

**CENTRO UNIVERSITÁRIO DE LAVRAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA**

**PORTFÓLIO ACADÊMICO
FABRICAÇÃO DE AMORTECEDORES E CONTROLE DE QUALIDADE: PROCESSO
DE USINAGEM, SOLDA DE COMPONENTES E MONTAGEM ESTRUTURAL**

**CAETANO KELVIN AGUIAR
MATHEUS DOS SANTOS PEREIRA**

**LAVRAS-MG
2023**

CAETANO KELVIN AGUIAR
MATHEUS DOS SANTOS PEREIRA

**FABRICAÇÃO DE AMORTECEDORES E CONTROLE DE QUALIDADE: PROCESSO
DE USINAGEM, SOLDA DE COMPONENTES E MONTAGEM ESTRUTURAL**

Portfólio Acadêmico apresentado ao Centro
Universitário de Lavras, como parte das
exigências da disciplina Trabalho de
Conclusão de Curso, curso de graduação em
Engenharia Mecânica.

ORIENTADORA

Prof^a. Dr^a. Isadora Cota Carvalho

LAVRAS-MG
2023

Ficha Catalográfica preparada pelo Setor de Processamento Técnico
da Biblioteca Central do UNILAVRAS

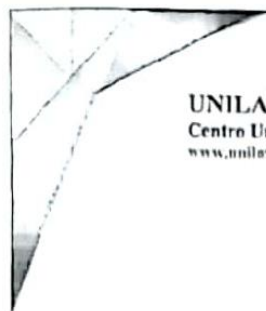
A283f Aguiar, Caetano Kelvin.
Fabricação de amortecedores e controle de qualidade: processo de usinagem, solda de componentes e montagem estrutural / Caetano Kelvin Aguiar, Matheus dos Santos Pereira – Lavras: Unilavras, 2023.

53f.:il.

Portfólio acadêmico (Graduação em Engenharia Mecânica) – Unilavras, Lavras, 2023.

Orientador: Prof.^a Isadora Cota Carvalho.

1. Processos de fabricação. 2. Controle da qualidade. I. Pereira, Matheus dos Santos. II. Isadora Cota Carvalho. (Orient.). III. Título.



UNILAVRAS
Centro Universitário de Lavras
www.unilavras.edu.br



CAETANO KELVIN AGUIAR
MATHEUS DOS SANTOS PEREIRA

PORTFÓLIO ACADÊMICO

Portfólio intitulado "Fabricação de amortecedores e controle de qualidade: processo de usinagem, solda de componentes e montagem estrutural", de autoria dos graduandos Caetano Kelvin Aguiar e Matheus dos Santos Pereira, aprovado pela banca examinadora constituída pelos seguintes professores:

Aprovado em: 06/06/2023



Profª. Drª Isadora Cota Carvalho - UNILAVRAS (Orientadora)



Profª. Dr. Evandro Pereira da Silva - UNILAVRAS (Convidado)



Profª. Drª Luciana Aparecida Gonçalves Oliveira – UNILAVRAS (Presidente da banca)

Dedico a Deus o maior orientador da minha vida. Minhas irmãs que foram a base para que eu chegasse até aqui, estando presente nos momentos mais difíceis.

Caetano

Dedico este trabalho à minha família, que sempre esteve comigo, apoiando, incentivando, isso contribuiu muito na minha caminhada. Sem vocês eu nada seria.

Matheus

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela minha vida, e por me ajudar a ultrapassar todos os obstáculos encontrados ao longo do curso.

É difícil agradecer a todas as pessoas que de algum modo, nos momentos serenos e ou apreensivos, fizeram ou fazem parte da minha vida. Por isso, agradeço a todos de coração.

Aos professores que desempenharam com dedicação as aulas ministradas, pelas correções e ensinamentos que me permitiram apresentar um melhor desempenho no meu processo de formação profissional.

Agradeço também a minha família que sempre me apoiou e esteve ao meu lado, incentivaram nos momentos difíceis, transmitindo força para continuar a jornada, vocês são sem dúvida meu alicerce.

Matheus dos Santos Pereira

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, que permitiu que tudo isso acontecesse, não somente nestes anos como universitário, mas ao longo de toda minha vida e carreira profissional. Ele é o maior mestre que alguém pode ter. Agradeço também a todas as pessoas que se fizeram importantes em minha vida, Maysa Aparecida Aguiar, Marcia Aparecida Rezende e todas minhas irmãs.

Aos professores: Isadora Cota Carvalho, Evandro Pereira da Silva, Luciana Aparecida Gonçalves Oliveira agradeço por compartilhar saber necessários à minha formação.

Agradeço aos colegas e amigos que conquistei ao longo do curso. Com vocês, as pausas entre um parágrafo e outro fizeram com que essa batalha fosse vencida.

Caetano Kelvin Aguiar

“É dito que conhecimento é luz e força. Onde há luz é possível discernir entre certo ou errado, escuro ou luminoso, inútil ou poderoso. Aqueles que entendem o que está errado, não se deixam influenciar por ações e pensamentos negativos”.

Albert Einstein
(1879-1955)

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Torno Multifuso New Britain.....	12
Figura 2: Projeto 2D de uma haste do amortecedor.....	14
Figura 3: Estrutura da máquina de solda projeção (ferramentais e peças a serem processadas).....	17
Figura 4: Conjunto soldado e dispositivos de medição.....	19
Figura 5: Processo de solda reforço dos conjuntos.....	22
Figura 6: Plano de Controle.....	23
Figura 7: Células de montagem de amortecedores soldados e rolados.....	26
Figura 8: Células de montagem de amortecedores soldados e rolado.....	29
Figura 9: Desenho da haste.....	33
Figura 10: Peças KO e NOK.....	35
Figura 11: Peça padrão de soldagem de componentes.....	37
Figura 12: Análises tridimensionais.....	39
Figura 13: Ferragem do amortecedor com solda com costura irregular.....	40
Figura 14: Modelos de Amortecedores.....	42
Figura 15: Indicador e falhas cometidas durante a operação.....	44

LISTA DE SIGLAS

SOP - Procedimentos Operacionais

MIG - Metal Inert Gas

PLC - Programmable Logic Controller

UNILAVRAS - Centro Universitário de Lavras

CQ - Controle de Qualidade

SGQ - Sistema de Gestão de Qualidade

CEP - Controle Estatístico de Processo

KPI - Key Performance Indicator

SOP - Procedimentos Operacionais

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	10
2 DESENVOLVIMENTO.....	11
2.1 Desenvolvimento do aluno Matheus dos Santos Pereira.....	11
2.2 Local das vivências profissionais.....	11
2.3 Processo de usinagem de haste.....	12
2.4 Preparação de Componentes – Solda Projeção e Solda Reforço.....	16
2.5 Montagem Estrutural – Amortecedores Dianteiros.....	24
2.6 Desenvolvimento do aluno Caetano Kelvin Aguiar.....	31
2.7 Qualidade no processo de soldagem.....	36
2.8 Qualidade aplicada no processo de montagem estrutural.....	41
3 AUTOAVALIAÇÃO.....	46
3.1 Autoavaliação do aluno Matheus dos Santos Pereira.....	46
3.1.1 Desenvolvimento profissional.....	46
3.1.2 Desenvolvimento pessoal.....	46
3.1.3 Perspectiva de formação continuada.....	46
3.2 Autoavaliação do aluno Caetano Kelvin Aguiar.....	47
3.2.1 Desenvolvimento profissional.....	47
3.2.2 Desenvolvimento pessoal.....	47
3.2.3 Perspectiva de formação continuada.....	47
4 CONCLUSÃO.....	48
REFERÊNCIAS.....	50

1 INTRODUÇÃO

O presente portfólio traz as experiências adquiridas por nós, alunos do curso de Engenharia Mecânica, em nossas respectivas áreas de trabalho, o qual abordará os controles de processos para fabricação de amortecedores.

Eu, Matheus dos Santos Pereira, neste portfólio, tenho como objetivo relatar alguns dos principais processos e etapas da fabricação de amortecedores, com ênfase em usinagem, solda de componentes e montagem estrutural.

Eu, Caetano Kelvin Aguiar, irei abordar, nesse portfólio a aplicação dos métodos da qualidade na fabricação de amortecedores, com enfoque na usinagem, solda de componentes e produtos acabados, na montagem estrutural.

Os objetivos específicos deste portfólio foram: observar, fotografar, relatar e analisar os processos de fabricação e os conceitos de qualidade que devem ser aplicados para produção de amortecedores; correlacionar com as disciplinas do curso e a literatura científica atual.

A relevância das experiências vividas e contidas nesse portfólio nos mostraram a importância da atuação e formação continuada do engenheiro mecânico, aliando a teoria e prática nos processos de fabricação. Este processo envolveu observação, diagnóstico e solução de problemas fabris, buscando sempre a qualidade, produtividade e segurança.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Desenvolvimento do aluno Matheus dos Santos Pereira

Desde o meu primeiro contato com a indústria, como estagiário dos cursos técnicos em metalurgia, eletromecânica, administração e também o de modelagem de fundição, sempre estive envolvido com engenharia. Este intenso contato despertou em mim a vontade de me tornar um engenheiro mecânico.

Iniciei o curso de engenharia mecânica na Universidade de Itaúna, onde cursei até o 5º período. Por motivos profissionais, precisei mudar para cidade de Lavras, Minas Gerais, e decidi continuar meus estudos no Centro Universitário de Lavras - Unilavras.

Durante a vida acadêmica tive oportunidades e adquiri ampla base de conhecimentos e habilidades que me proporcionaram uma visão mais completa da engenharia mecânica, tornando-me apto a desenvolver soluções inovadoras para problemas complexos. Agora, como futuro engenheiro mecânico, busco contribuir para o desenvolvimento de projetos que possam agregar valor ao mercado e à sociedade, utilizando todo o conhecimento teórico e prático adquirido ao longo da minha trajetória acadêmica e profissional.

2.2 Local das vivências profissionais

Atualmente, atuo como analista de engenharia de manufatura em uma empresa multinacional fabricante de amortecedores, localizada em Minas Gerais. Desde que comecei, tive a oportunidade de conhecer e trabalhar por diversos setores do processo de fabricação. Dentre eles, atuei mais detalhadamente nos processos usinagem de haste para amortecedores, solda de componentes e montagem estrutural de amortecedores dianteiros. Ao longo desse tempo, pude colocar em prática os conhecimentos teóricos adquiridos na graduação em engenharia mecânica e me aprofundar em áreas como a gestão de processos produtivos e o desenvolvimento de projetos. Além disso, aprendi a lidar com a pressão e a tomar decisões rápidas e precisas, visando garantir a eficiência e qualidade do processo produtivo. Ainda estou empenhado em contribuir cada vez mais para a empresa e buscar soluções inovadoras para os desafios enfrentados na indústria mecânica.

2.3 Processo de usinagem de haste

Entende-se como usinagem de haste de amortecedor o processo de fabricação de peças cilíndricas de alta precisão para a produção de componentes automotivos, especificamente os amortecedores. Esse processo envolve a utilização de máquinas e ferramentas especializadas para cortar, modelar e polir a superfície da haste de modo a garantir a precisão e qualidade necessárias para o bom desempenho do componente. De acordo com alguns estudos na área, a usinagem de haste de amortecedores apresenta-se como um processo fundamental para garantir a qualidade e confiabilidade dos componentes automotivos, uma vez que permite a produção de peças com elevado grau de precisão dimensional, tolerâncias apertadas e superfícies livre de defeitos, o que contribui para a segurança, conforto e desempenho dos veículos (SILVA, 2019).

A Figura 1 apresenta um torno multifuso New Britain, uma máquina amplamente utilizada na usinagem de haste de amortecedores. Com sua grande capacidade de produção e confiabilidade de processo, esse equipamento se destaca por garantir os padrões de qualidade exigidos pelos clientes.

Figura 1: Torno Multifuso New Britain.



Fonte: Própria autoria (2023)

Em resumo, o torno multifuso New Britain é uma máquina de usinagem de alta tecnologia e eficiência, capaz de garantir a produção de hastes de amortecedores com

precisão e rapidez, seu sistema automatizado permite a usinagem de várias peças simultaneamente. Este equipado com cabeçotes duplos, que possibilitam a realização de operações como corte, torneamento, furação e rosqueamento. Isso permite que o processo de usinagem seja mais rápido e eficiente sem comprometer a qualidade da peça final. Uma máquina complexa e altamente eficiente na usinagem de peças diversas. No entanto, a manutenção corretiva e preventiva do equipamento é bastante exigente e requer profissionais especializados.

