



**AFONSO NIÉRI VILELA**

**APLICAÇÃO DAS FERRAMENTAS DE QUALIDADE NA  
AUTOMAÇÃO DO PROCESSO DE PRODUÇÃO NA  
INDÚSTRIA MARELLI**

**LAVRAS - MG  
2020**

**AFONSO NIÉRI VILELA**

**APLICAÇÃO DAS FERRAMENTAS DE QUALIDADE NA AUTOMAÇÃO DO  
PROCESSO DE PRODUÇÃO NA INDÚSTRIA MARELLI**

Relatório Técnico apresentado 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. Leonardo Silveira Paiva**  
**Orientador**

**Lavras – MG**  
**2020**

**AFONSO NIÉRI VILELA**

**APLICAÇÃO DAS FERRAMENTAS DE QUALIDADE NA AUTOMAÇÃO DO  
PROCESSO DE PRODUÇÃO NA INDÚSTRIA MARELLI  
QUALITY TOOLS APPLICATION IN AUTOMATION OF THE PRODUCTION  
PROCESS IN MARELLI INDUSTRY**

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

APROVADA em 13 de Agosto de 2020  
Mestrando Filipe Alves Pereira Bento  
Prof. Dr. Carlos Renato Borges dos Santos

**Prof. Dr. Leonardo Silveira Paiva**  
**Orientador**

**Lavras – MG**  
**2020**

*Aos meus pais Afonso e Conceição  
com todo o meu amor, carinho e gratidão.*

*Dedico*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus pela oportunidade de estudar e morar fora de casa com o apoio dos meus pais e plenas condições para exercer o que me fora proposto.

Aos meus pais Afonso e Conceição que sempre estiveram ao meu lado, independente da situação, me incentivando e ajudando dia após dia, sem eles nada disso seria possível, sem dúvida a parte mais importante da minha vida.

Ao meu orientador Leonardo Paiva, pela confiança e amizade desenvolvida nesse tempo no meio acadêmico.

Aos professores da Engenharia de Controle e Automação que sempre estavam dispostos a tirar as dúvidas e me ajudar no que fora preciso.

Aos meus mentores e amigos da Marelli Sistemas Automotivos Indústria e Comércio Brasil LTDA, que desde o início me acolheram muito bem e me deram suporte e ensinamento para exercer as atividades propostas e dar início a minha carreira profissional.

Aos amigos que essa época me proporcionou, aos que me ajudaram muito no começo Leonardo e Jéssica, ao meu irmão que a faculdade me deu Felipe, aos amigos que entraram em minha vida e estiveram presentes em grandes momentos dentro e fora da universidade, Bruno, Vitor, Jorge, Vina, Pontes, Michel, Caio, Mariana, João, Otavio e Laryssa. A tantas outras pessoas que fizeram parte de dessa história. Um agradecimento especial a Isabela, que conviveu muito em nossa casa. A minha namorada Larissa que sempre me apoia e está comigo independente da situação. Agradeço minha amiga Carol que sempre esteve do meu lado todos os dias, mesmo longe. E que todos esses momentos vividos juntos nunca caiam no esquecimento e sempre sejam lembrados com muita felicidade e nostalgia, são momentos que vão ser revividos apenas em nossa memória.

**MUITO OBRIGADO**

## RESUMO

O presente trabalho trata-se de um relatório técnico na indústria Marelli Sistemas Automotivos Indústria e Comércio Brasil LTDA, no qual foi verificada a necessidade de automatização de alguns processos de produção, para prevenir o envio de produtos não conformes aos clientes. Os sistemas foram pensados devido à ocorrência de problemas anteriores, pois estes apresentavam fraqueza no processo. O objetivo foi tirar da mão dos operadores a responsabilidade da conformidade do produto. O primeiro projeto se baseia em utilizar uma imagem, provinda de uma câmera, e através dela analisar a presença de uma junta de vedação, interligar o dado com um CLP, onde será tratado o sistema, para enfim liberar ou impedir a sequência de montagem. O segundo projeto se baseia em utilizar sensores de presença para verificar a correta posição de um tubo para realização de rasgo. A automação dos sistemas tende a maximizar o processo de produção, visando uma indústria zero refugo, pois sistemas interconectados e automatizados são o presente de qualquer empresa que almeja melhores resultados.

**Palavras-chave:** *CLP, Automação, Processo, Zero refugo.*

## **ABSTRACT**

The present work is a technical report in the Marelli Sistemas Automotivos Indústria e Comércio Brasil LTDA industry, in which the need to automate some production processes to prevent the sending of non-compliant products to customers was verified. The systems were designed due to the occurrence of previous problems, as these presented weakness in the process. The objective was to take responsibility for product compliance from operators. The first project is based on using an image, coming from a camera, and through it analyzing the presence of the gasket, interconnecting the data with a PLC, where the system will be treated, to finally release or prevent the assembly sequence. The second project is based on using presence sensors to check the correct position of a tube for tearing. The automation of the system tends to maximize the production process, aiming at a zero waste industry, since interconnected and automated systems are the gift of any company that aims for better results.

**Keywords:** *PLC, Automation, Process, Waste zero.*

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Sistema de Exaustão .....	14
Figura 2 – Fluxograma de um ciclo do CLP.....	16
Figura 3 – Símbolos da Linguagem <i>Ladder</i> .....	17
Figura 4 – Método de Kaizen.....	22
Figura 5 – Ferramentas citadas do WCM .....	23
Figura 6 – 4M1D.....	27
Figura 7 – Aplicação 4M1D caso 1.....	31
Figura 8 – Aplicação 4M1D caso 2.....	35
Figura 9 – Linha de produção coletor .....	37
Figura 10 – Otimização de Imagem.....	37
Figura 11 – Salvar mestre.....	38
Figura 12 – Configuração da ferramenta.....	39
Figura 13– Atribuição de saída.....	39
Figura 14 – Código Ladder.....	40
Figura 15 – Peça sem junta.....	42
Figura 16 – Peça OK.....	42
Figura 17 – Posicionamento do tubo para corte.....	43
Figura 18 – Pino do gabarito de inspeção.....	43



