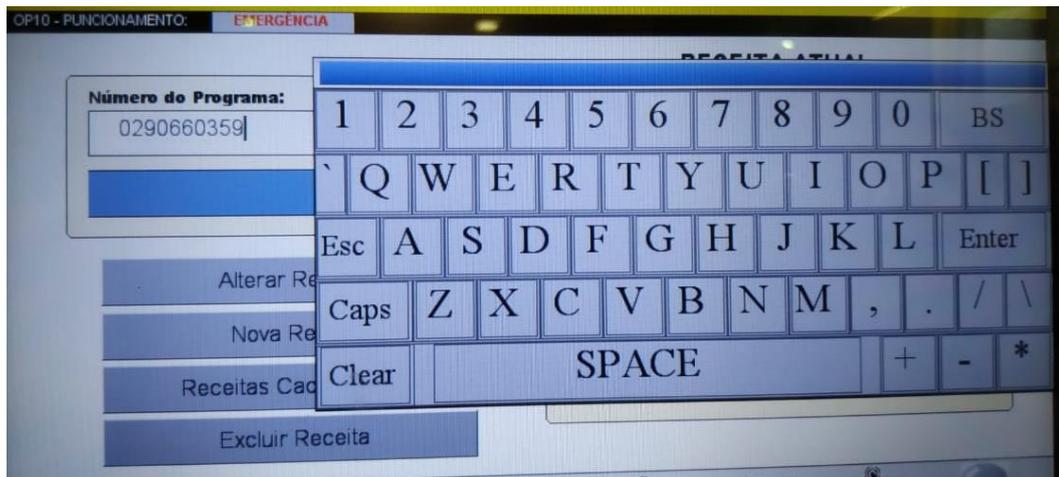


Figura 8 – Alteração dos parâmetros de um modelo de amortecedor
Fonte: do autor.

Os operadores da gravadora e da prensa não possuem permissão para alterar qualquer tipo desses parâmetros dos modelos pré-programados, somente os operadores de manutenção, pois eles possuem uma senha específica para este tipo de operação. Desta forma, é assegurado que todos os tubos daquele lote sairão com as mesmas especificações.

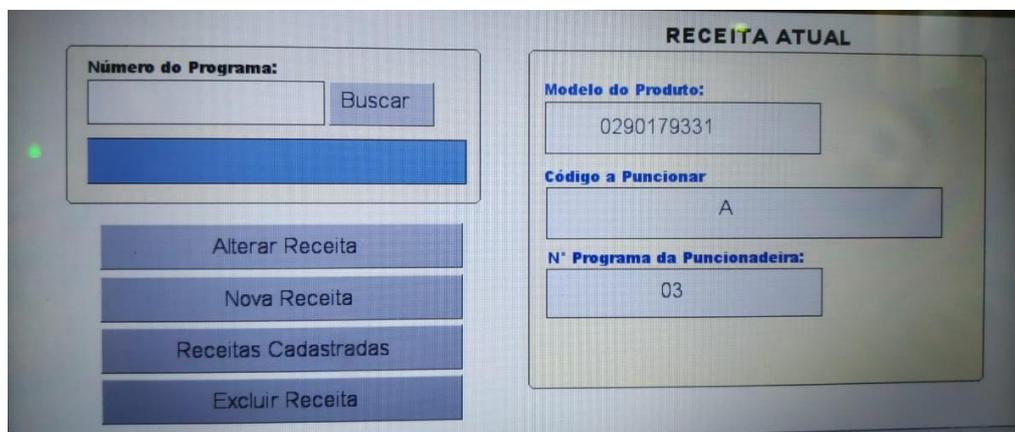


Figura 9 – Tela inicial da IHM
Fonte: do autor.

5.3 Dispositivos à prova de erros

Além da leitura do código DMC de cada tubo feito pela prensa, dois métodos foram implementados para assegurar que novos erros não pudessem ser cometidos.

5.3.1 Método Poka-yoke

A ferramenta poka-yoke foi implantada na linha de produção de amortecedores no momento em que a prensa realiza a formação do *bleeds* juntamente com a redução do tubo.

Foi criado um sistema de reconhecimento de presença das punções com o objetivo de proteger a prensa de falhas humanas. Este sistema possui um suporte que está alocado na gravadora de tubos, onde há três locais que abrigam as punções da empresa.

Durante o processo de conformação, quando uma receita é programada na IHM, o sistema desenvolvido reconhece qual punção deve ser instalado na prensa. Desta forma, as outras punções que não estão sendo utilizadas, deveriam estar nos locais de repouso, como mostrado na Figura 8, só assim a prensa funcionará.



Figura 10 – Suporte detector de presença das punções.

Fonte: do autor.