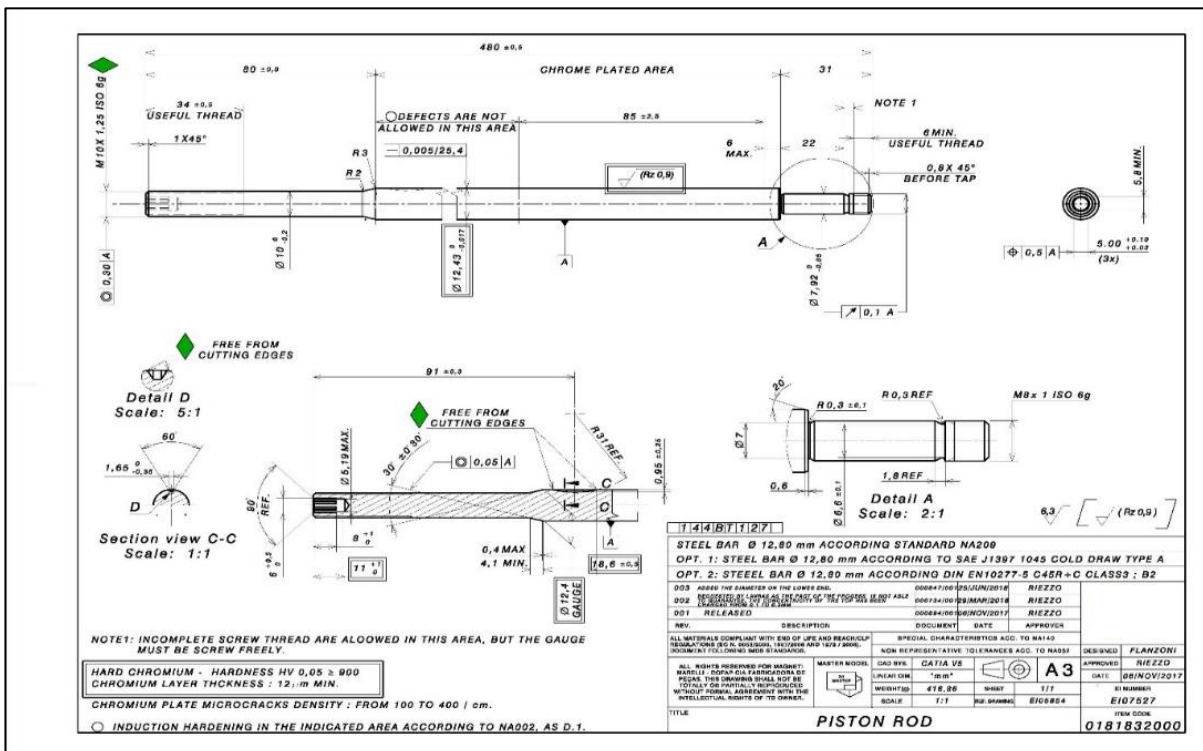
Com sua confiabilidade de processo e capacidade produtiva, essa máquina se torna uma escolha estratégica para empresas que buscam atender às demandas do mercado com excelência.

Segundo especialistas, o torno multifusos New Britain é uma máquina altamente versátil e precisa, capaz de realizar uma ampla gama de operações de usinagem (SOUZA, 2019). Este equipamento apresenta um alto desempenho em termos de produtividade e eficiência, o que torna essa máquina uma escolha popular entre as indústrias de manufatura (GONÇALVES, 2020), sendo considerado uma ferramenta essencial para a realização de operações de usinagem de alta precisão em peças de grande porte e complexidade (SILVA, 2018).

O torno multifuso New Britain é uma máquina de grande importância para a formação de engenheiros mecânicos, pois relaciona diretamente com diversas disciplinas fundamentais do curso, são elas: Usinagem Mecânica, o torno multifuso é uma das principais máquinas utilizadas para a produção de peças com alta precisão e qualidade; Mecânica dos Sólidos, os componentes produzidos pelo torno multifuso são analisados estruturalmente; Processos de Fabricação, o torno multifuso é abordado como uma das principais máquinas-ferramentas utilizadas para a produção de peças de grande porte e complexidade.

Figura 2 ilustra o projeto 2D de uma haste de amortecedor, componente do sistema de suspensão de um veículo, tendo um papel crítico na absorção de impactos e vibrações. A eficácia do sistema de suspensão está diretamente relacionada à qualidade da haste de amortecedor, que deve ser projetada e fabricada com cuidado para garantir seu desempenho e durabilidade.

Figura 2: Projeto 2D de uma haste do amortecedor.



Fonte: Própria autoria (2023)

Como pode ser observado na figura 2 a produção da haste de amortecedor envolve uma série de processos complexos de usinagem. Em sua lateral esquerda é possível observar a espiga de fixação, que tem como função fixar o amortecedor à estrutura do sistema de suspensão do veículo. Essa parte da haste passa por processos, tais quais desbaste e acabamento. Ainda, a peça passa por etapas de conformação mecânica por laminação para obtenção da rosca. Este processo é realizado por rolos laminadores de rosca e cabeçotes de usinagem. Conforme o corte C-C da figura 2, o sextavado é formado por processos de furação e cisalhamento.

No centro da figura, é possível encontrar informações acerca das tolerâncias dimensional exigidas para a área de trabalho da haste, além dos padrões de rugosidade e das áreas que requerem os processos de têmpera e revenimento. Por fim, na parte direita da figura 2, é apresentada uma espiga do pistão, que junto a montagem do pistão é responsável por otimizar o amortecimento e minimizar a transferência de vibrações do veículo. Essa parte da haste também é submetida aos

mesmos processos de usinagem da espiga de fixação, porém com padrões de tolerâncias e dimensionais específicos.

De acordo com Rodrigues (2015), a haste de amortecedor é um componente crítico do sistema de suspensão de veículos, submetido a condições de trabalho severas, tais como cargas dinâmicas, fadiga cíclica e corrosão. Por essa razão, a escolha de um material adequado para sua construção é essencial para garantir a resistência e durabilidade da haste. Em geral, são utilizados aço cromado ou aço inoxidável, que são opções comuns devido às suas boas propriedades mecânicas e resistência à corrosão.

A geometria da haste de amortecedor é um fator crítico para o desempenho do sistema de suspensão de um veículo. De acordo com estudos realizados por Souza e Corrêa (2019), a seção transversal da haste deve ser projetada para suportar as cargas dinâmicas, minimizando a flexão e a torção, a fim de garantir a estabilidade do veículo em curvas e situações de frenagem brusca. Além disso, a superfície da haste deve ser polida e livre de irregularidades, a fim de minimizar a fricção com o cilindro do amortecedor.

A tolerância entre a haste e o cilindro do amortecedor é um aspecto crítico que deve ser considerado na fabricação do componente. A folga deve ser mínima, a fim de garantir um encaixe perfeito entre a haste e o cilindro, evitando assim vazamentos de óleo e reduzindo o atrito durante o movimento da haste. Segundo estudos realizados por Santos e Oliveira (2017), uma folga excessiva pode prejudicar o desempenho do sistema de suspensão, causando instabilidade e vibrações durante a condução do veículo.

A fabricação de hastes de amortecedor está diretamente ligada a algumas disciplinas cursadas na engenharia mecânica. Dentre elas, pode-se citar Usinagem e Desenho Mecânico, pois juntas contemplam todas as informações técnicas necessárias para fabricação de uma haste: padrões de dimensionais, tolerâncias, tipos de usinagens, áreas críticas a serem observadas. Os conceitos de têmpera e revenimento realizados para fabricação da haste estão diretamente ligados à disciplina de Engenharia de Materiais.

A combinação do torno CNC com a usinagem de hastes de amortecedor oferece vantagens significativas. Os tornos CNC permitem alta precisão e

repetibilidade, garantindo tolerâncias dimensionais críticas para o desempenho adequado das hastes. Além disso, eles proporcionam velocidade e eficiência, permitindo a produção em massa de peças em curtos períodos de tempo. A flexibilidade dos tornos CNC possibilita a execução de várias operações em uma única máquina, enquanto o controle avançado otimiza o processo de usinagem. A automação integrada aos tornos CNC aumenta a produtividade e a confiabilidade geral do processo de fabricação das hastes de amortecedor.

2.4 Preparação de Componentes – Solda Projeção e Solda Reforço

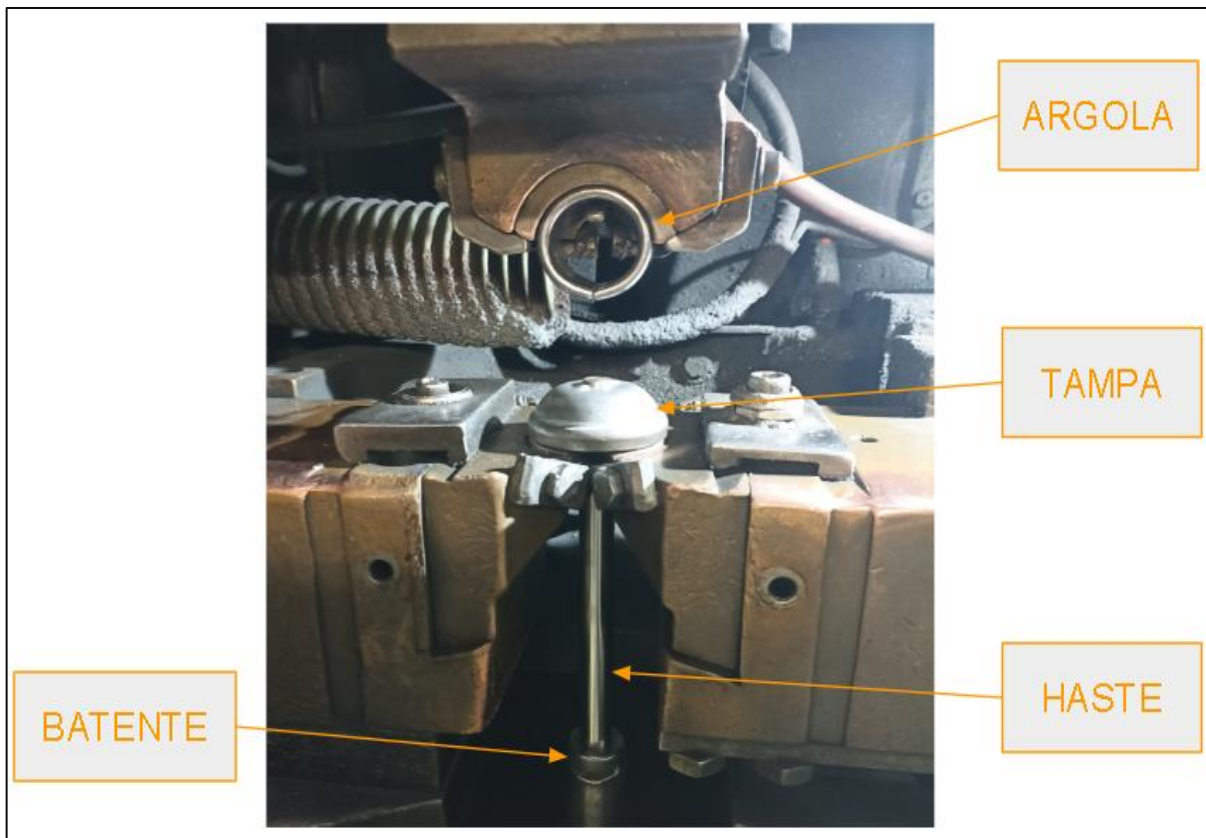
A preparação adequada dos componentes é uma etapa crítica no processo de fabricação de amortecedores, requerendo atenção aos detalhes e ao uso de técnicas e ferramentas específicas para garantir a qualidade e eficiência do processo.

Procedimentos tais como limpeza dos componentes, inspeções visuais e dimensionais, ensaios para avaliação de resistência à tração utilizando extensometria elétrica, flexão e outras propriedades mecânicas, além da realização de tratamentos de superfície, tal qual cromação por eletrodeposição, a fim de elevar a durabilidade e resistência à corrosão dos componentes são pontos cruciais nessa etapa.

A solda projeção é utilizada para unir peças metálicas por meio de pontos de solda a partir de pressão e corrente elétrica. Este procedimento de soldagem é uma das etapas cruciais no processo de preparação de componentes de amortecedores, pois faz a união de componentes tais como haste, argola, tampa, formando conjuntos para serem montados nas células de montagem.

A Figura 3 apresenta a estrutura de uma solda projeção, os ferramentais de fixação e as peças que serão processadas (haste, argola e tampa).

Figura 3: Estrutura da máquina de solda projeção (ferramentais e peças a serem processadas).



Fonte: Própria autoria (2023)

A estrutura da máquina, assim como os ferramentais de fixação, são fabricadas em liga de cobre para que possam conduzir a corrente às peças de forma mais efetiva para realização do processo de soldagem. De acordo com Silva (2019), os ferramentais são elementos fundamentais para o sucesso da soldagem por projeção, uma vez que garantem a posição correta das peças, bem como a fixação adequada dos eletrodos de soldagem. A escolha dos ferramentais deve levar em consideração a geometria e as dimensões das peças a serem soldadas, bem como boa acessibilidade aos equipamentos de soldagem.

A parte inferior da Figura 3 demonstra o batente responsável por garantir o alinhamento e a altura correta da haste pré setada durante o *setup* da máquina, na parte central podemos observar os ferramentais de fixação da haste e posicionadores da tampa que fica alojada na superfície superior da haste, área a qual foi usinada especificamente para tal finalidade. No conjunto superior da máquina temos a argola e os ferramentais de fixação que estão simetricamente alinhados com toda parte inferior da máquina.