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – 5W1H.....	25
Tabela 2 – Aplicação 5G caso 1.....	29
Tabela 3 – Aplicação 5W1H caso 1.....	30
Tabela 4 – <i>Brainstorming</i> caso 1.....	30
Tabela 5 – Aplicação 5 WHY’S caso 1.....	32
Tabela 6 – Aplicação 5G caso 2.....	33
Tabela 7 – Aplicação 5W1H caso 2.....	34
Tabela 8 – <i>Brainstorming</i> caso 2.....	35
Tabela 9 – Aplicação 5 WHY’S caso 2.....	36
Tabela 10 – Variáveis do programa Ladder.....	40

## LISTA DE SIGLAS

CLP Controlador Lógico Programável

FCA Fiat Chrysler Automobiles

FENABRAVE Federação Nacional da Distribuição de Veículos Automotores

WCM *World Class Manufacturing*

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	11
2	MOTIVAÇÃO .....	13
2.1	Objetivo Geral .....	13
2.2	Objetivos Específicos .....	13
3	REFERENCIAL TEÓRICO .....	14
3.1	Escapamentos .....	14
3.2	CLP e a linguagem <i>LADDER</i> .....	15
3.3	Tia Portal .....	18
3.4	Sensor indutivo .....	18
3.5	Sistema de visão .....	19
3.6	Ferramentas da Qualidade .....	19
3.6.1	Kaizen.....	21
3.6.2	5G.....	22
3.6.3	5W1H.....	24
3.6.4	5WHY'S .....	25
3.6.5	4M1D.....	26
4	MATERIAIS E MÉTODOS .....	28
4.1	Ausência da junta de vedação .....	28
4.2	Vazamento de gás .....	33
4.3	Propostas de solução .....	36
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	41
6	CONCLUSÃO .....	45
	REFERÊNCIAS .....	46

## 1 INTRODUÇÃO

Em 2018, as empresas Calsonic Kansei e Magneti Marelli anunciaram que se uniriam para criar o 7º (sétimo) maior fornecedor mundial independente de componentes automotivos do mundo, com base na receita total.

Durante seus 80 anos de história, a Calsonic Kansei construiu uma reputação de liderança em qualidade e excelência em fabricação. Desde sua base no Japão, essa renomada empresa expandiu suas operações na Ásia e na Europa, com o intuito de se tornar líder no campo da experiência interior (módulos de cabine de piloto/interiores), sistemas de controle climático, troca de calor e compressores.

Fundada em 1900, a Magneti Marelli tornou-se pioneira na indústria automobilística por sua contribuição para a mobilidade inteligente e sustentável. Durante seus 100 anos de história, atendeu clientes em sua base, na Itália, e expandiu as operações na Europa, América do Norte e do Sul, Índia e China para se tornar uma empresa líder no campo de iluminação, eletrônica, *powertrain* e automobilismo.

Em 2019, o grupo Marelli foi oficialmente formado. A união desses dois gigantes industriais foi reconhecida por reunir uma excelente experiência industrial e um patrimônio único. As duas empresas, Calsonic Kansei e Magneti Marelli, são altamente complementares em termos de linhas de produtos combinados, e também, geograficamente. A formação da Marelli apresentou uma união de qualidade e inovação para criar um novo ator global (MARELLI, 2020).

Este relatório técnico foi desenvolvido na unidade Marelli em Amparo, São Paulo, Brasil, sendo uma unidade *Green Technology Systems*, que lida com sistemas de exaustão para veículos equipados com motor a gasolina ou etanol, garantindo a superação dos mais altos requisitos de regulamentação internacional.

A indústria automotiva no Brasil tem se mantido em alta, influenciando diretamente as indústrias de autopeças. No ano de 2019 foram emplacados mais de 2 milhões de carros em todo território nacional (FENABRAVE, 2019). Os primeiros carros no Brasil foram colocados em circulação nas décadas iniciais do século XX, sendo a Ford a primeira indústria automotiva a se estabelecer em São Paulo.

Mais de um século atrás Henry Ford começou os estudos e testes para realizar seu grande desejo: produzir um automóvel barato e acessível à população. Concluiu que, para tal, seria necessário padronizar a produção em uma linha de montagem, até hoje considerada a

maior inovação da indústria automotiva. Assim, deu-se início à grande corrida para o aumento da eficiência do processo.

Nem sempre os processos eram organizados e eficientes, no começo a fábrica era confusa e havia muitas peças ao lado de cada estação, com estoques altos. A partir dos anos 60, foram instauradas as primeiras soldas automáticas nas linhas de produção.

Nos anos 80, a indústria de Ford evoluiu ao Toyotismo, no qual, conceitos de produção enxuta, diversificação de produtos e controle de qualidade foram implementados nas fábricas. Os fabricantes deixaram de concentrar as fases do processo e assim o foco se virou para as montadoras e parcerias com os fornecedores. Nos anos 90, novos conceitos de gestão foram agregados para influenciar a redução de custos e aumento da qualidade, juntamente com a filosofia Kaizen, que busca a melhoria contínua de processos.

Hoje, a grande preocupação das indústrias automobilísticas é, além de vender carros, criar uma imagem de engajamento social e manter parcerias com fornecedores de autopeças que cumpram com a obrigação de entregas de produto com a qualidade exigida pelo cliente.

Noutro giro, um dos grandes desafios das indústrias de autopeças, atualmente, é automatizar os processos e vencer barreiras para a implantação dos conceitos de indústria 4.0.

Neste sentido, este relatório técnico analisa a instalação de verificação automática no processo de fabricação de um sistema de exaustão, que considere a presença de uma junta de vedação em um coletor, principal peça de um escapamento, que por sua vez, possui como função primária o tratamento de gases gerados após a queima de combustível, conduzindo os gases devidamente filtrados para fora do veículo; e, como função secundária, a redução da poluição sonora.

Assim, sendo de suma importância a entrega do produto com conformidade ao cliente, é depositada a capacidade de verificação da junta de vedação em um sistema automático, retirando a responsabilidade do operador. Daí, decorre a otimização do processo, comum em empresas que buscam alcançar a excelência e minimizar os erros. Tais aplicações e situações foram amplamente discutidas durante o curso de Engenharia de Controle e Automação na Universidade Federal de Lavras.

## 2 MOTIVAÇÃO

A motivação para o estudo do tema “Automatização no processo de produção de um coletor de escape na indústria Marelli”, decorre da presença cada vez mais constante da tecnologia nas indústrias, a qual auxilia o trabalho humano e cria um cenário melhor para a padronização e excelência dos processos de produção. Além disso, ela minimiza prejuízos financeiros provindos de peças sucateadas ou devolvidas por clientes. Tal estudo está fundamentado na implantação de uma verificação autônoma no processo de produção de um coletor.