Também na Figura 8 é mostrado um lugar ocupado por uma punção e um lugar obstruído (preenchido em branco). Isso se dá porque a empresa, atualmente, só trabalha com duas punções. Portanto, a que não está no seu local de repouso, está sendo utilizada.

Caso a punção incorreta esteja fora do seu local de repouso, o sistema IHM-Prensa não pode ser, e não é, acionado, pois há o travamento automático das funções. Ele só será acionado se as posições das punções em desuso estiverem ocupadas. Por isto é um sistema a prova de falhas.

5.3.2 Intertravamento das prensas

Este outro método é dado pela sequência de operações da linha de produção dos tubos dos amortecedores, como visto na Figura 9:

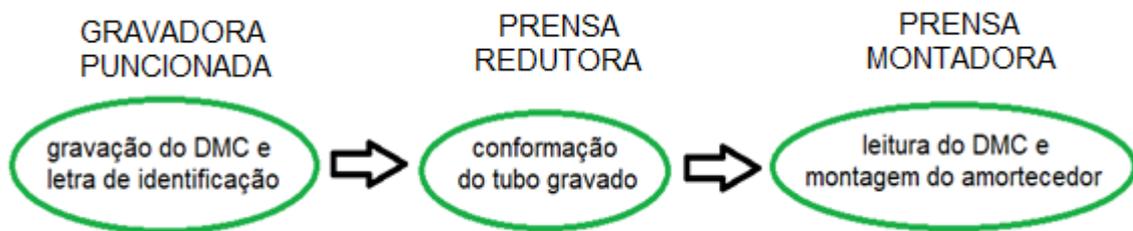


Figura 11 – Esquemático da linha de produção dos amortecedores.

Fonte: do autor.

Deste modo, a prensa redutora só irá funcionar se no tubo estiver gravado o código DMC e a letra de identificação do modelo que está programado na IHM. Essa comunicação é dada assim que a gravação dos tubos é concluída.

Se a leitura não condizer com o modelo programado, um sinal luminoso vermelho é emitido pelo painel, como visto na Figura 10 junto com sua caracterização no Quadro 3, que está posicionada ao lado do local de encaixe na prensa.