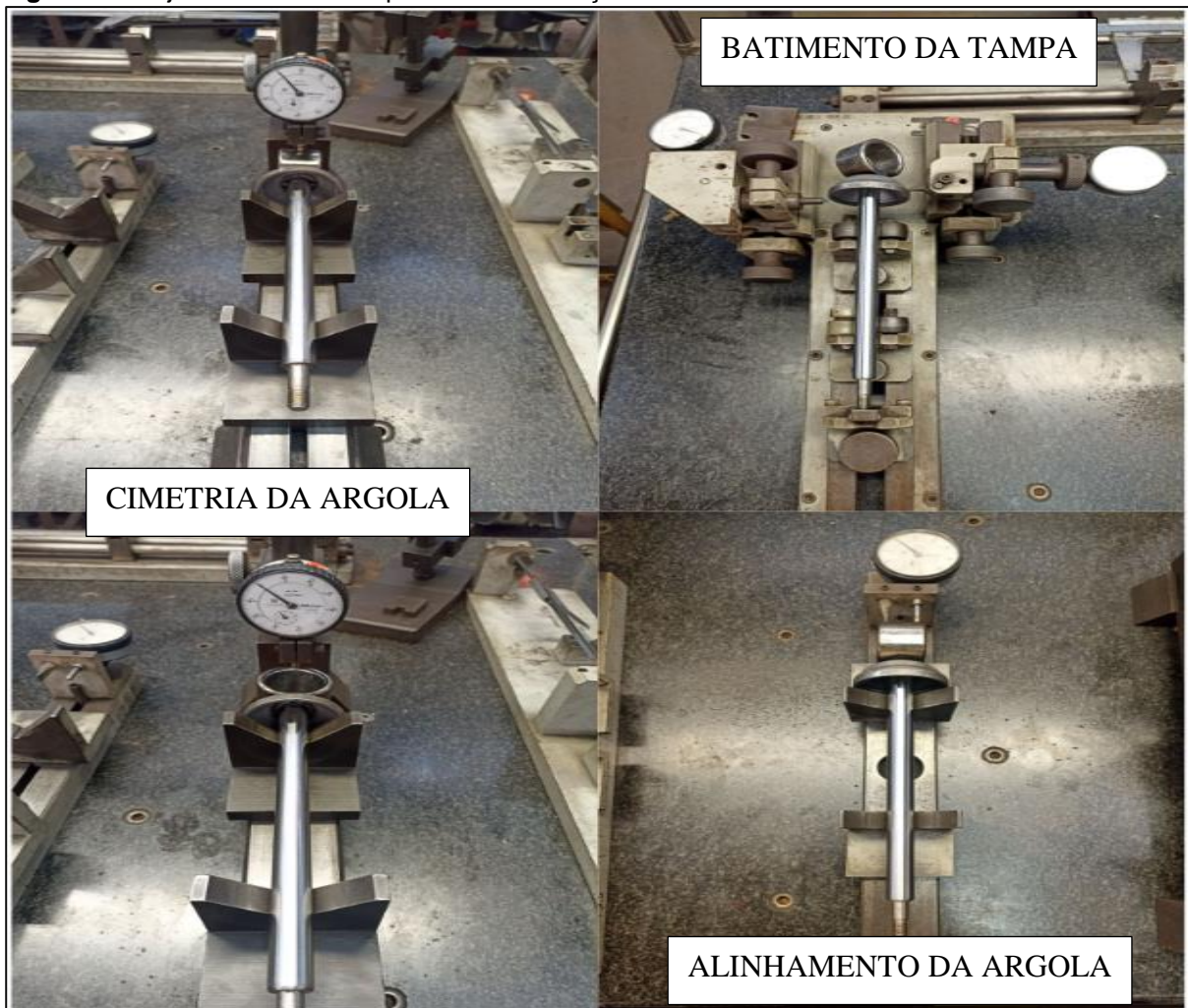
De acordo com Souza (2017), a soldagem por projeção é amplamente utilizada na indústria automobilística para a fabricação de componentes como hastes de amortecedores e pinos de engate devido à alta resistência e qualidade na união das peças.

Para que a solda projeção seja efetiva, há um conjunto de variáveis que precisam ser ajustadas: as peças devem ser fixadas firmemente nos ferramentais da máquina, todo o conjunto a ser soldado deve estar perfeitamente alinhado e em contato com área de junção. Após esse conjunto de variáveis estarem validados, uma corrente elétrica de alta intensidade é aplicada para gerar calor suficiente para fundir os metais no ponto de junção. A pressão aplicada durante o processo ajuda a garantir a qualidade e uniformidade da solda. Oliveira (2020) destaca a importância de uma correta seleção dos parâmetros de soldagem para garantir um resultado satisfatório e a necessidade de cuidados especiais com os eletrodos de soldagem.

“Processos de Fabricação e Soldagem” são disciplinas presente na ementa do curso de Engenharia Mecânica que está totalmente ligada ao processo de solda projeção, pois as peças a serem soldadas vieram de processos como estamparia, calandra e usinagem. Os parâmetros de corrente elétrica estão totalmente ligados à disciplina de Eletricidade, sendo cruciais para que o processo de solda se desenvolva corretamente. Os ferramentais e sua liga de fabricação fazem parte da matéria “Engenharia de Matérias”. Cursando esta disciplina aprendemos que o bronze é um excelente condutor elétrico, sendo também muito resistente à corrosão e ao desgaste devido a camada de óxido que forma sobre sua superfície, que atua como uma barreira contra a corrosão e reduz o atrito entre as superfícies em contato, se tornando um material ideal para o processo de solda projeção.

O conjunto soldado passa por validações de qualidade e teste de resistência conforme normas de exigidas pelo cliente para liberação de fabricação do lote. A Figura 4 mostra um conjunto que passou por um processo de soldagem validado por dispositivos de medições que detectam o alinhamento, batimento, simetria, comprimento total da peça.

Figura 4: Conjunto soldado e dispositivos de medição



Fonte: Própria autoria (2023)

O trabalho de Maeques *et al.* (2018) ressalta a importância da aplicação da engenharia da qualidade na gestão de processos produtivos. Dispositivos de medição e checagem são essenciais para garantir a qualidade dos produtos fabricados. A equipe de engenharia de qualidade é responsável por monitorá-los regularmente e seguir normas exigidas pelos clientes. Para validação e calibração destes dispositivos,

são utilizadas técnicas e ferramentas de análise para identificar os pontos críticos dos processos e melhorar o produto final.

Durante o processo de fabricação é importante considerar também o design e a usabilidade dos dispositivos a fim de garantir que as medições sejam precisas e confiáveis. Além disso, a equipe de engenharia deve estar sempre atualizada sobre as normas e tecnologias mais recentes para garantir a eficácia dos dispositivos de medição. Segundo estudos recentes, o uso de dispositivos de medição de simetria é essencial em processos de fabricação de componentes mecânicos e estruturas, pois a simetria é um fator crucial para o funcionamento correto e seguro desses elementos. Dessa forma, os dispositivos de medição de simetria ajudam a garantir que os componentes mecânicos e estruturas tenham um desempenho adequado, minimizando falhas, reduzindo custos de manutenção e reclamações de cliente.

A norma ISO 13919-2 (2021) estabelece os requisitos para garantir a qualidade das soldas e os métodos de ensaio para detecção de defeitos. Losting (2012) ressalta em seu trabalho a importância de seguir as normas e destaca a necessidade de monitorar o batimento em montagens soldadas por projeção e a utilização de ferramentas de medição de alta precisão. A utilização de dispositivos de medição pode ser relacionada à disciplina de Mecânica dos Sólidos, que estuda a resposta dos materiais sólidos a diferentes cargas e deformações. A medição precisa de peças mecânicas pode ser relacionada à disciplina de Metrologia, que é o estudo da medição de grandezas físicas, e também à disciplina de Projeto Mecânico, que envolve a criação de modelos e desenhos mecânicos. Estes devem ser construídos de acordo com as especificações do projeto.

Seguindo o processo de preparação de componentes, logo após o processo de solda projeção, temos o processo de solda reforço, quando os conjuntos soldados por corrente elétrica e alta pressão recebem metal de adição pelo processo de solda MIG, que é ilustrado pela Figura 5.

Figura 5: Processo de solda reforço dos conjuntos.



Fonte: Própria autoria (2023)

O processo de solda reforço é feito de forma semiautomática: o operador realiza o *setup* da máquina, ajustando os ferramentais de apoio e parâmetros de solda para que possa realizar manualmente o processo de solda MIG. Todos os passos das atividades por normas devem estar documentados em Procedimentos Operacionais (SOP) onde são descritas todas as etapas a serem realizadas com grande nível de detalhes para melhor auxiliar o operador. Cada conjunto a ser soldado tem suas

particularidades. No caso exposto na Figura 5, a solda MIG é realizada apenas nas laterais.

A soldagem *MIG* (sigla em inglês para *Metal Inert Gas*) é um processo de soldagem por arco elétrico que utiliza um arame contínuo, alimentado por uma tocha de soldagem, para fundir e unir as peças. Para a soldagem de peças de amortecedores, geralmente é utilizado um arame de solda de alta resistência e um gás de proteção à base de argônio ou uma mistura de argônio e dióxido de carbono. Silva (2018) evidencia que o processo de solda *MIG* é o mais utilizado na indústria graças à sua versatilidade e facilidade de uso, sendo ideal para produção de peças em grande escala.

As áreas reforçadas por solda MIG no conjunto já preparado no processo de solda projeção elevam seu grau de resistência mecânica, garantindo mais confiabilidade no processo. Ainda, garante que o conjunto possa receber esforços longitudinais e transversais sem que haja rompimento por fadiga. Para validação da solda reforço, são realizados ensaios de tração e impacto no conjunto soldado, conforme normas estabelecidas pela engenharia de qualidade junto ao cliente.

Segundo Hosford e Caddell (2010), o ensaio de tração é um método utilizado para determinar as propriedades mecânicas dos materiais que consiste em submeter uma amostra da haste a uma força de tração gradualmente crescente até que ela se rompa. Durante o ensaio, as deformações da amostra são medidas em relação à força aplicada, gerando uma curva de tensão-deformação. A partir desta curva é possível determinar várias propriedades mecânicas da amostra, como a resistência à tração e o módulo de elasticidade.

Dieter (1986) cita o ensaio de impacto como um método apropriado para avaliar a tenacidade dos materiais. Este consiste em submeter uma amostra a uma carga de impacto em alta velocidade. Durante o ensaio, a energia absorvida pela amostra é calculada conhecendo-se a altura e a massa do elemento causador do impacto e, a partir deste dado, é possível determinar a resistência à fratura do material em condições de carregamento dinâmico. O ensaio de impacto é amplamente utilizado na indústria para avaliar a qualidade e a resistência dos materiais utilizados em diferentes aplicações, como na fabricação de peças automotivas, aeronáuticas e estruturais.

Os processos de solda são complexos e devem ser controlados criteriosamente para que atendam os padrões de qualidades exigidos por normas regulamentadoras. Segundo Juran (1999), o plano de controle é composto por um conjunto de instruções escritas que descrevem os procedimentos e critérios para realizar as atividades de controle de qualidade. Neste documento temos informações sobre identificação da máquina e qual sua fonte de trabalho. Estas informações são de grande valia uma vez que parâmetros diferentes devem ser especificados de acordo com cada fonte de trabalho. O Plano de Controle, tem como principal finalidade ser fonte de consulta dos operadores e líderes, em relação aos parâmetros de regulação da solda para cada máquina. Assim, tem-se maior autonomia na realização de intervenções para melhor garantia do processo. A Figura 6 demonstra um Plano de Controle, onde se encontram diversas informações das máquinas de soldas e parâmetros que devem ser controlados.

Figura 6: Plano de Controle.

ANEXO - PLANO DE CONTROLE											
ÉPROTÓTIPO	ÉPRÉ-LANÇAMENTO	RPRODUÇÃO	Data (Liberação) 10/27/2010		Data (Revisão) 20/12/2017 - 6						
Código do Componente / Nível Revisão: FAMÍLIA CONVENCIONAL			Aprovação Engenharia Cliente / Data								
Descrição do componente: (1040) SOLDAR REFORÇO NA FIXAÇÃO SUPERIOR			Aprovação Qualidade Cliente / Data								
Nome / Código-Forn:		Nº. Documento: AN-MTG-040		Outra aprovação / Data							
PARÂMETROS DE REGULAGEM DE SOLDA											
SOLDA REFORÇO SEMI AUTOMÁTICA											
MMC10467 / MMC00593											
REGULAGEM DAS FONTES DE SOLDA											
MÁQUINA	FONTES	TENSÃO (V)	VELOCIDADE DO ARAME	PREFLOW(s)	POSTFLOW (s)	ARC FORCE	BURNBACK / RETARDO (s)	TRIGGER MODE	PROGRAMA FONTE	POSICÃO DO TRACK	VAZÃO DO GÁS (l/min)
MMC10467	LINCOLN	20 - 40	560 - 660 pol/min	OFF	OFF	5 - 10	0,06 - 0,09	STD	GMAN	-	15 - 25
MMC00593	ESAB	30 - 40	3 - 9 m/min	-	-	-	1: 0 - 3 2: 0 - 3	-	-	PANEL	15 - 25
PROGRAMAS DO PAINEL SUPERIOR DAS MÁQUINAS											
Argolas utilizadas	Nº do Programa	Ângulo inicial (Graus)	Ângulo final (Graus)	Velocidade do motor (%)							
267-28	1	49 - 55	115 - 121	35 - 41							
313 / 277 / 02 / 506 / 301-28	2	40 - 45	120 - 130	35 - 41							
04 / 40 / 113 / 256 / 263 / 279 / 592-28	3	33 - 40	133 - 139	35 - 41							
562-28	4	30 - 36	134 - 142	24 - 34							
INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES											
* BITOLA DO ARAME DE SOLDA A 1,0 mm											
** ESTES PARÂMETROS DEVEM SER REVISITOS SEMPRE QUE O PAINEL SOFRER QUALQUER TIPO DE ALTERAÇÃO.											
LVFM0020_A-2											
LEGENDA: / = CARACTERÍSTICA CRÍTICA □ = CARACTERÍSTICA FUNCIONAL D = CARACTERÍSTICA DE SEGURANÇA											

Fonte: Própria autoria (2023)

No Plano de controle exposto na Figura 6 as principais informações são: Tensão (V), Velocidade do Arame (pol/ min ou m/min), A RC FORCE, Vazão do Gás (l/min), AM's a serem soldados, Nº do Programa, Ângulo Inicial, Ângulo Final e Velocidade do motor (%). O plano de controle ajuda a garantir que os processos sejam executados de forma consistente e que os produtos atendam às especificações de qualidade estabelecidas Anderson, Sweeney e Williams (2010).