### 2.1 Objetivo Geral

O presente trabalho tem como objetivo auxiliar o operador no processo de produção. O primeiro projeto decorre da validação da montagem de um coletor, através de uma câmera interligada a um Controlador Lógico Programável (CLP), o qual é responsável por permitir, ou não, a sequência do processo. Ainda, é utilizado um coletor completo para definição da imagem mestre, que servirá de referência para a comparação com os próximos produtos. O segundo projeto decorre da verificação do correto posicionamento do tubo de entrada na sua operação de rasgo, para abrigar abraçadeira.

### 2.2 Objetivos Específicos

- Revisar e aprofundar os conceitos de informática industrial, focando no tratamento de dados para controle de processo.
- Estudar e revisar a linguagem de programação *LADDER* vigente no *software* do Step 7 MicroWin;
- Estudar as ferramentas de resolução de problemas e melhoria contínua como Kaizen, 5G, 5W1H, 4M1D, 5 WHY’S;
- Comprovar, por meio de testes, os resultados da utilização do sistema;
- Avaliar o desempenho da solução encontrada por amostragem de produtos.

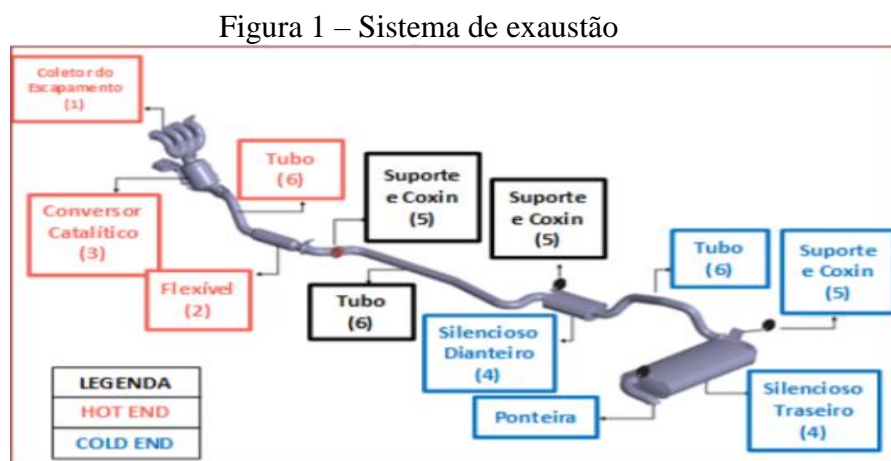
### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

O tópico em questão contará com a contextualização do campo de estudo, produção de escapamentos, suas funções e principais componentes. Além disso, será realizada uma breve introdução sobre a linguagem *LADDER* e os CLP's, perpassando por suas funções, aplicabilidade ao estudo, e ferramentas para resolução de problemas em uma indústria.

#### 3.1 Escapamentos

O produto base do primeiro projeto utilizado no relatório técnico, qual seja, o coletor, e o produto do segundo projeto, qual seja, o tubo de entrada, integram o sistema de exaustão de um veículo (escapamento), que, por sua vez, é responsável pela condução de gases do motor do automóvel ao exterior. O escapamento é produzido com materiais inoxidáveis e filtros, com objetivo de atenuação de gases nocivos, térmica e sonora.

O sistema de exaustão é formado por componentes e subconjuntos, sendo os itens que ficam mais próximos do motor chamados de *hot end* e as partes mais afastadas do motor denominadas *cold end*. O *hot end* é constituído pelo coletor, o flexível e o catalisador. O *cold end* é formado por subconjuntos como a ponteira e os silenciosos. (CORRER, 2019). A Figura 1 e sua legenda ilustram e contextualizam as partes de um sistema de exaustão.



Legenda: Coletor do Escapamento (1): Capta o fluxo de ar quente proveniente da combustão do motor; Flexível (2): Absorve possíveis impactos e vibrações; Conversor Catalítico (3): Composto por uma cerâmica especial, revestida em metais, por onde o ar quente passa e por onde ocorre a conversão dos poluentes atmosféricos em compostos menos prejudiciais ao meio ambiente; Silencioso Dianteiro/Traseiro (4): Principal função é reduzir ruído causado pelo motor. Vale ressaltar que nem todos os veículos possuem dois silenciosos, isso varia de acordo com o modelo do carro; Suportes e Coxim (5): Auxilia na fixação do escapamento no veículo; Tubos (6): Através dos tubos que ocorrem os deslocamentos de ar.

Fonte: Correr (2019).

O escapamento também tem a função de exercer uma contra pressão ao motor para melhor funcionamento. As linhas em estudo são: montagem final do coletor de escape e corte dos rasgos nos tubos.

### 3.2 CLP e a linguagem *LADDER*

Os CLP foram desenvolvidos na década de 1960, pois antes os controladores eram compostos por grandes armários de relés eletromecânicos com vários quilômetros de fios, onde toda ou qualquer operação original exigia grande trabalho, cujas mudanças nos cabos e componentes eram significativas. Buscado suprir essa necessidade foi desenvolvido um dispositivo que funcionaria em varias operações distintas, e com fácil reprogramação, assim surgiu o primeiro CLP. (CAPELLI, 2011).

O CLP é um equipamento muito utilizado nas indústrias para eliminar e agilizar funções manuais. Este é empregado principalmente em processos de automação. O CLP possui terminais de saídas e entradas para sinais elétricos, os quais podem ser do tipo digital ou analógico. (PRUDENTE, 2010).

A indústria Marelli conta hoje com a presença do CLP em todas as suas linhas de produtos, o CLP permite um controle do processo e do produto. O controle é realizado com interligações à outros componentes eletrônicos, que basicamente funcionam como entrada de dados para o programa principal.

O programa lógico do CLP pode controlar vários tipos de máquinas e processos. Sua manutenção preventiva é barata e simples (GEORGINE, 2003), já a manutenção corretiva exige uma mão de obra qualificada. O CLP tem memória programável tipo *flash*, que armazena instruções orientadas pelo operador, tais como lógicas binárias, contagem, sequência lógica de eventos, temporização e conversão de informação analógica para digital.