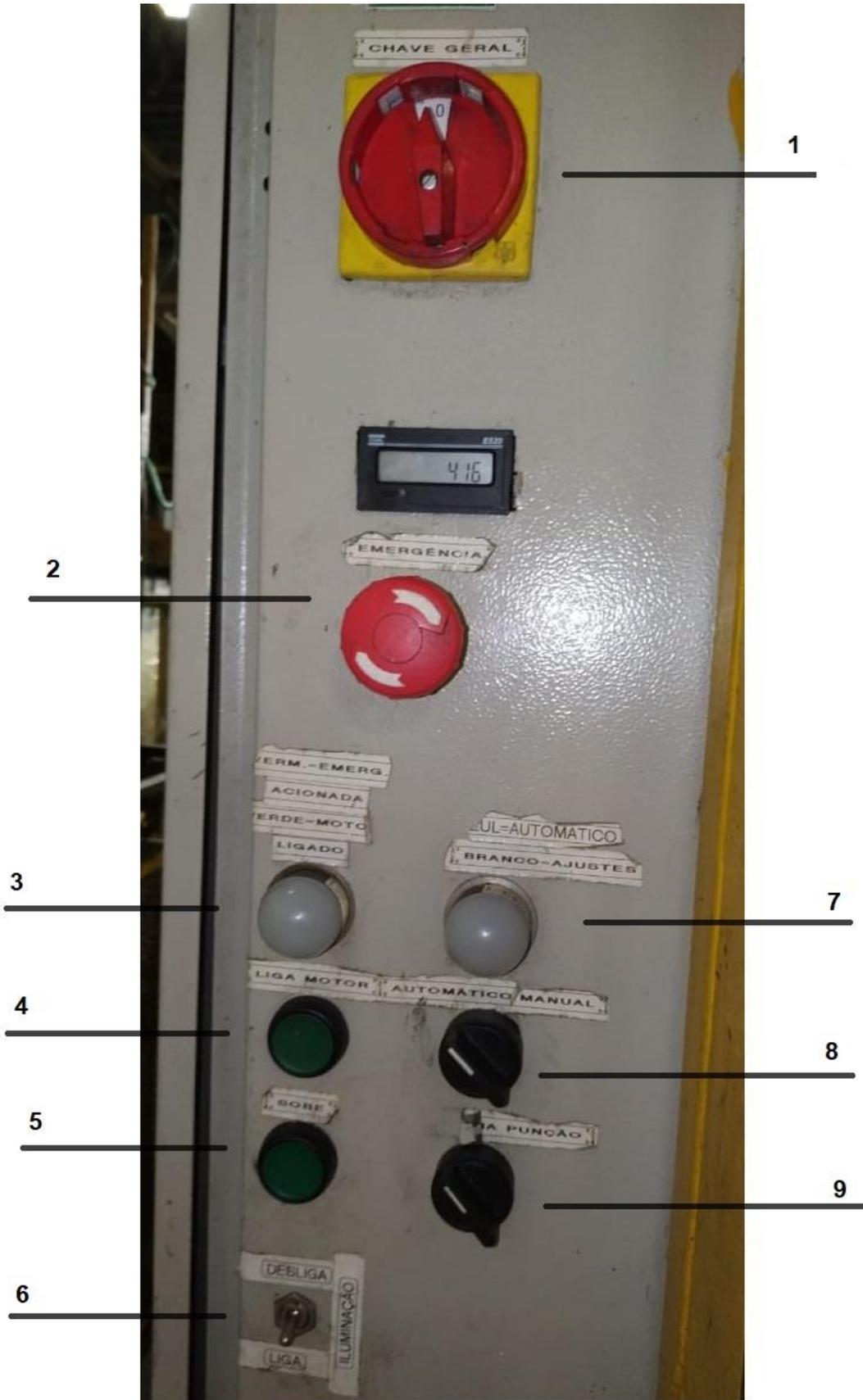


Figura 12 – Painel da prensa redutora.

Fonte: do autor.

Quadro 3 - Caracterização do Painel da Prensa Redutora

ID	Nome	Função
1	Chave Geral	Ligar/Desligar a prensa.
2	Botão de Emergência	Interromper todo o funcionamento da prensa caso seja acionada.
3	Sinal Luminoso Indicador de Funcionamento	Verde (acionada): funcionamento normal; Vermelha (emergência ¹): funcionamento interrompido. ¹ Exemplos: invasão da cortina/barreira de luz (NR12), operação gravação não finalizada, problemas de manutenção, etc.
4	Botão de Acionamento do Motor	Acionar o motor da unidade hidráulica da prensa de redução (somente se modo manual for selecionado).
5	Botão para Elevação do Caneco	Subir o ferramental para poder inserir o tubo a ser reduzido (somente se modo manual for selecionado).
6	Chave Seletora de Iluminação	Ligar/Desligar a iluminação da prensa.
7	Sinal Luminoso Indicador de Modo	Azul: modo automático em operação; Branca: ajustes, mudança de material/set-up (onde o funcionamento é interrompido);
8	Chave Seletora de Modo de Operação	Acionar a operação manualmente ou automaticamente.
9	Chave de Acionamento da Punção	Acionar a punção, ou seja, inicia o processo de redução/formação do <i>bleeds</i> (somente no modo manual);

Fonte: do autor.

De forma análoga, o sistema de intertravamento acontece na prensa montadora, onde é feita a leitura do código DMC e identificado a qual lote aquele tubo de amortecedor pertence. Se for adequado ao modelo, a montagem prossegue sem interrupções, caso contrário o sistema é interrompido até que o tubo correto seja colocado na prensa montadora.

Este intertravamento elimina um dos maiores problemas identificados no setor de montagem da empresa, que é a montagem incorreta dos amortecedores.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo geral deste trabalho foi analisar os processos que foram implantados na empresa de amortecedores automotivos para solucionar os problemas encontrados na identificação dos tubos dos amortecedores.

A falta de reconhecimento dos tubos dos amortecedores, por falha humana ou pelo próprio processo, comprometia toda a cadeia de montagem dos carros que utilizam os produtos da empresa X, já que essas falhas fizeram com que surgissem problemas de desempenho dos amortecedores.

Esses procedimentos implementados têm o potencial de melhorar a linha de produção dos amortecedores permitindo que eles sejam identificados tanto pelos operadores como pelas máquinas, o que otimiza o trabalho ao se evitar erros operacionais.

Por mais que se tenha alcançado melhorias no processo de fabricação dos amortecedores, ainda é possível implementar novas técnicas de automação, o que reduziria ainda mais as chances de qualquer equívoco dos trabalhadores. Esses métodos de otimização e automação também poderiam contribuir para a redução do trabalho repetitivo feito durante a produção, por exemplo. Com a intervenção humana suprimida, os profissionais poderiam ter sua produtividade aumentada e se concentrar em outras tarefas.

Como proposta de continuidade, seria interessante que a empresa realizasse novas implementações de automação na sua linha de produção, tanto nos outros componentes do amortecedor quanto em outros setores também, já que o intuito da automação dos processos é aumentar a produtividade, eliminar falhas humanas, reduzir custos operacionais.