Segundo Luftig (2021) o plano de controle deve ser utilizado em conjunto com outras ferramentas de gestão da qualidade, como a análise de Pareto e o diagrama de Ishikawa, para melhor gestão e tratativa dos dados.

O plano de controle é uma ferramenta importante para garantir a qualidade do processo de soldagem, e sua aplicação pode estar relacionada as seguintes disciplinas: Organização Industrial - foi abordado o planejamento e a implementação do plano de controle, considerando as especificidades do processo de soldagem; Processos de Fabricação - a influência dos parâmetros de soldagem no resultado final do processo, e como o plano de controle pode ajudar a monitorar e ajustar esses parâmetros; Gestão de Pessoas - o plano de controle pode ser visto como uma ferramenta para envolver os operadores e garantir que eles sigam as diretrizes estabelecidas, evitando desvios e falhas no processo. Por fim, no Laboratório de Processos Mecânicos, pode ser realizado o controle e a análise dos dados coletados durante o processo de soldagem para garantir que os resultados estejam dentro das especificações desejadas.

2.5 Montagem Estrutural – Amortecedores Dianteiros

A montagem estrutural é a área da fábrica com maior valor agregado ao produto pois trata-se da junção de todos os componentes e conjuntos processados nos setores anteriores para a montagem do produto final, que é o amortecedor dianteiro. O nome “montagem estrutural” se dá devido à complexidade e robustez exigidas pelo amortecedor dianteiro. São amortecedores projetados para suportar as condições mais adversas da estrada, absorvendo as vibrações e impactos para garantir uma condução suave e segura. Logo, existe uma tecnologia muito avançada por trás da sua fabricação para garantir a resistência e durabilidade à peça.

Uma das principais características dos amortecedores dianteiros é aplicação da tecnologia do sistema exclusivo de válvulas progressivas, o que proporciona um controle preciso do movimento do pistão. Com isso, o amortecedor é capaz de se adaptar rapidamente às condições da estrada, garantindo um desempenho confiável e consistente em todas as situações. Os amortecedores dianteiros podem ser divididos em dois tipos principais: os amortecedores convencionais e os amortecedores pressurizados.

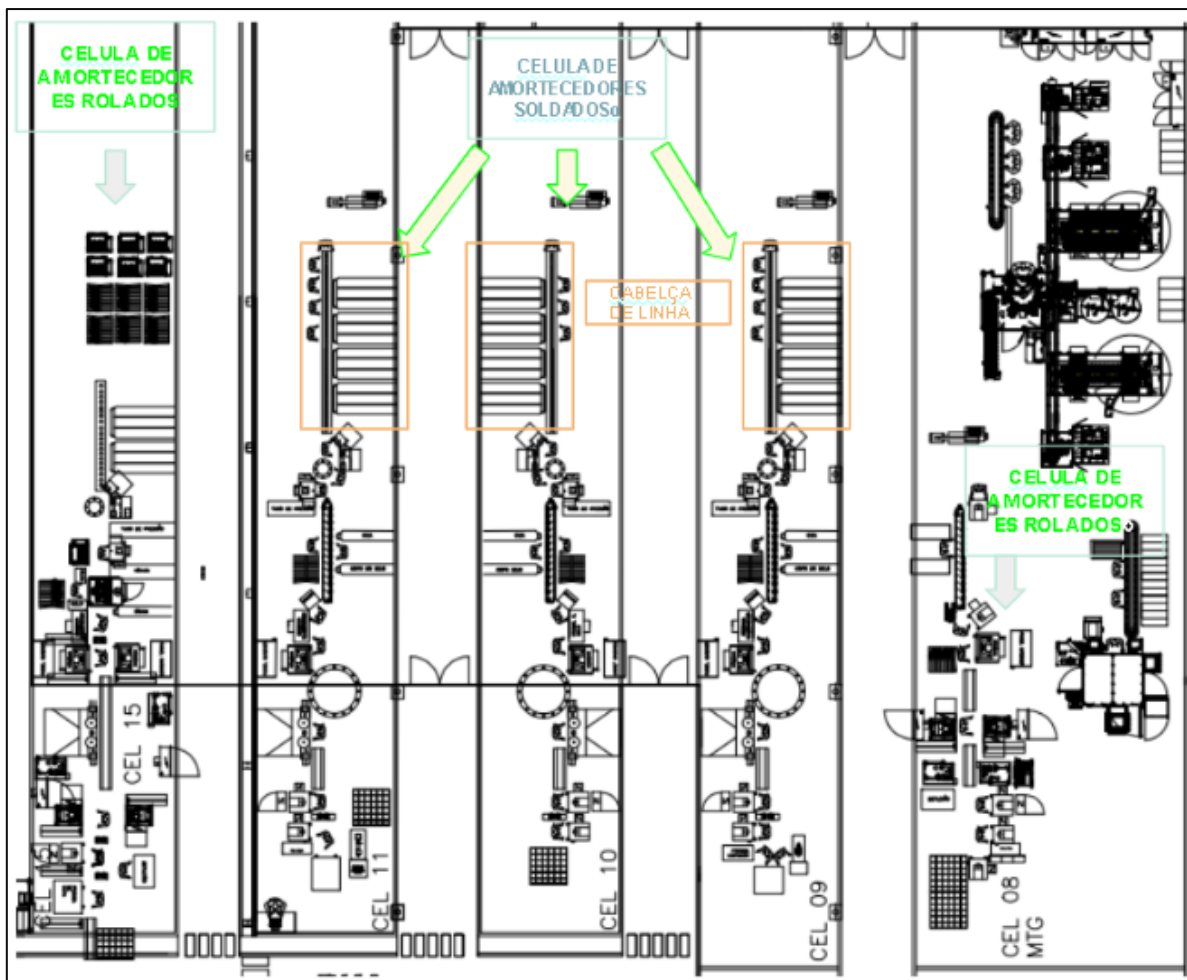
Os amortecedores convencionais são compostos por um tubo interno, denominado tubo de reservatório, e um externo, que recebe o nome de tubo de proteção. Estes componentes são conectados por uma série de válvulas e pistões que se encontram montados junto a haste e outros componentes, tais quais guia da haste e coxinho. Eles funcionam por meio da compressão do fluido interno, que é forçado a passar por um conjunto de válvulas, proporcionando a resistência para amortecer os impactos. Os amortecedores pressurizados, por sua vez, possuem uma câmara preenchida por gás nitrogênio comprimido, que ajuda a manter a estabilidade do fluido interno e melhora a eficiência do amortecedor. Inicialmente, este sistema era mais indicado para veículos que trafegavam em terrenos irregulares ou em alta velocidade, mas, atualmente, todos os novos amortecedores estão nascendo com essa tecnologia.

O diferencial do setor de “montagem estrutural” é sua grande capacidade de se adaptar à montagem de amortecedores com diferentes arquiteturas, atendendo hoje 95% das montadoras vigentes no Brasil, com média diária de entrega de 25 mil amortecedores dianteiros. Para se adaptar a esta diversidade, foram adotadas estratégias de montagens por separação de famílias de amortecedores em 5 células produtivas: 3 células de amortecedores soldados e 2 de amortecedores rolados. Há também a separação de amortecedores levando em codireção a válvula a serem montada, separando as montagens automáticas realizadas por máquinas compostas de controles de câmeras, controle de pressão de montagem, contagem de componentes, controle de janelas de torque por Programmable Logic Controller - Controlador Lógico Programável (PLC), validações 100% de todo processo sem intervenção humana, das válvulas montadas manuais, que são processadas nas

cabeças de linha das células, tendo todos os controles realizados por intervenção humana sendo mais suscetível a erros de montagem necessitado de maior atenção.

Na Figura 7 demonstro o layout da montagem estrutural com suas respectivas células de montagem.

Figura 7: Células de montagem de amortecedores soldados e rolados.



Fonte: Própria autoria (2023)

Podemos observar com a Figura 7 todo o fluxo de montagem dos amortecedores soldados. Inicialmente temos as cabeças de linhas, que são máquinas que necessitam de 5 operadores para seu o correto funcionamento. Neste tipo de máquina é montado todo o conjunto de válvulas, pistão e componentes que vão na haste do amortecedor. Após o processo de cabeça de linha, temos o torquímetro, máquina a qual tem a finalidade de fazer todo o fechamento do conjunto montado na haste, sendo controlados o torque e o ângulo especificados para cada amortecedor

de acordo com sua carga de trabalho. Seguindo o processo, realizamos a montagem das hastes torquada e válvula no tubo de pressão, utilizando a máquina denominada prensa de válvula. Ambas as etapas são controladas por plano de controle e cartas CEP. Segundo Costa, Alves e Pereira (2021), as cartas CEP são uma ferramenta importante para o controle estatístico de processos, permitindo monitorar a estabilidade e a variabilidade de um processo ao longo do tempo. As cartas são utilizadas para detectar desvios de qualidade e ajustar os processos de forma a manter a qualidade do produto final dentro das especificações desejadas.

Com o conjunto da haste montado no tubo de pressão, seguimos o processo para a dosadora de óleo, onde além da dosagem do óleo, que é controlada automaticamente pelo sistema de PLC e válvulas de controle para garantir o controle da dosagem dentro de cada tubo. Posteriormente, é feita a montagem do conjunto com a ferragem estrutural e outros componentes denominados coxinho, guia, selo de proteção e copo do selo. De acordo com Ferreira, Santos e Costa (2021) a garantia dos padrões de qualidade de cada processo é crucial para a aprovação do amortecedor no teste de carga dinâmica. O processo requer precisão e cuidado para garantir que o amortecedor tenha o desempenho adequado e atenda às especificações do fabricante.

O teste de carga dinâmica é realizado em todos os amortecedores. Esse teste consiste em simular as condições reais de uso do amortecedor, aplicando uma carga dinâmica sobre o componente e medindo a sua resposta. Para isso, é utilizada uma máquina de ensaio capaz de reproduzir as vibrações e impactos gerados por diferentes tipos de terrenos, como estradas asfaltadas, de terra e em diferentes condições climáticas. Os amortecedores são submetidos ao teste após passar pela dosadora de óleo e a máquina de prensamento do copo do selo na ferragem preparando o conjunto do amortecedor para ser submetido ao teste de carga.

Durante o teste, o amortecedor é montado na máquina de ensaio e submetido a diferentes cargas e velocidades, a fim de avaliar sua capacidade de absorção de impactos. Os dados são coletados por meio de sensores e equipamentos de medição, que permitem avaliar a eficiência do amortecedor em absorver as vibrações e impactos gerados pelo contato dos pneus com a estrada.

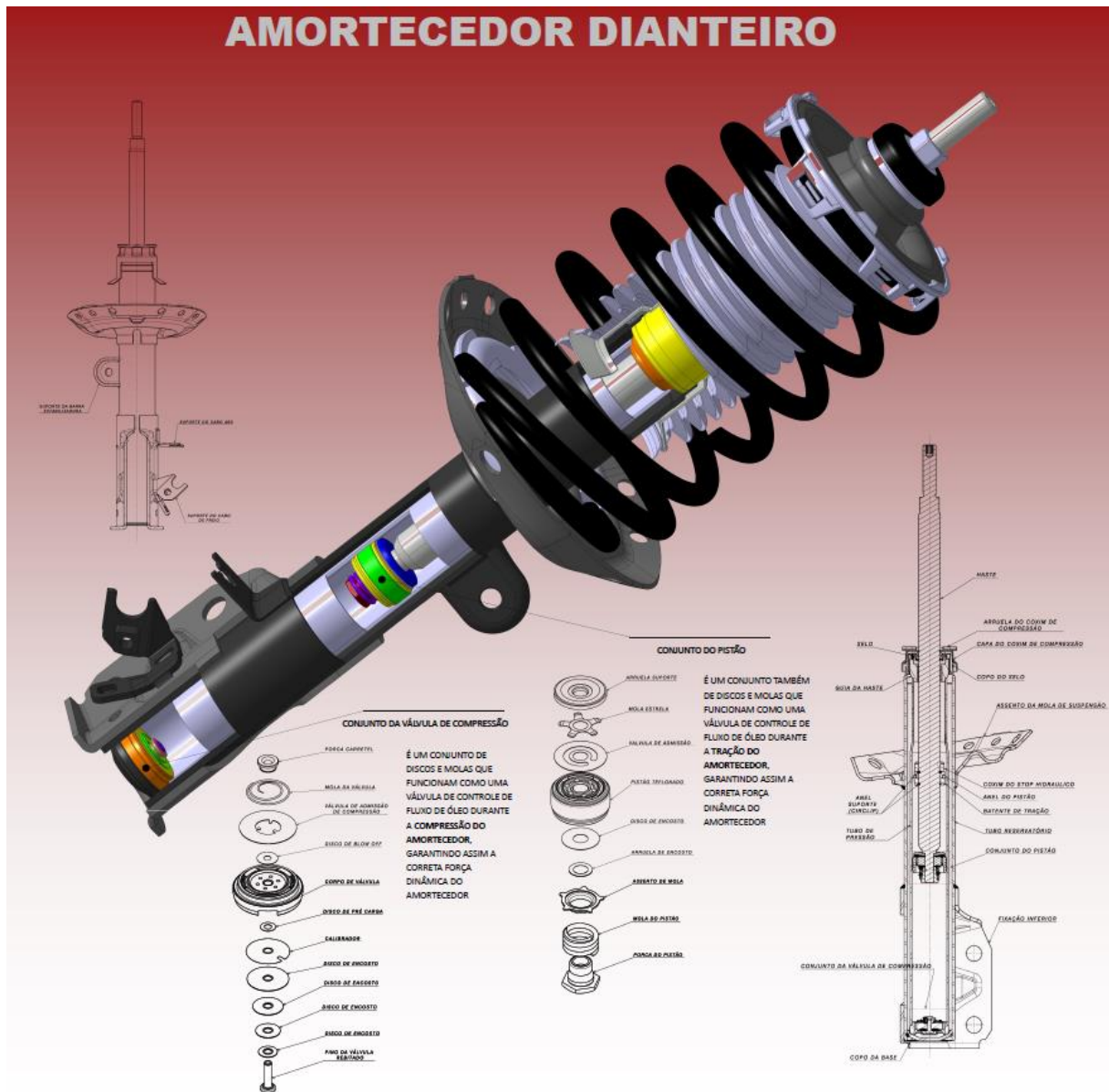
Conforme descrito por Silva, Pereira e Oliveira (2021), o processo de teste de carga dinâmica de amortecedores em bancada é fundamental para avaliar o desempenho e a durabilidade dos componentes. Amortecedores aprovados seguem o processo de montagem, amortecedores reprovados são segregados e separados para análise de causa do problema para futuras tratativa e oportunidades de projetos de melhoria.