O CLP funciona segundo um programa permanentemente armazenado em memória ROM, que executa um ciclo de *scan* chamado *scan time*, o qual provém de uma série de operações realizadas de forma sequencial e repetida. A Figura 2 apresenta, em forma de fluxograma, as principais fases do ciclo de *scan* de um CLP. Os elementos mais importantes de um ciclo de *scan* são:

- **Atualização das entradas:** durante a varredura das entradas, o CLP examina os dispositivos externos de entrada quanto à presença ou à ausência de tensão, isto é, um estado “energizado” ou “desenergizado”. O estado das entradas é atualizado e armazenado temporariamente em uma região da memória chamada “tabela imagem das entradas”.

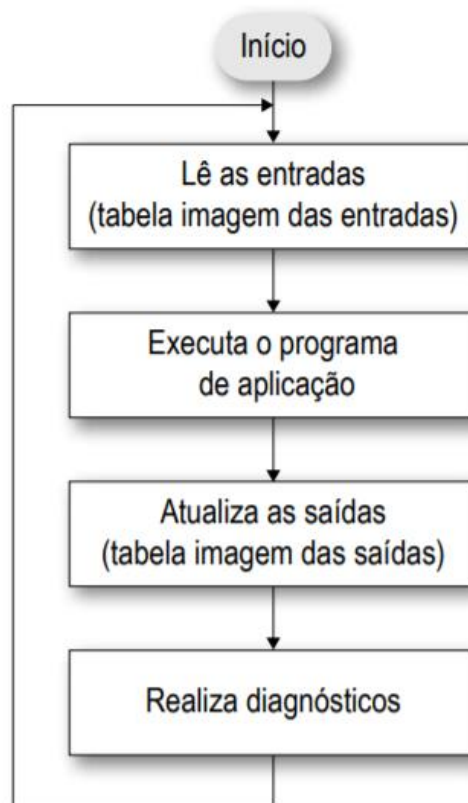


- **Execução do programa:** durante a execução do programa, o CLP examina as instruções do programa de controle (armazenado na memória RAM), usa o estado das entradas armazenadas na “tabela imagem das entradas” e determina se uma saída será ou não “energizada”. O estado resultante das saídas é armazenado em uma região da memória RAM chamada “tabela imagem das saídas”.

- **Atualização das saídas:** baseado nos estados dos *bits* da “tabela imagem das saídas”, o CLP “energiza” ou “desenergiza” seus circuitos de saída, os quais exercem controle sobre dispositivos externos.

- **Realização de diagnósticos:** ao final de cada ciclo de *scan*, a CPU verifica as condições do CLP, ou seja, se ocorreu qualquer falha em algum de seus componentes internos (fonte, circuitos de entrada e saída, memória etc.), (COSTA, 2017).

Figura 2 – Fluxograma de um ciclo do CLP



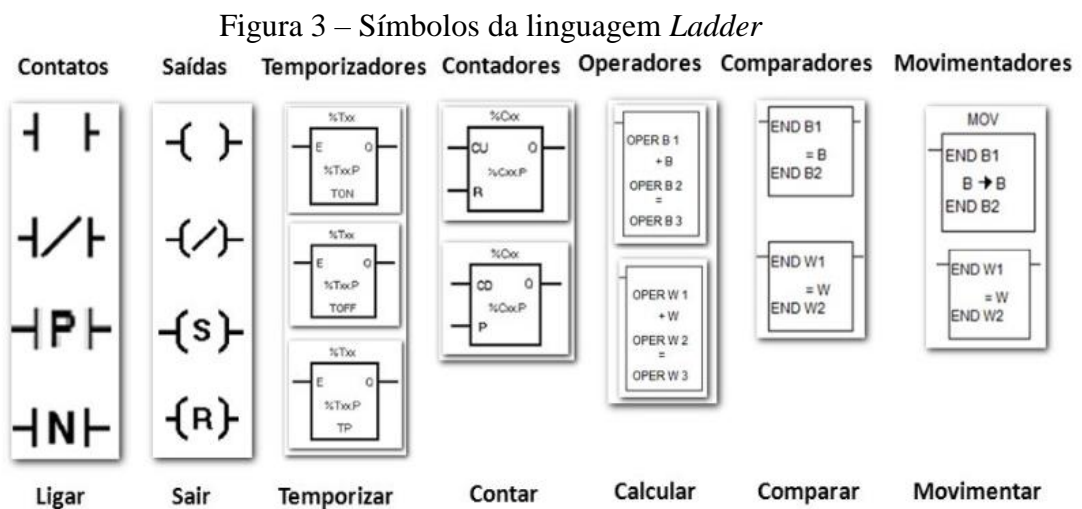
Fonte: Costa (2017).

Contextualizando um pouco sobre a linguagem *Ladder*, ela foi a primeira que surgiu na programação dos CLPs, pois sua funcionalidade procurava imitar os antigos diagramas elétricos, utilizados pelos técnicos e engenheiros da época. Seu objetivo era evitar uma quebra

de paradigmas muito grande, permitindo assim a melhor aceitação do produto no mercado. Ademais, é a linguagem que se utiliza na empresa MARELLI.

O diagrama de contatos (*Ladder*) consiste em um desenho formado por duas linhas verticais, que representam os polos positivo e negativo de uma bateria, ou fonte de alimentação genérica. Entre as duas linhas verticais são desenhados ramos horizontais que possuem chaves. Estas podem ser normalmente abertas, ou fechadas e representam os estados das entradas do CLP. Dessa forma fica muito fácil passar um diagrama elétrico para linguagem *Ladder*. (SILVA, 2007).

A Figura 3 demonstra alguns comandos básicos da linguagem *ladder*. Os contatos fazem uso de uma lógica simples, verdadeira ou falsa, dependente de entradas ou de próprias realimentações do programa. Já as saídas, são alteradas se todas as variáveis anteriores forem verdadeiras. Os temporizadores são utilizados para contagem de tempo, seja progressiva ou regressiva, que a partir de um *start*, começam contar um tempo para tornar seu *output* (saída) verdadeiro. Os operadores executam lógicas matemáticas, como soma e subtração, já os comparadores são usados para aferir igualdade ou diferença de dados. Por fim, os movimentadores transferem dados de uma memória para outra, sem modificá-las.



Fonte: Fleury (2017).

### 3.3 Tia Portal

O TIA Portal (*Totally Integrated Automation*) da Siemens é uma ferramenta que permite a realização de automação de forma rápida e intuitiva. Lançado em 2010, permite que os usuários realizem tarefas de automação e acionamento de forma rápida e intuitiva usando configurações eficientes. (SIEMENS, 2020).