7 REFERÊNCIAS

- ADAMI, L. G. S.. **Análise de Amortecedores Comerciais Para o Veículo Baja Ucs**. 2015. 74 p. Monografia (Engenharia Mecânica) - Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul, 2015.
- ALMEIDA, A. C. R.. **Simulação e Controle de um Sistema de Suspensão Simplificado**. 2002. 87 p. Dissertação (Mestrado em Matemática Aplicada) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/3539/000339615.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 15 out. 2019.
- BENHAIM, M.. Introdução e perspectiva técnica da simbologia mais avançada, compatível com os Ais. **Identificadores de Aplicação GS1**. 2009. Disponível em: <<https://www.gs1br.org/codigos-e-padres/codigo-de-barras/MateriaisTecnicos/DataMatrix%20jun14.pdf>>. Acesso em: 15 out. 2019.
- CONNOLLY, C.. Part-tracking labelling and machine vision. **Assembly Automation**, [s.l.], v. 25, n. 3, p.182-187, set. 2005. Emerald. <http://dx.doi.org/10.1108/01445150510610881>.
- COSTALONGA, T. O. et al. Interface homem-máquina utilizando sensor kinect para controle de um quadrotor ar.drone parrot. 2014. Belo Horizonte, MG. **Anais do XX Congresso Brasileiro de Automática**. 1482 a 1289 p. Disponível em: <<http://www.swge.inf.br/cba2014/anais/PDF/1569934909.pdf>>. Acesso em: 17 out. 2019.
- D' OLIVEIRA, F. S.. **Projeto de um amortecedor para protótipo de veículo off-road**. 2014. 79 p. Monografia (Engenharia Mecânica) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: <<http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10010280.pdf>>. Acesso em: 16 out. 2019.
- DIXON, J.. **The Shock Absorber Handbook**, 2nd Ed. Warrendale, USA: Society of Automotive Engineers, 2007.
- FIORETTI, R., IEZZO, R.. Características Dinâmicas de Amortecedores Bitubulares versus Monotubulares. 2007. São Paulo, SP. AEA Brasil, **Anais do XV Simpósio Internacional de Engenharia Automotiva**. 17 p.
- HUANG, Q. et al. Data Matrix Code Location Based on Finder Pattern Detection and Bar Code Border Fitting. **Mathematical Problems In Engineering**, Shenzhen, China, [s.l.], v. 2012, p.1-13, 2012. <http://dx.doi.org/10.1155/2012/515296>.
- IEZZO, R.. **Desenvolvimento de um Sistema de Suspensão com Amortecimento Semi-ativo "Slow-active" com Custo Competitivo**. 2010. 317 p. Dissertação (Mestrado Profissional em Engenharia Mecânica Automobilística) - Universidade Federal de Campinas, Campinas, 2010.
- KEYENCE. **Redefinindo o Padrão Para a Leitura de Códigos**. 2018. São Paulo, SP, 2018. 16 p.

MARTANDE, S.; JANGALE, Y. N.; MOTGI, N. S. Design and Analysis of Shock Absorber. **International Journal Of Application Or Innovation In Engineering & Management**. Solapur, Índia, p. 195-199, 2013.

NAGYOVA, A., PALKO, M., PACAIOVA, H. (2015). Analysis And Identification Of Nonconforming Products By 5w2h Method. 9 th International Quality Conference. 2015. Center for Quality. Kragujevac, Sérvia. p. 33 a 42. 2015.

NAKAGAWA, M.. FERRAMENTA: 5W2H – **Plano de Ação para Empreendedores**. Disponível em: <<https://m.sebrae.com.br/Sebrae/Portal-%20Sebrae/Anexos/5W2H.pdf>>. Acesso em: 18 out. 2019.

PUPPO, M. S.. **Interface homem-máquina para supervisão de um CLP em controle de processos através da WWW**. 2002. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2002.

RABELO, R. J.; COSTA, S. N.; ROMERO, D.. A Governance Reference Model for Virtual Enterprises. **Progress In Pattern Recognition, Image Analysis, Computer Vision, And Applications**, Florianópolis, SC. [s.l.], p.60-70, 2014. Springer International Publishing. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-662-44745-1_6.

REIMPELL, J. et al. **The Automotive Chassis: Engineering Principles**, 2nd Ed. Woburn, MA, USA: Butterworth-Heinemann, 2001.

VIDOR, G.; SAURIN, T. A.. Conceitos e características de sistemas poka-yokes: uma revisão de literatura. **Revista Produção Online - ABEPRO**. Porto Alegre, RS, [s.l.], v. 11, n. 2, p.344-369, 2011. <http://dx.doi.org/10.14488/1676-1901.v11i2.644>.