Todos os amortecedores aprovados seguem o fluxo de produção e passam pelas máquinas de solda copo do selo, pressurizadora de gás nitrogênio, prensa de capa e prensa limitadora. Após estas etapas, as peças recebem etiquetas de identificações e seguem para área de acabamento e expedição.

Podemos correlacionar várias disciplinas do curso de Engenharia Mecânica com o processo de montagem de amortecedores soldados. Os processos Mecânicos regem todos os pilares de fabricação, pois para a fabricação das ferragens se utiliza estampagem, forjamento e usinagem. O comportamento dos materiais em resposta às cargas aplicadas é explicado pela disciplina Mecânica dos Sólidos. Todos os controles de qualidade, técnicas e ferramentas de controle, cartas CEP e análise estáticas fazem parte e foram abordas pela disciplina de Qualidade.

Na Figura 8 demonstro a complexibilidade que envolve a montagem dos amortecedores dianteiros e seus componentes. São muitos os processos de fabricação até que se chegue ao ponto de montagem dos amortecedores. Podemos citar rapidamente os processos de usinagem de haste, tubos de pressão e reservatório, solda de componentes, fabricação de válvulas sinterizadas, máquinas formadoras de tubos, laminação de barras, lavadoras de componentes, cromação, solda de ferragem estruturais por robotes, estamparia e, finalmente processos de redução por prensas hidráulica. Todos esses processos se encontram por meio de peças e conjuntos na montagem dos amortecedores dianteiros, isso demonstra facilmente a complexidade e tecnologia que se um amortecedor montado.

Figura 8: Células de montagem de amortecedores soldados e rolado.



Fonte: Projetos de amortecedores estruturais (2023)

Detalhadamente, pela Figura 8 podemos analisar e verificar todos os componentes e sua forma de montagem tanto interno quanto externo no amortecedor. Na imagem principal, em 3D, podemos notar que toda a montagem dos componentes se aloja na estrutura da ferragem estrutural, tornando está a principal peça do conjunto. Na parte inferior da ferragem se encontra a fixação inferior com seus elementos de fixação soldados, suporte do cabo ABS, furações e suporte do cabo de freio. Na região central temos o suporte da barra estabilizadora e o acento da mola, já na parte superior temos a mola, coifa de proteção, coxinho, rolamentos, trava

superior e porca de fixação. Internamente na ferragem temos uma diversidade de itens que juntos são responsáveis por garantir a força dinâmica do amortecedor. Estes itens são denominados de conjunto da válvula de compressão, conjunto do pistão, tubo de pressão, haste, anel suporte, batente de tração, anel do pistão, coxim *stop* hidráulico, guia da haste, copo do selo, selo, capa do coxim de compressão e arruela do coxim de compressão.

A segurança veicular é um aspecto crucial na fabricação de amortecedores, uma vez que o mau funcionamento ou falha desses componentes pode levar a acidentes graves (SANTOS, 2018). Os testes de qualidade são realizados em 100% dos amortecedores que passam nas células de montagem a fim de validar a presença e arranjo de todos os componentes do conjunto.

De acordo com Kumar (2019), os amortecedores são componentes críticos do sistema de suspensão do veículo e desempenham um papel fundamental na garantia da segurança, estabilidade e conforto ao dirigir. Portanto, a fabricação desses componentes deve ser realizada com rigorosos procedimentos de controle de qualidade e segurança.

Devido à natureza complexa e crítica dos amortecedores dianteiros para a segurança e desempenho do veículo, a fabricação e montagem desses componentes envolvem uma série de processos técnicos que exigem um alto nível de habilidade e precisão por parte dos trabalhadores. Além disso, a implementação de tecnologias avançadas de produção e controle de qualidade é essencial para garantir a confiabilidade e eficiência dos amortecedores dianteiros durante sua vida útil (LEE et al., 2020).

A figura 8 destaca a relevância das disciplinas de Desenho Técnico e Projeto Mecânico, que foram utilizadas para elaborar a representação detalhada da montagem dos componentes e conjuntos de peças, revelando uma riqueza de detalhes que permite uma compreensão clara e precisa do projeto mecânico, exemplificando de forma eficiente a aplicação dessas matérias.

2.6 Desenvolvimento do aluno Caetano Kelvin Aguiar

Iniciei minha trajetória no mercado de trabalho no ano de 2009, em uma empresa de auto-peças do ramo automobilístico. Com o passar do tempo, comecei a perceber como funcionavam seus processos de produção e me interessei por obter conhecimentos de maneira mais aprofundada para me tornar um profissional mais qualificado.

Mediante as circunstâncias, fui atrás de meus objetivos: no ano de 2014, me inscrevi para o vestibular no Centro Universitário de Lavras (UNILAVRAS) para o curso de Engenharia de Produção, onde se deu o início da minha trajetória acadêmica no ensino superior, finalizando no ano de 2018.

De fato, meu grande interesse no curso foi de abrir caminho para novas oportunidades profissionais e pessoais, buscar novos conhecimentos para lapidar minhas habilidades. as quais queria ir além: havia um sonho a ser realizado, me formar em Engenharia Mecânica.

Com grande apoio dos meus familiares, no ano de 2020, solicitei a obtenção de novo título para o curso de engenharia mecânica, no Centro Universitário de Lavras (UNILAVRAS), o qual fui aprovado e hoje posso dizer que aquilo que um dia foi um sonho está se tornando realidade.

Neste Portifólio relato minha vivência em uma empresa de grande porte do ramo automobilístico, localizada no Sul de Minas Gerais, na área de Qualidade de fábrica. No período em que estive alocado no departamento de Controle de Qualidade (CQ), acompanhei os processos de usinagem, solda de componentes e montagem estrutural de amortecedores. Para cada atividade foram feitas análises de seus pontos críticos, para então aplicar os controles de qualidade de produto. Também fiquei responsável por elaborar e implementar modelos de controle com foco na adoção de políticas e técnicas de melhoria, mapeamento de processos e instruções de trabalho.

A indústria automobilística trabalha constantemente para reduzir seus custos e se tornar mais competitiva no mercado, agregando parceiros em seus processos. O cliente é uma figura que também contribui com o sucesso, pois mediante exigências e reclamações, poderá interferir, na qualidade do produto final.

Apenas empresas que se preocupam em entender o cliente e entregar produtos garantidos, com bom preço e capaz de atender as suas reais necessidades, são capazes de permanecer competitivas no mercado. O controle nos processos passou a se tornar uma técnica observada pela Qualidade, derrubando todos os conceitos de que além da inspeção 100% era necessário ter um acompanhamento nas etapas de fabricação.

Fleury (1995, p. 43) reflete sobre o atual mercado ao mencionar que:

Produzir certo e de maneira ótima não necessariamente resulta em vantagem competitiva. Antes da década de 70, como a demanda era maior que a oferta, o maior desafio era expandir a capacidade produtiva para atender a um mercado crescente, e, não produzir o que o mercado demandava no preço que estava disposto a pagar. A não ser que a empresa cometesse erros significativos, a simples operação das fábricas já era satisfatória.

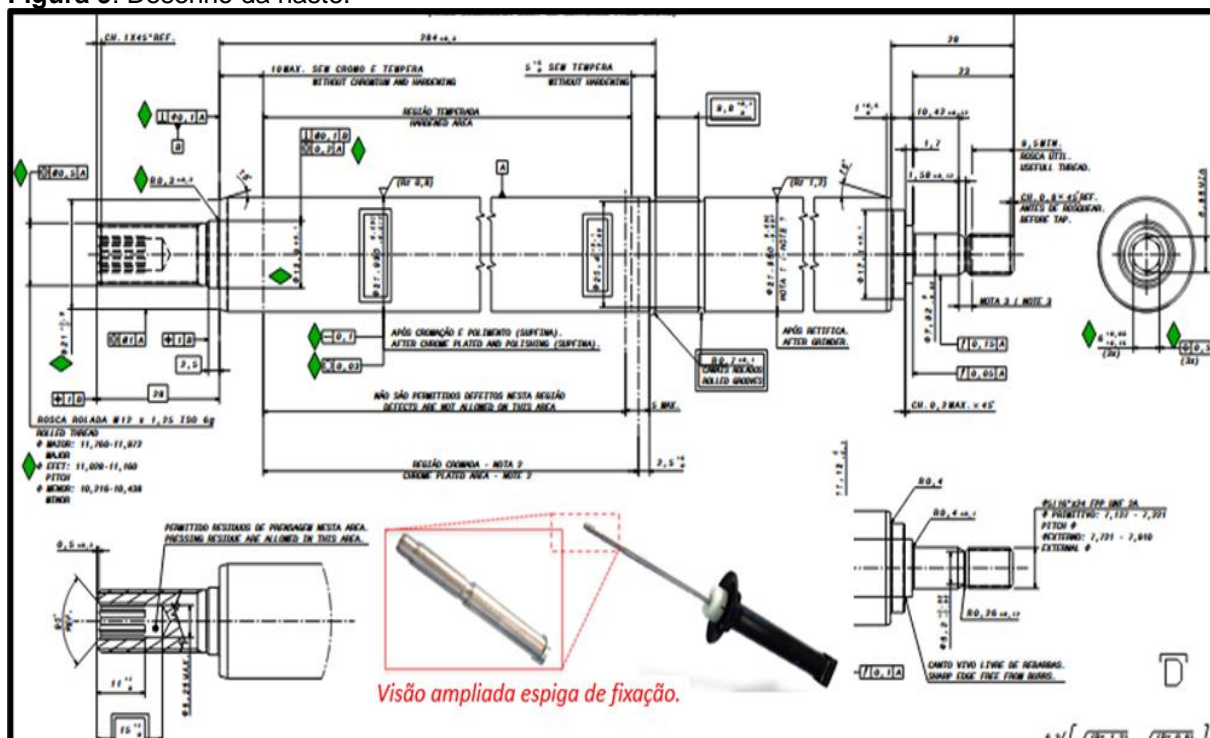
O Sistema de Gestão de Qualidade (SGQ) é uma tecnologia que engloba diversas atividades de estruturação, como treinamentos e reciclagem dos operadores. Para que haja aperfeiçoamento dos processos de uma organização, encontrar e corrigir problemas, garantindo crescimento exponencial da empresa. O mesmo busca dar controle aos gestores, padronizando as etapas de trabalho dos colaboradores.

Três áreas de produção tornam-se pontos focais com objetivo de mapear os principais problemas na empresa, sendo estas os processos de: usinagem de hastes, solda de componentes e montagem de amortecedores estrutural.

Delimitar estratégias de solução para os problemas de uma empresa é, talvez, a etapa mais complicada do processo, pois um sistema de gestão de qualidade funciona justamente para resolver as adversidades de um empreendimento.

A Figura 9 apresenta os critérios de qualidades que devem ser observados durante o processo de fabricação. Do plano de controle extraem-se as tolerâncias exigidas, a partir das solicitações dos clientes, onde é analisada a conformidade do produto.

Figura 9: Desenho da haste.



Fonte: Plano de controle de Fábrica (2019)

Como podemos observar, a Figura 9 retrata as características que fazem parte do produto final. Os pontos mais observados durante a operação são destacados (losangos verdes) como pontos críticos no desenho técnico. À medida que as peças são produzidas, exemplares devem passar por uma inspeção de amostragem a fim de verificar se as mesmas atendem os padrões de qualidade de fábrica.

Para cada produto existe um parâmetro, por esse motivo se faz necessário o preenchimento das cartas de Controle Estatístico de Processo (CEP), que nada mais é que um registro da operação de usinagem. As mesmas servem como documento caso aconteça a seleção de uma peça não conforme, facilitando o rastreamento do lote suspeito.

Com base nos planos de controle do processo, tem-se acesso à tolerância das peças em fabricação aos equipamentos de medição a serem utilizados para controlar as características em questão. Para que sejam seguidos os parâmetros, os operadores passam por treinamentos e são acompanhados por seus gestores.

Após a validação das peças produzidas, as mesmas podem seguir para as próximas etapas do processo para, posteriormente, serem entregues às áreas onde serão consumidas.

Deming (1990) defende a participação do trabalhador no processo decisório e afirma que 94% dos problemas com qualidade é de responsabilidade da administração, sendo os operários prejudicados pelo sistema. Ele estimula a alta gerência a envolver-se nos programas de melhoria da qualidade.