Pode-se realizar configurações e programação de equipamentos Siemens, tanto de controle, interface homem máquina e sistemas supervisórios. A ferramenta disponibiliza várias linguagens para o desenvolvimento das lógicas utilizadas no desenvolvimento do projeto. Entre elas, tem-se:

- *Ladder*;
- *Function Block Diagram*;
- *Statement List*;
- *Structured Control Language*;
- *Graph*.

Na interface inicial do TIA Portal é possível navegar em todos os componentes do projeto, seja para configuração de hardware, criação de blocos de programação, criação e edição de interfaces humano-máquina, etc. (MARSCHALL, 2019).

O Tia Portal foi escolhido para programação *LADDER* e comunicação com o CLP Siemens, na literatura já é visto a variedade de aplicações empregadas ao Tia Portal na área automação de processos. Abaixo é descrito alguns exemplos:

- Automação de uma matriz para estampar e dobrar garras utilizadas na fabricação de longarinas. (CABRAL, 2014).
- Monitoramento remoto de falhas em conversores de frequência (GIACCHELO, 2017).
- Automação e sistemas elétricos na indústria (AGUIAR, 2013).

### 3.4 Sensor indutivo

Os sensores têm diversas finalidades no meio industrial, sendo algumas delas a contagem de peças, segurança dos trabalhadores, separação de produtos e etc. Um dos sensores utilizados nas indústrias é o sensor indutivo, o qual pode ser definido como um elemento primário capaz de detectar um objeto metálico sem que este o toque. Este

dispositivo tem aplicações como identificação de materiais metálicos; detecção de posição; identificação de presença de objetos metálicos e funcionando também como fim de curso.

Os sensores indutivos são dispositivos de proximidade sem contato que utilizam um campo de frequência de rádio com um oscilador e uma bobina. Seu funcionamento ocorre quando um objeto metálico se aproxima da face do sensor, e essa informação é convertida em um sinal elétrico bem definido. São utilizados largamente em todos os lugares onde as condições de trabalho são extremas, tais como: óleo lubrificante, óleo solúvel, óleo de corte, vibrações, onde são exigidos altos níveis de vedação e robustez. Estes sensores têm como alvo padrão, apenas a presença de material metálico. (THOMAZINI; BRAGA, 2010).

### **3.5 Sistema de visão**

Sistemas de visão são largamente aplicados na realização de medições sem contato, através de imagens os sistemas verificam as dimensões dos produtos e realizam medições dos componentes distintos do produto. Sistemas industriais de visão são resultantes da integração de várias tecnologias, são equipamentos automáticos compostos por câmeras, elementos óticos, fontes de iluminação, placa de captura de vídeo e computador, todos gerenciados por um *software* de processamento de imagem, estes sistemas realizam medições que simulam a visão humana em processos de inspeção em linhas de fabricação.

Por fim, o objetivo de um sistema de visão computacional é tomar decisões. Nesta etapa, com base em todas as informações extraídas e analisadas da imagem, os resultados do processo são obtidos e o ciclo recomeça na aquisição de novas imagens. (SILVA, 2011).

### **3.6 Ferramentas da Qualidade**

A Gestão da Qualidade foi uma prática de gestão popular nas décadas de 1980 e 1990 nos países ocidentais. Os conceitos dessa prática, desenvolvidos inicialmente por autores norte-americanos, como Deming, Juran e Feigenbaum, nas décadas de 1950 e 1960, encontraram no Japão o ambiente perfeito para o seu desenvolvimento durante os anos seguintes. No início da década de 1980, o mundo voltava sua atenção para o elevado grau de competitividade, alcançado pelas principais indústrias japonesas, cujos produtos chegavam com excelente qualidade e preços relativamente baixos nos principais mercados consumidores do mundo ocidental, passando a constituir uma ameaça para as suas economias. Para as

principais empresas norte-americanas e europeias, não restavam muitas alternativas, exceto identificar as razões para o sucesso competitivo japonês e sua “importação” para suas bases. A partir desse momento, verificou-se o início de um grande movimento mundial relacionado à gestão da qualidade, sendo este, durante muitos anos, o tema mais abordado em palestras, cursos e publicações de gestão empresarial. (CORDEIRO, 2004).

O presente trabalho faz uso de algumas ferramentas da qualidade, as quais ajudam no processo de melhoria na etapa de atuação, no andamento e na gestão de um projeto interno de uma empresa. Elas funcionam como um divisor de águas em um problema entre situação atual e situação alcançável, sendo assim auxiliam a organização, o entendimento, a esquematização e a solução de um problema organizacional. Uma solução pode gerar maiores lucros, maior comprometimento dos colaboradores, melhor qualidade, eficiência e eficácia, produtividade, fatores de suma importância em uma organização. (LUCINDA, 2010).

Sem conhecimentos prévios, não é possível a realização de análises aprofundadas. Deste modo, com o intuito de solucionar os problemas, é necessária a realização de uma coleta de dados. Esses dados devem ser: coletados, analisados, agrupados, estratificados e apresentados, por esse motivo são utilizadas as ferramentas da qualidade. (MORAES, 2010).

Alguns resultados de aplicação das ferramentas da qualidade são encontrados na bibliografia já existente. Seguem abaixo alguns exemplos de onde foram aplicadas e os resultados já proporcionados:

- Aplicado com base nos processos administrativos de uma empresa de embalagens de madeira, com aproximadamente 150 funcionários, e que atualmente conta com duas plantas produtivas, situadas no interior do estado de São Paulo, obteve-se uma redução de aproximadamente 95% no valor de itens não faturados no mês de abril de 2019. (CORRER, 2019).

- Aplicado para redução do tempo de *setup* em uma empresa de autopeças, o resultado obtido foi o atendimento da meta, com aumento de 31% em seu desempenho, passando de 66% para 97%, superando a meta da empresa, além de uma economia anual de R\$ 232.460,0. (FRANCISCATO, 2019).

- Implantação das ferramentas em uma pequena empresa de pintura, localizada no litoral do Estado de São Paulo, apresentou resultados satisfatórios para a gerência da empresa. Partiu-se de um índice de produtos não conformes de 12,5% para 4% ao final do sexto mês da implantação das ações de melhoria. (COELHO, 2016).