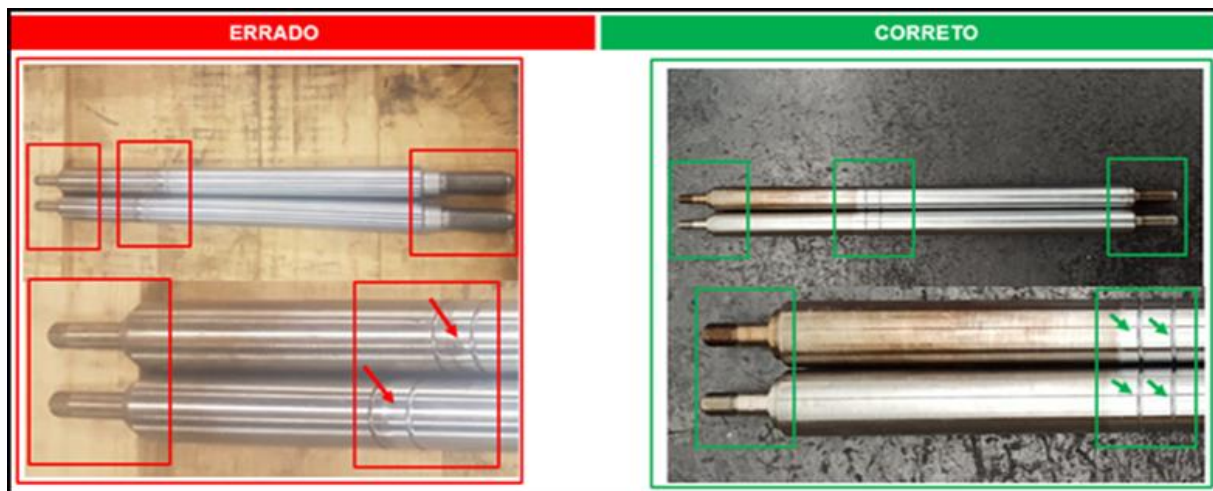
Já Montgomery (2001), por outro lado, enfatiza que se um produto deve atender às exigências do cliente, este produto deverá ser produzido em um processo que opere com baixa variabilidade em torno das dimensões nominais das características de qualidade do produto.

Souza (1994) afirma que os indicadores são primordiais para avaliar e medir o desempenho e eficácia dos processos com a implementação do Sistema de Gestão da Qualidade.

Na Figura 9 pode relacionar a operação com as seguintes disciplinas: Usinagem dos Materiais, que nos orienta em sempre estar atento aos parâmetros da máquina durante o trabalho; Engenharia dos Materiais que nos direciona na escolha perfeita do insumo a ser usado, contribuindo para aumentar a qualidade dos itens, transformando os processos produtivos, e por fim, Desenho técnico mecânico que descreve todas as características que o produto deve conter.

A figura 10 irá nos apresentar não conformidades que são decorrentes de reclamações de clientes, por esse motivo a qualidade de fábrica atua de forma sistêmica para otimizar seus processos, e produzir conforme especificado. Todas as etapas do processo devem ser monitoradas e controladas pelos operadores.

Figura 10: Peças KO e NOK.



Fonte: Própria autoria (2022)

A Figura 10 é retrato de peças que foram encontradas com dimensões diferentes das ideais. Todos são itens pertencentes ao mesmo lote, onde deveriam ter as mesmas medidas umas das outras. A falha afeta diretamente no funcionamento do produto e, ao fazer uma análise das peças, verificou-se que o sistema de medição é adequado para controlar um determinado processo, sendo possível identificar as causas da não adequação do sistema.

“O controle de qualidade, no contexto do controle de Qualidade Total, é exercer o controle sobre as dimensões da qualidade, o objetivo mais importante é garantir a qualidade do seu produto” (FALCONI, 1989, p. 41). Neste contexto, a fim de garantir a qualidade do produto final, todos os envolvidos na produção passam por treinamentos, com foco nas etapas dos processos para que estas falhas não ocorram novamente. Ainda, parâmetros de máquinas são pré-estabelecidos para que os operadores possam seguir. Além disso, são utilizados equipamentos de medição e dispositivos de controle utilizados no processo para monitorar ou controlar uma característica que interfere na qualidade ou segurança do produto acabado.

Segundo Carpinetti (2012), ao utilizarmos o conceito qualidade de maneira genérica, podemos gerar confusões devido ao subjetivismo de seu significado. Sendo assim, para algumas pessoas, o conceito está ligado a atributos intrínsecos de um bem, tais como seu desempenho técnico, durabilidade, em vista de que, quanto maior for sua qualidade melhor será seu desempenho.

Paladini (1995), relata que a era da inspeção foi marcada nos princípios da Idade Média pelos artesãos e artífices que eram responsáveis pela fabricação de seus produtos com qualidade. Nesta época foram definidos "padrões rudimentares da qualidade para bens e serviços como também para níveis básicos de desempenho da mão de obra, fundamental para determinadas condições gerais do trabalho humano.

Uma das principais conquistas da gestão da qualidade foi a criação de um sistema de medidas que se relaciona com parâmetros, gabaritos e demais acessórios utilizados para aferição dos produtos (GARVIN, 2002).

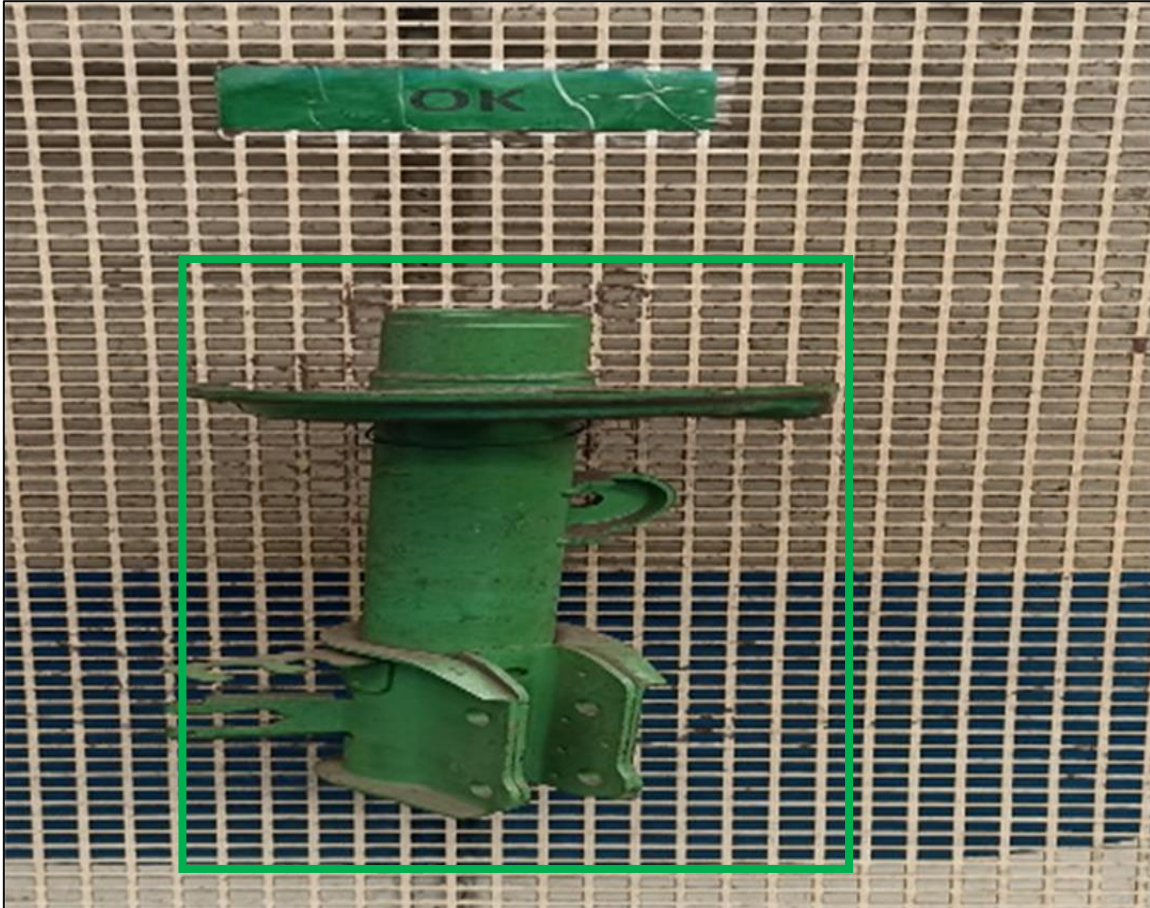
A Figura 10 pode ser relacionada com as disciplinas: Usinagem de Materiais, um processo, que tem por objetivo dar forma a uma peça, seja ela metálica ou não, esse material chamamos de matéria-prima, Processos de Fabricação, que nos orienta corretamente de como seguir as etapas dos processos e Gestão da Qualidade I, técnicas e estratégias devem ser seguidas com o objetivo de assegurar que produtos sejam entregues aos seus clientes conforme suas expectativas.

2.7 Qualidade no processo de soldagem

A Figura 11 apresenta uma peça padrão proveniente de um bom processo, estando dentro dos parâmetros. Os parâmetros mais observados na soldagem de componentes são: profundidade de solda; alturas dos *Stegs*; diâmetro do tubo reservatório e se estão isentos de rebarbas, além disto os componentes devem estar dentro dos padrões de seus respectivos projetos.

Antes de dar início aos trabalhos, os operadores realizam os *setups*, ajustando os parâmetros, para suas devidas configurações, as quais são expostas nos planos de controles, que se localizam do lado da máquina.

Figura 11: Peça padrão de soldagem de componentes.



Fonte: Própria autoria (2022)

Na Figura 11 temos uma peça padrão, que possui cor verde, e se encontra ao lado das linhas de produção, serve como referência para os operadores manterem os padrões de qualidade.

As maiores falhas encontradas nas peças durante o processo da soldagem de componentes são decorrentes de falhas operacionais, tais como regulagem de penetração de solda e uso de ferramentais errados, o que acaba gerando transtornos dentro da organização e acarretando custos inesperados. Pode-se, por exemplo, criar retrabalhos, gerar refugos, e demandar mão de obra adicional para ajudar nas atividades de reparação.

Deming (1990) afirma que após serem idealizados, os ciclos devem estar em constante desenvolvimento, podendo ser implantados em outras melhorias, para que o processo não se estagne e esteja sempre evoluindo.

Segundo Garvin (2002, p. 49), na visão nobre, o termo qualidade se torna sinônimo de “excelência inata”, não sendo absoluta mais também mundialmente reconhecível.

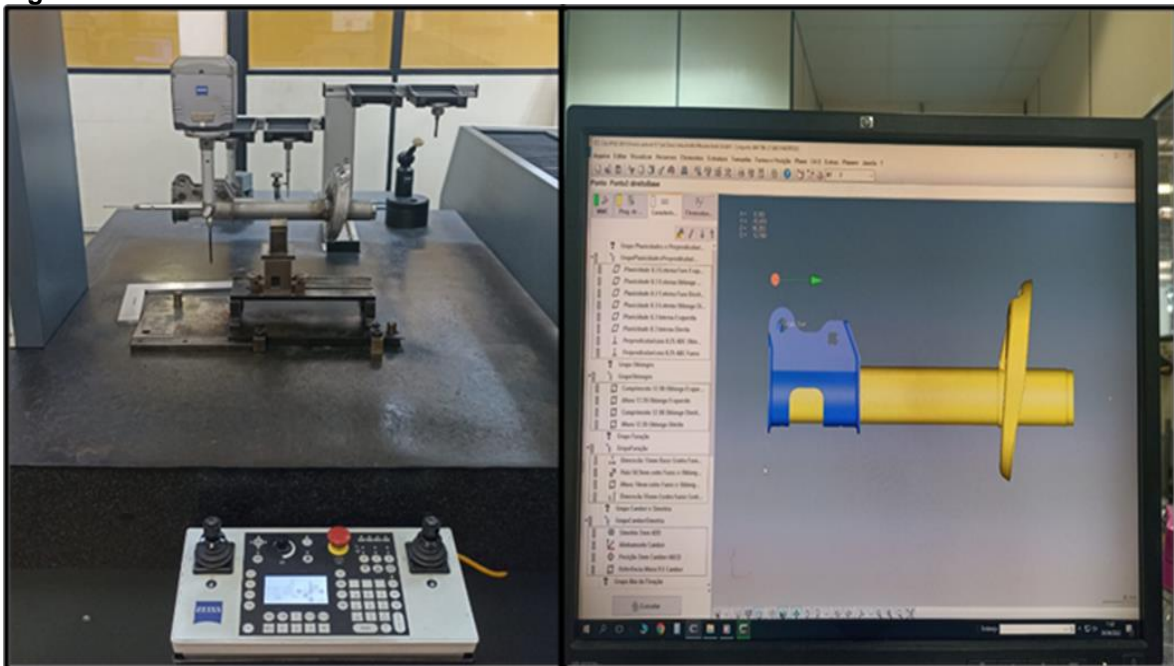
Garvin (2002, p. 13) afirma que a alternativa mais clara é verificar um limitado número de produtos de um lote de produção, com base nas verificações e decidir se o lote inteiro é aceitável.

A prevenção de problemas continuou sendo o objetivo fundamental, mas os instrumentos da profissão se expandiram para muito além da estatística. Havia quatro elementos distintos: quantificação dos custos da qualidade, controle total da qualidade, engenharia da confiabilidade e zero defeito.

Na Figura 11 pode relacionar com as disciplinas: Metrologia, pois nos transmite conceitos teóricos e práticos de qualquer que seja a incerteza de medição, e seu campo de aplicação; Desenho Técnico Mecânico, nos orienta como entender e interpretar cada detalha da peça; Resistência dos Materiais. nos ajuda na escolha do melhor material a ser aplicado, já que para sua funcionalidade necessita de uma boa resistência.

As primeiras peças que saem do processo são levadas para um laboratório de análises tridimensional, como mostrado na Figura 12.