- No setor de alimentos essa realidade não é diferente e envolve outras questões como a segurança alimentar, necessidades comerciais e sanitárias. Em todas as problemáticas levantadas, o método mais eficaz é a implementação de um sistema de qualidade eficiente que garanta segurança tanto para as organizações quanto para o consumidor, evitando ou diminuindo riscos e prejuízos. (GOBIS, 2012).

Fazer qualidade é procurar a satisfação dos clientes em primeiro lugar. A verificação deste princípio fez com que muitas empresas de sucesso dominassem o mercado de produtos e serviços nos últimos anos. As ferramentas analisadas nesse trabalho, quais sejam, Kaizen, 5G, 5W1H, 5WHY'S, 4M1D, não são as únicas. Estas ferramentas são usadas pelos envolvidos em uma organização e são extremamente úteis no estudo associado às etapas de um ciclo de resolução de problemas. Abaixo uma breve descrição das ferramentas utilizadas.

### 3.6.1 Kaizen

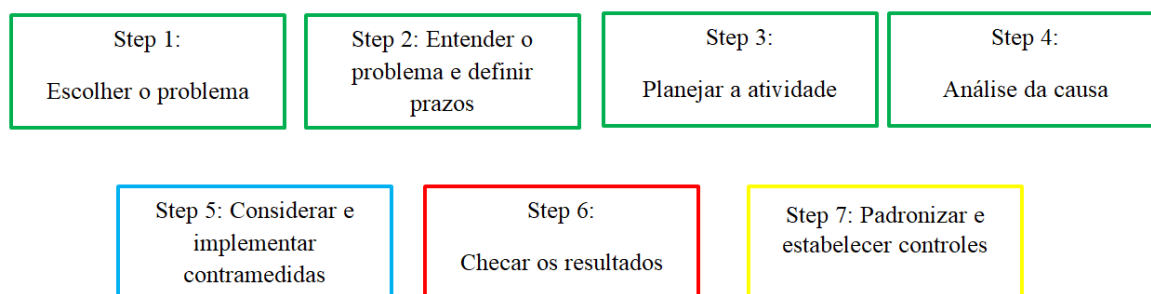
O processo de melhoria é uma filosofia básica para atingir a excelência de produtos e processos. O termo em japonês para melhoria contínua é Kaizen: kai (mudança) e zen (melhor), ou seja, mudar para melhor. (SIMÕES, 2006).

A metodologia abordada no Kaizen segue uma sequência de 7 (sete) passos (*steps*):

- *Step 1* - Escolher o problema;
- *Step 2* - Entender o problema e definir prazos;
- *Step 3* - Planejar a atividade e definir o time envolvido;
- *Step 4* - Analisar a causa: realizar o *brainstorming*;
- *Step 5* - Considerar e implementar contramedidas;
- *Step 6* - Aplicar as 5 (cinco) perguntas para defeito zero;
- *Step 7* - Padronizar a documentação em procedimentos operacionais, até a solução do problema, iniciando com escolha do problema a ser desenvolvido.

Basicamente, trata-se de entender o problema; planejar as atividades a serem executadas; promover a análise da causa, considerando o uso de contramedidas, sendo essas, provisórias ou permanentes; checar os resultados obtidos com o Kaizen; e por fim, padronizar e estabelecer controles para o processo, como pode ser visualizado na Figura 4. (DE QUEIROZ, 2018).

Figura 4 – Método de kaizen



Fonte: De Queiroz (2018).

A produção enxuta busca identificar e eliminar sistematicamente desperdícios na cadeia produtiva, sendo aqueles definidos como qualquer atividade que absorve recursos e não cria valor. Dentre os principais tipos de desperdícios, podemos destacar: superprodução, tempos de espera (de pessoas e/ou equipamentos), transporte excessivo de materiais, processos inadequados, erros que exijam retificação, inventário desnecessário, movimentação de pessoas, etc. (WOMACK, 1998).

Situações práticas de aplicação Kaizen são encontradas na literatura, por exemplo:

- Realizada em uma empresa, localizada no interior do estado de São Paulo, que produz equipamentos odontológicos, a quantidade de movimentação determinada pela necessidade de saída do montador de seu posto foi diminuída em 70% (10 vezes para 3 vezes), e a quantidade média de passos diminuiu de 130 passos para 39. (ARAUJO, 2006).
- O estudo de caso foi realizado em uma empresa na área automobilística situada em Minas Gerais. O resultado desses esforços, de acordo com o sistema de banco de dados implantado no escritório (Sistema de Gerenciamento de Kaizens), soma-se em aproximadamente 15.316 m<sup>2</sup> de área liberada. A economia gerada é de aproximadamente R\$ 14.000.000,00. (SCOTELANO, 2007).

### 3.6.2 5G

O método 5G é um método simples que incorpora cinco passos básicos e executados de modo sequencial, a fim de resolver efetivamente um problema.

- 1ºG: Gemba (Local real onde ocorre o problema);
- 2ºG: Gembutsu (Examinar o objeto de análise);
- 3ºG: Genijitsu (Condição real onde ocorreu o fato);
- 4ºG: Genri (Análise de princípios físicos e químicos da peça);

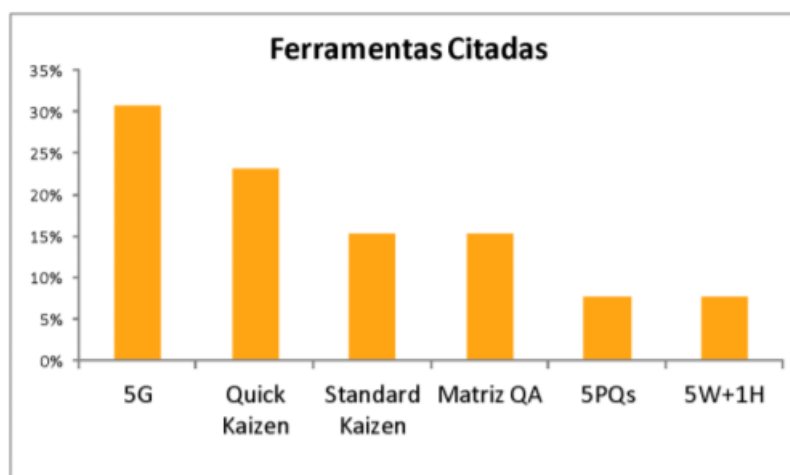
- 5ºG: Gensoku (Avaliação de normas e procedimentos que envolvem possíveis causas para o problema). (MURINO, 2012).

Com esses cinco passos é possível, em muitas situações, identificar a causa raiz de um problema e eliminar sua ocorrência.

Estudar a implantação do pilar de controle da qualidade da metodologia *World Class Manufacturing* (WCM), em uma empresa brasileira, tem o objetivo de melhorar o desempenho da produção, eliminando as perdas existentes dentro das organizações, levando-as a alcançar zero desperdício, zero quebras, zero defeitos e zero estoque. Seu fundador, o professor Yamashina, é responsável por aplicar e auditar essa metodologia em várias empresas ao redor do mundo e seus resultados são exemplos de sucesso.

O estudo de caso realizado nos mostrou um resultado relevante em meio à utilização da ferramenta 5G, sendo esta a ferramenta da qualidade do WCM mais mencionada entre os especialistas e controladores da qualidade. A Figura 5 nos mostra o resultado da pesquisa. (QUEIROZ, 2016).

Figura 5 – Ferramentas citadas do WCM



Fonte: Queiroz (2016).

Nota-se que ir ao local do problema é um dos temas mais importantes a serem destacados, pois é preciso entender de fato o que está acontecendo, sendo esta uma das ferramentas iniciais na resolução dos problemas.



### 3.6.3 5W1H

A ferramenta 5W1H atua como suporte no processo estratégico, permite de uma forma simples, garantir que as informações básicas e mais fundamentais sejam claramente definidas e as ações propostas sejam minuciosas, porém simplificadas. (MEIRA, 2003).

Para isso, os processos decisórios precisam ser pensados de maneira inovadora de tal forma que se traduzam em posicionamentos estratégicos diferenciados, os quais contemplem, além da dimensão econômica, as dimensões social e ambiental da atividade organizacional, permitindo que se torne um fator intrínseco da própria atividade empresarial.

A ferramenta 5W1H (posteriormente 5W2H, quando passou a incluir mais um “H” referente ao custo) foi criada por profissionais da indústria automobilística do Japão como uma ferramenta auxiliar, principalmente na fase de planejamento de ações. A ferramenta consiste num plano de ação para atividades pré-estabelecidas que precisam ser desenvolvidas com a maior clareza possível, além de funcionar como um mapeamento dessas atividades. (POLACINSKI, 2012).

Essa ferramenta é utilizada para planejar a implementação de uma solução, sendo elaborada em resposta às questões a seguir: o que (*what*), quando (*when*), quem (*who*), onde (*where*), por que (*why*) e como (*how*), as quais formam um conjunto ideal para entender melhor o problema e desenvolver contramedidas, como mostrado na Tabela 1. (WERKEMA, 1995).

Existem estudos de caso de aplicação da ferramenta com resultados satisfatórios na literatura, como por exemplo, a análise da efetividade na aplicação das ferramentas 5W1H e 5 porquês no processo de análise de quebra/falha, ocorridas durante a produção de refrigerantes em uma fábrica de bebidas localizada na zona norte de Teresina-PI.

Por meio deste estudo, foi possível verificar uma melhora no senso crítico dos técnicos com relação às análises após as intervenções, e maior clareza para a equipe com relação às peças que mais se danificavam durante o processo produtivo. Além disso, notou-se uma melhora nos indicadores de micro e macro paradas. (BRAZ; CAZINI, 2019).

Tabela 1 – 5W1H

What? (O que)	Como se vê o problema? Que produto, máquina, material foi empregado? Que tamanho?
When? (Quando)	Quando aconteceu o problema? Quando na sequência da operação: arranque; contínuo ou intermitente; para de atividades, mudança de turno? Garantia?
Where? (Onde)	Quem está envolvido no problema? Quem está originando ele? Quem está sendo afetado por ele?
Who? (Quem)	Quem está envolvido no problema? Quem está originando ele? Quem está sendo afetado por ele?
Which? (Qual)	Que tendência ou frequência o problema tem? É sempre nas segundas-feiras; quartas? Final de semana? Relação com algum turno? NOTA: nem sempre os problemas são aleatórios
How? (Como)	Como acontece o problema no equipamento ou no teste onde foi encontrado? Quantas vezes o problema acontece?
Resumo do Fenômeno	Colocar aqui um resumo do fenômeno em um único parágrafo, usando as informações de cada uma das 6 perguntas.

Fonte: De Queiroz (2018).

### 3.6.4 5WHY'S

O método dos 5 por quês é uma abordagem científica, utilizada no sistema Toyota de Produção, para se chegar à verdadeira causa raiz do problema, que geralmente está escondida através de sintomas óbvios. (OHNO, 1997).

De forma simplificada, os 5 passos para aplicação do método são:

- 1 – Inicie a análise com a afirmação da situação que se deseja entender – ou seja, deve-se iniciar com o problema;
- 2 – Pergunte por que a afirmação anterior é verdadeira;
- 3 – Para a razão descrita que explica por que a afirmação anterior é verdadeira, pergunte por que novamente;
- 4 – Continue perguntando por que até que não se possa mais perguntar mais por quês;
- 5 – Ao cessar as respostas dos por quês significa que a causa raiz foi identificada.

Para análise dos 5 por quês, embora seja denominada assim, pode-se utilizar menos por quês (3 por exemplo), ou mais, de acordo com a necessidade para que se encontre a causa raiz. (WEISS, 2011).

Os principais benefícios dos 5 por quês estão em descobrir a causa raiz de um problema e não demandar o uso de técnicas complexas. Os 5 por quês são especialmente úteis quando os problemas envolvem fatores humanos e interações no dia-a-dia dos negócios. (ISIXSIGMA, 2006).

A partir da aplicação dos 5 por quês no processo de alteração técnica de uma indústria que atua em um segmento de mercado caracterizado como linha amarela, verificou-se que várias das causas conduziam à mesma causa raiz: a falta de um procedimento padrão de trabalho para determinadas situações. Na empresa não havia um procedimento para a produção de amostras que definisse o prazo de entrega após a realização do pedido (*lead time* padrão), assim como não havia um cronograma para a chegada de matéria prima, para a produção e liberação das amostras e atividades requeridas para embarque (apontamento, faturamento e identificação).

Com base nas informações levantadas, um plano de ação foi elaborado para minimização contínua do problema, visando assim chegar à sua eliminação. (ALMEIDA; MATIAS; BRAGA; JUNIOR, 2014).