Figura 12: Análises tridimensionais.



Fonte: Própria autoria (2022)

Após as realizadas as análises são gerados relatórios, onde há anotações se todos os componentes foram soldados na posição correta. Na detecção de alguma irregularidade, um sinal de alerta é dado, indicando ao operador que o processo de soldagem está sendo falho.

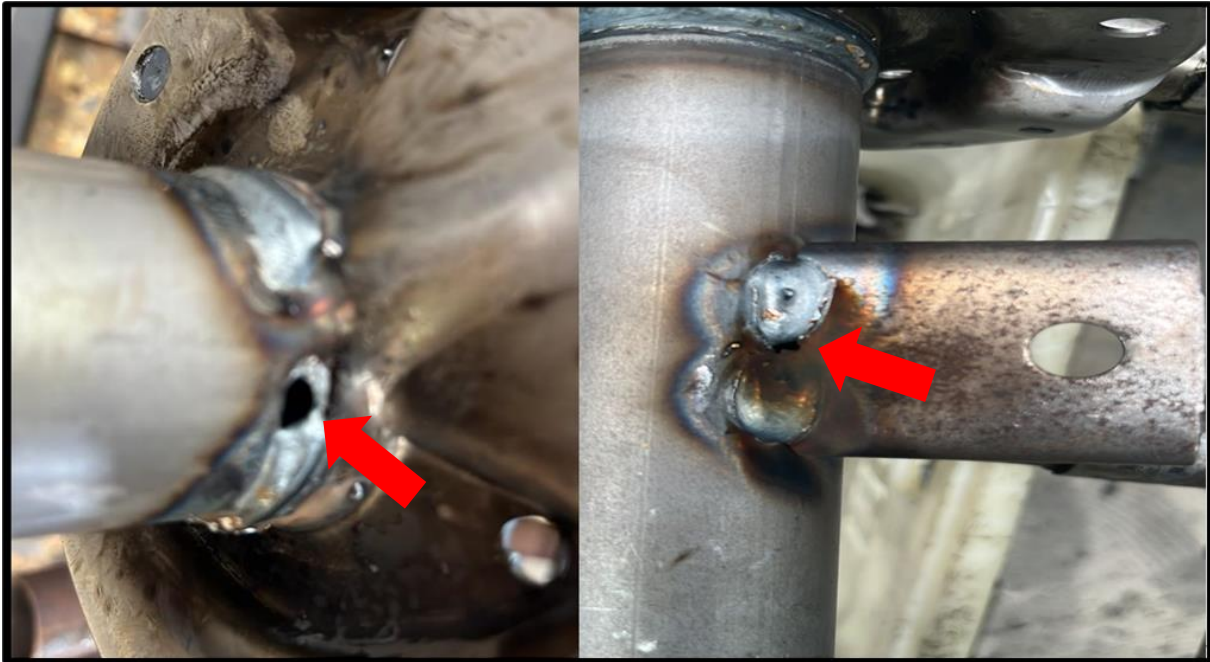
Quando há o surgimento de causas especiais nas variações do processo, porém os pontos plotados permanecem dentro das tolerâncias, diz-se que o processo está sob controle (SIQUEIRA, 1997).

Siqueira (1924), desenvolveu uma carta estatística para o controle da variabilidade dos produtos, sendo assim se deu início a era do controle estatístico da qualidade. Costa (2004) reporta que, quando o processo apresenta apenas variabilidades naturais, devido a causas aleatórias, o mesmo se encontra no estado de controle estatístico.

Na Figura 12 pode relacionar com as disciplinas: Soldagem, pois parâmetros para uma boa qualidade na solda devem ser seguidos a fim a evitar danos no material a ser trabalhado; Manutenção Industrial, nos mostra o quanto é importante ter os equipamentos em boas condições de uso e Processos de Fabricação II, as etapas devem ser respeitadas para que as próximas operações dos processos não sejam prejudicadas.

A Figura 13 nos mostra uma falha que passou despercebida aos olhos dos operadores após a operação de solda.

Figura 13: Ferragem do amortecedor com solda costura irregular.



Fonte: Própria autoria (2022)

Na Figura 13, ocorreu a falha, onde o ciclo de soldagem não foi finalizado, por esse motivo todas as peças daquele lote foram dadas como suspeita, uma vez que a peça foi condenada como não conformidade.

O controle do processo consiste nas comparações e nas decisões tomadas, durante as modificações nos objetos e recursos empregados para sua realização (MAXIMIANO, 1995). No contexto da Figura 13, temos uma peça com cordão de solda da barra irregular, ao analisar verificou-se que se tratava de um ajuste no robô, ponto de regulagem. Após serem evidenciadas as anomalias, são realizadas rejeições no estoque da fábrica, onde todas as peças referentes aquele lote suspeito passará por uma inspeção 100% assegurando que peças falhas não cheguem ao cliente final.

Segundo Marshall (2003), o controle da qualidade é o processo para assegurar o cumprimento dos objetivos durante as operações, consiste em avaliar o desempenho da qualidade total, comparando-a ao desempenho real.

O sistema de produção e de prestação de serviços, melhorara quando se aplica a qualidade, e conseqüentemente, a produtividade aumentará, reduzindo sistematicamente seus custos (DEMING, 1990).

Na Figura 13 pode relacionar com as disciplinas: Processos de Fabricação, a forma como conduzimos as operações afeta de maneira significativa na qualidade das peças; Higiene e Segurança do Trabalho as operações de soldagem, deve-se ter o máximo de atenção para manter a integridade física dos operadores e Gestão da Qualidade II, os padrões devem ser respeitados, não há margem de erro para o cliente final.

2.8 Qualidade aplicada no processo de montagem estrutural

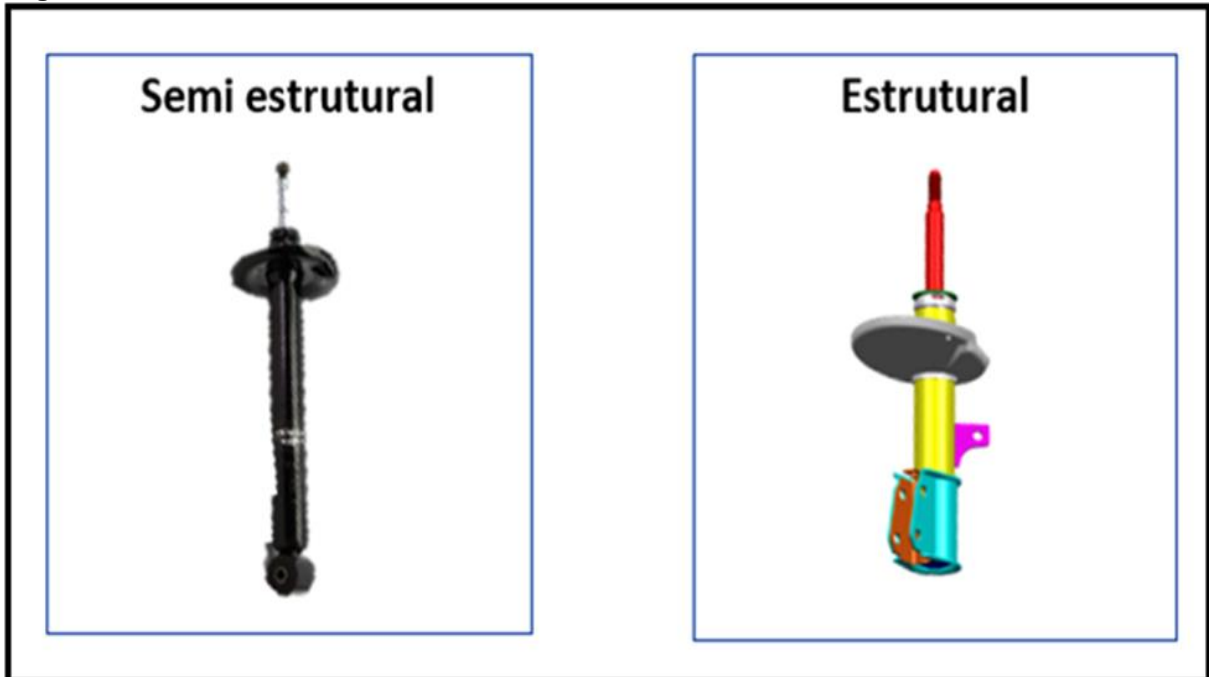
A Figura 14 nos mostra dois modelos de amortecedores produzidos pela montagem estrutural. Os clientes se atentam muito à estética das peças fabricadas. Logo, além dos aspectos funcionais, as mesmas devem ter um visual atrativo, isto representa para seus clientes o quanto a organização está trabalhando pra atender seus requisitos. Os padrões mais observados são ranhuras, amassamento e etiquetas fora de posição.

Todas as peças produzidas passam 100% pelas mãos dos colaboradores do acabamento final, na qual um *checklist* deve ser seguido, assegurando a qualidade das mesmas.

A fábrica controla continuamente o nível de qualidade da produção e da satisfação do cliente, os resultados destas atividades são uma maneira de melhorar o processo e aumentar a competitividade junto a satisfação mútua. Usando indicadores de desempenho de processos, também chamados de KPI (*Key Performance Indicator*), são focados em como a tarefa é realizada, medindo seu desempenho e se estão conseguindo atingir os objetivos determinados.

Os indicadores devem ser quantificáveis por meio de um índice que retrate o andamento do processo como um todo ou em parte.

Figura 14: Modelos de Amortecedores.



Fonte: Própria autoria (2022)

Na montagem dos amortecedores, é de extrema importância que os operadores se atentem aos processos, pois o produto está em fase final na linha de produção. Mesmo após montados, alguns dos produtos são enviados para uma área chamada GP12, na qual as mesmas passam por uma inspeção 100% a fim de garantir total qualidade das peças.

Cada colaborador se torna responsável pela qualidade exigida em seu posto de trabalho, uma vez que o mesmo está apto a fazer a operação, sempre se atentando as políticas de higiene e segurança no trabalho. A empresa preza muito pela saúde ocupacional de seus funcionários, pois entende que a qualidade de vida pode influenciar em suas atividades operacionais.

As não conformidades encontradas são reportadas imediatamente ao gestor da célula de produção, com intuito de orientar e entender o porquê de as peças estarem fora dos padrões, pois isto indica que o processo está sendo falho. Após detalhar as anomalias encontradas, o colaborador fica à espera de uma resposta sobre a tratativa para aquela determinada situação.

Todas e quaisquer não conformidades são apontadas em registros elaborados pela qualidade de fábrica, sendo está uma maneira fácil e prática de identificar os lotes produzidos, caso surjam ocorrências.

Ballestero-Alvarez (2001) diz que na mão dos operadores as cartas de registro é uma importante ferramenta, pois em intervalos regulares, mede uma pequena amostra do produto em processo. Aquelas que estiverem fora dos limites aceitáveis ele atua imediatamente para corrigir o defeito.

De acordo com Siqueira (1997), a carta de controle é uma ferramenta de extrema importância para identificar as variações de um processo, decorrentes de causas comuns ou especiais. Dentre as finalidades das cartas está a melhoria e capacidade dos processos com foco em qualidade.

Deming (1990) afirma que as cartas de controle eram usadas pelas organizações para visualizar qualquer melhora substancial que poderia advir de uma mudança no processo, uma previa dessas mudanças é a responsabilidade da administração.

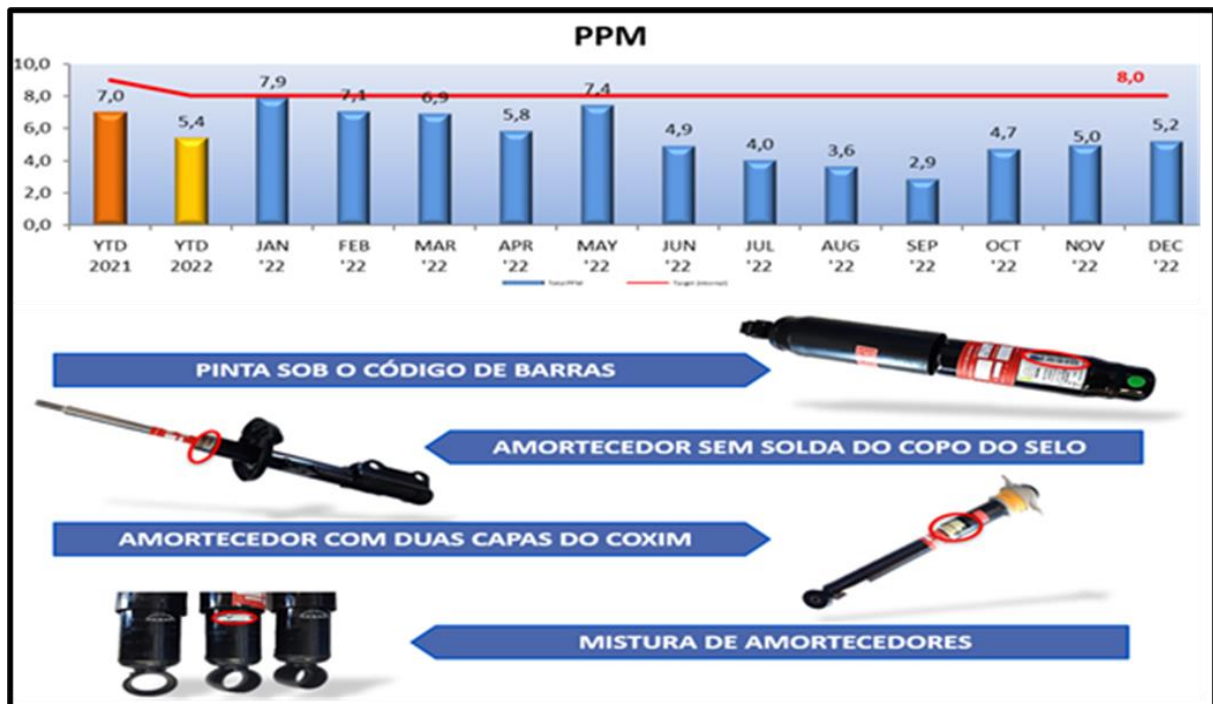
Na Figura 15, pude estabelecer relações com as disciplinas: Processos de Fabricação, porque os processos estão em constantes mudanças, sempre buscando melhorias, ganhando uma maior produtividade, oferecida pela inteligência dos maquinários, Higiene e Segurança do Trabalho, nos transmite a importância de se ter uma ambiente agradável e seguro para que as atividades possam ser realizadas com segurança e Gestão da Qualidade II, por nos mostrar a importância de ter um processo padronizado, que não afete as características finais do produto.

A Figura 16 apresenta indicadores de performance e falhas nos amortecedores durante as operações em relação a erros cometidos em decorrência de falha humana.

Dentre as principais causas das reclamações de clientes por erro humano, pode-se destacar: *setup* incorreto; falta de inspeção da peça de acordo com as documentações; mistura de componentes; operação não realizada e não seguir corretamente o procedimento.

A forma em que conduzimos uma linha de produção se através da capacitação dos operadores que contribuem fundamentalmente para o desenvolvimento da atividade.

Figura 15: Indicador e falhas cometidas durante a operação.



Fonte: Própria autoria (2022)

A Figura 15 define o quanto é importante para uma organização manter seus operadores treinados e capacitados pra executar as operações diante do processo de produção, pois suas atividades influenciam muito na satisfação dos clientes.

As organizações prezam muito pela integridade física e mental dos colaboradores, pois entende-se que a qualidade de vida pode afetar nos resultados.

Manter total controle sob as operações durante o processo produtivo, tende a fazer com que o produto tenha uma boa qualidade final. É uma maneira de avaliar o real desempenho dos métodos aplicados (JURAN, 1992).

A resolução nos processos estruturados nada mais é que uma sequência metódica de análises de soluções que nos auxiliam na organização do raciocínio, como fazer diagnósticos e análise de alternativas nas decisões (MAXIMIANO 1995). Segundo Marshall (2003, p. 90): os defeitos são estratificados por categorias, semelhanças estabelecidas ou percebidas dentro do processo, uma grande vantagem é ter o detalhamento das possíveis causas.

Na figura 15, pude estabelecer relações de conteúdo das disciplinas: Organização Industrial, por me mostrar o que é preciso para que uma empresa seja competitiva no mercado de trabalho; Gestão de Investimentos, pois as organizações

que mais investem a curto e a longo prazo tendem a atrair mais clientes; Gestão de Pessoas, a forma como conduzimos os funcionários, ajuda a mesma produzir mais e com qualidade.

3 AUTOAVALIAÇÃO

3.1 Autoavaliação do aluno Matheus dos Santos Pereira

3.1.1 Desenvolvimento profissional

Minha formação técnica e meus aprendizados em engenharia mecânica me proporcionaram habilidades técnicas e analíticas que são essenciais para lidar com desafios em áreas como engenharia de processos, manufatura e gestão de projetos. Os aprendizados adquiridos me permitiram estar preparado para enfrentar situações complexas no ambiente de trabalho.

3.1.2 Desenvolvimento pessoal

A jornada para me tornar um engenheiro mecânico foi repleta de desafios, incluindo a mudança de faculdade e de emprego. Conciliar estas mudanças foi um verdadeiro teste para minha perseverança e determinação. No entanto, graças a minha resiliência e esforço, consegui superar esses obstáculos e alcançar minhas metas. Hoje, sinto-me realizado e confiante em minhas habilidades como engenheiro mecânico, e estou preparado para enfrentar novos e grandes desafios que possam surgir em minha carreira profissional.

3.1.3 Perspectiva de formação continuada

Para o meu futuro profissional, tenho o objetivo de buscar uma pós-graduação em Gestão de Pessoas e Processos Gerenciais. Além disso, pretendo desenvolver minhas habilidades em uma segunda língua, que seria o inglês. Busco meu crescimento pessoal e profissional, visando ampliar habilidades estratégicas aumentando minha competitividade no mercado de trabalho.

3.2 Autoavaliação do aluno Caetano Kelvin Aguiar

3.2.1 Desenvolvimento profissional

Para minha carreira profissional foi de extrema importância, pude aumentar minhas habilidades e ampliar meus conhecimentos, os resultados obtidos com o trabalho foram satisfatórios, todos os objetivos foram atingidos dentro dos prazos estabelecidos, mostrando que a organização do trabalho foi bem-sucedida. Além das metas que foram atingidas, obtive como desafio enfrentado e superado, conscientizar os colaboradores uma vez que a preocupação maior dos mesmos é com a quantidade e não com a qualidade.

3.2.2 Desenvolvimento pessoal

Um sonho que está se realizando por graduar em Engenharia Mecânica. As rotinas entre trabalho e estudos foram muito desafiadoras, mas sempre mantive o foco, apesar de em alguns momentos ocorrer distrações, mais nada que pudesse atrapalhar o meu desejo de vencer. Desejo me tornar um profissional com múltiplos conhecimentos, competências e habilidades necessários ao mercado de trabalho competitivo.

3.2.3 Perspectiva de formação continuada

Futuramente pretendo ingressar na Pós-Graduação voltada para a mecanização, umas das áreas que sempre me chamou atenção por proporcionar desafios.

4 CONCLUSÃO

Chegamos agora ao fim de mais uma trajetória em nossa jornada acadêmica, na qual trabalhamos arduamente para alcançar bons resultados e assim concluir o curso de graduação em engenharia mecânica da melhor forma possível.

Eu, Matheus dos Santos Pereira, concluo que meu objetivo de relatar minha vivência profissional sobre os principais processos envolvidos na fabricação de amortecedores foi plenamente cumprido. Ao abordar os processos de usinagem, soldagem de peças e montagem estrutural, destaco a importância dos conceitos fundamentais da Engenharia Mecânica e dos procedimentos que a regem. A usinagem de precisão, a aplicação de técnicas de soldagem adequadas e a correta montagem dos componentes são elementos cruciais para garantir a eficiência e a segurança na produção de amortecedores. Esses conhecimentos são indispensáveis para o desenvolvimento de sistema de suspensão com alta qualidade e desempenho.

Ao utilizar este portfólio como fonte de contribuição e referência para o seu próprio trabalho, é essencial lembrar que a construção de um projeto, especialmente no contexto da fabricação de amortecedores, demanda um planejamento sólido e a execução sequencial das etapas envolvidas. Para obter resultados ótimos, é recomendado explorar ao máximo o conteúdo apresentado aqui, que abrange os processos fundamentais de usinagem, solda de componentes e montagem estrutural. Essas etapas são cruciais para garantir a qualidade e a eficiência dos amortecedores produzidos. Portanto, ao seguir um caminho ordenado e bem planejado, você estará aumentando suas chances de obter sucesso.

Eu Caetano Kelvin Aguiar, concluo que com este trabalho foi possível atingir o objetivo de observar e acompanhar os processos de: usinagem de hastes, soldagem de componentes e fabricação de amortecedores estrutural, distinguindo as diferentes etapas e fazer uma análise crítica de que cada uma é capaz de constituir, considerando que todo processo deve ser controlado. Foram meses de trabalho, podendo verificar o quanto a organização se preocupa em produzir com qualidade para satisfazer e atender as necessidades de seus clientes. O ponto chave foi fazer

com que os operadores mudassem um pouco de cultura e enxergassem a qualidade fator chave para o sucesso da organização.

Sugiro aos leitores que forem usar este portfólio em suas pesquisas, possam fazer um bom aproveitamento das causas e análises feitas, muitas das não conformidades apontadas foram decorrentes de falhas humanas e não dos processos em si, o que pode facilitar nas tratativas do problema.

Chegamos ao fim desta jornada fundamental para a formação como engenheiro mecânico. Todas as experiências que acumulamos ao longo do percurso foram de grande importância para nosso desenvolvimento profissional, enriquecendo também nossa vida pessoal e nos proporcionando valiosa experiência prática. Estamos agora preparados para enfrentar com confiança os desafios do mercado de trabalho.

REFERÊNCIAS

ANDERSON, D. R.; SWEENEY, D. J.; WILLIAMS, T. A. **Estatística Aplicada à Administração e Economia**. São Paulo: Editora Thomson, 2010.

CARPINETTI, L. C. R. **Gestão da qualidade**: Conceitos e técnicas. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2012.

CHEN, W. The human side of total quality management in Taiwan: leadership and human resource management. **International Journal of Quality & Reliability Management**, v. 14, n. 1, p. 24-45, 1997.

COSTA, A. B.; ALVES, M. A.; PEREIRA, J. R. Uso de cartas CEP no controle estatístico de processos. **Revista de Qualidade Industrial**, v. 2, n. 1, p. 12-21, 2021. São Paulo.

COSTA, A. F. B. (org) **Controle estatístico de qualidade**. São Paulo: Atlas, 2004.

DAMAZIO, A. **Administrando pela gestão da qualidade total**. Rio de Janeiro: Interciência, 1998.

DEMING, W. E. **Qualidade**: A revolução da administração. Rio de Janeiro: Marques Saraiva, 1990.

DIETER, G. E. **Metalurgia Mecânica**. São Paulo: Editora McGraw-Hill, 1986.

FERREIRA, R.; SANTOS, J. S.; COSTA, L. S. Processo de montagem de amortecedor na indústria automotiva. **Revista de Engenharia e Tecnologia**, v. 5, n. 1, p. 23-32, 2021. Rio de Janeiro.

Físico Alemão. **O Pensamento Vivo de Einstein**. Disponível em: <netmundi.org/pensamentos>. Acesso em: (18 de maio 2023).

GARVIN, D. A. **Gerenciando a qualidade**: A visão estratégica e competitiva, Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002.

GONÇALVES, F. R. M. **Estudo de caso**: aplicação do torno multifusos New Britain para usinagem de peças industriais. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2020.

HOSFORD, W. F.; CADDELL, R. M. **Materiais de Engenharia** - Propriedades Mecânicas e Microestruturas. Rio de Janeiro: Editora LTC, 2010.

JURAN, J. M. **Planejamento para a Qualidade**. 2ª Ed. São Paulo: Pioneira. 1992.

JURAN, J. M. **Quality Control Handbook**. New York: McGraw-Hill, 1999.

KUMAR, R. et al. Controle de qualidade e medidas de segurança no processo de fabricação de amortecedores automotivos. **Journal of Mechanical Engineering Research and Developments**, v. 42, n. 1, p. 11-16, 2019. São Paulo.

LEE, J. et al. Desenvolvimento de um amortecedor automotivo de alto desempenho com melhor durabilidade e estabilidade. **International Journal of Automotive Technology**, v. 21, n. 4, p. 747-755, 2020. Seul.

LOFTING, R. **Soldagem e Corte: Um Guia para Soldagem por Fusão e Processos de Corte** Associados. Woodhead Publishing, 2012.

LUFTIG, J. T. A importância dos Planos de Controle no Gerenciamento da Qualidade. **Quality Progress**, v. 54, n. 4, p. 26-32, 2021. Estados Unidos.

MARQUES, A. et al. Análise da engenharia da qualidade no processo produtivo de uma indústria de móveis. *In: CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA MECÂNICA E INDUSTRIAL*, 4., 2018, Braga. **Anais....** Braga: Instituto Superior de Engenharia do Porto, 2018.

MARSHALL, I. J. (org); **Gestão da qualidade**. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2003.

MAXIMIANO, A. C. A. **Introdução à administração**. 4ª Ed. São Paulo: Atlas, 1995.

OLIVEIRA, J. M. et al. Soldagem por projeção: processos, parâmetros e desafios. **Revista Brasileira de Engenharia Mecânica**, v. 34, n. 2, p. 105-113, 2020. São Paulo.

PALADINI, E. P. **Gestão da qualidade: Teoria e prática**, 2ª Ed. São Paulo: Atlas, 2004.

RODRIGUES, A. A. **Tornos multifusos: características e aplicações**. Revista Brasileira de Engenharia Mecânica, v. 68, n. 3, p. 43-50, 2020.

SANTOS, A. B. et al. Fabricação de amortecedores automotivos: estudo de caso sobre a importância da segurança veicular. **Revista Brasileira de Engenharia Mecânica**, v. 31, n. 3, p. 340-347, 2018.

SILVA, A. B. **Soldagem por projeção: Ferramentais e processos**. São Paulo: Editora Técnica, 2019.

SILVA, J. A. **Usinagem de haste de amortecedor: um estudo sobre a influência das condições de usinagem na qualidade da peça**. 2019. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2019.

SILVA, J. R. A. Utilização do torno multifusos New Britain para a produção de peças de grande porte. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA MECÂNICA, 2018, RIO DE JANEIRO. **Anais....** do Congresso Brasileiro de Engenharia Mecânica, 2018. p. 152-157.

SILVA, J. **Soldagem MIG**: Um dos processos mais versáteis da indústria. São Paulo: Editora Exemplo, 2018.

SILVA, L. M.; PEREIRA, R. C.; OLIVEIRA, V. A. Processo de teste de carga dinâmica de amortecedores em bancada. **Revista Brasileira de Engenharia Mecânica**, v. 25, n. 3, p. 427-436, 2021.

SOUZA, J. R. **Soldagem por projeção de hastes de amortecedores**. São Paulo: Editora Universitária, 2017.