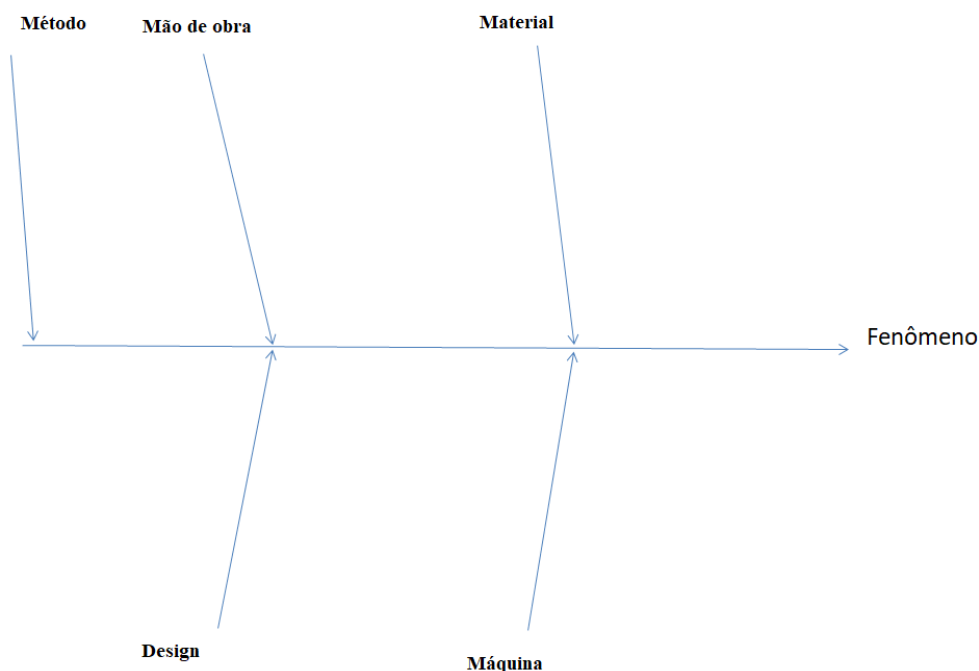
### 3.6.5 4M1D

A análise 4M1D possibilita verificar o modo de falha da anomalia. Os modos de falhas estão descritos abaixo e o diagrama é exemplificado na Figura 6.

- Método: O Processo não garante bons resultados;
- Máquina: Falhas que podem ocorrer devido à máquina ou ferramental fora das condições ideais;
- Mão de obra: Falhas que podem ocorrer devido ao erro humano,
- Material: Falhas que podem ocorrer devido aos materiais não conformes;
- *Design*: Nesse caso, relaciona à engenharia do produto.

O Diagrama de Ishikawa (4M1D) apresenta a relação existente entre o resultado indesejado ou não conforme de um processo (efeito), e os diversos fatores (causas) que podem contribuir para que esse resultado tenha ocorrido. Sua relação com a imagem de uma espinha de peixe se dá devido ao fato de que podemos considerar suas espinhas as causas dos problemas levantados, que contribuirão para a descoberta de seu efeito, além do formato gráfico que muito se assemelha ao desenho de um esqueleto de peixe. (PEINADO, 2007).

Figura 6 – 4M1D



Fonte: Do autor (2020).

O diagrama é uma ferramenta utilizada no controle de qualidade, podendo ser aplicado não apenas quando um defeito é encontrado, mas também de forma proativa para prevenir a ocorrência de falhas. Esta ferramenta é frequentemente aplicada durante as fases de projeto e produção de um produto ou serviço, podendo ser utilizada em combinação com outras ferramentas quando se quer uma análise mais detalhada do problema em estudo. (WONG; WOO; WOO, 2016).

O diagrama de Ishikawa é eficaz na identificação de possíveis novos gargalos que a empresa apresenta no seu cotidiano e nem mesmo percebe, fazendo com que todo o processo seja controlado e garantindo a prosperidade da empresa (JABOINSKI, 2003). A elaboração deste diagrama é desenvolvida por uma sessão do método *brainstorming*, pois a ferramenta é capaz de guiar o raciocínio da equipe e também facilita o registro das informações geradas no método. (CUNHA, 2010; DIAS, 2011).

O diagrama de espinha de peixe não poderia resolver todos os problemas, mas ao menos 95% deles, e qualquer trabalhador sem qualquer conhecimento específico poderia utilizar sua ferramenta. (ISHIKAWA, 1993).

Abaixo são descritos como foram utilizados os conteúdos descritos no referencial teórico.

## 4 MATERIAIS E MÉTODOS

Nesta seção são apresentadas as ferramentas que permitiram a organização dos problemas, a forma como foram tratados e as soluções propostas.

### 4.1 Ausência da junta de vedação

No primeiro problema visualiza-se o recebimento de uma reclamação de não conformidade advinda do cliente, relatando a ausência da junta de vedação de um coletor. Esta é considerada uma não conformidade de moderado impacto com ação corretiva obrigatória a ser realizada.

Receber uma reclamação de não conformidade do produto gera prejuízo e desconfiança para a indústria, por isso deve-se evitar ao máximo qualquer problema e deixar que o problema chegue ao cliente.


Sempre que é recebida uma reclamação sobre uma não conformidade de um produto, imediatamente se inicia uma contenção 100% de sua produção, ou seja, todos os produtos iguais ao reclamado são inspecionados antes de serem entregues ao cliente, até que seja identificada e resolvida a falha ocorrida e que se comprove o resultado da ação tomada.

Têm-se disponíveis as ferramentas da qualidade para análise da causa raiz e direcionamento das ações a serem desenvolvidas. Será explicado como foram aplicadas tais ferramentas e como ajudaram no processo de solução do problema.

O primeiro método a ser utilizado foi o 5G, apresentado na Tabela 2, para aplicar o método 5G foi necessário ir ao local de fabricação do produto que apresentou o defeito, e com o auxílio de um operador da linha, acompanhado de um membro da qualidade, preencher o formulário. Nele foi possível checar onde os fatos ocorreram, comparar com a teoria e prever possíveis causas do problema. Além de levar em consideração a vivência do operador, que está todo dia presente na linha de produção e sabe quais dificuldades ou possíveis falhas que tendem a ocorrer.

Aplicado o formulário 5G foi verificado que na operação montagem da junta mais o suporte de saída permitiu-se a liberação da peça sem a junta de vedação e sem um aviso de não conformidade ao operador, que, passível de erro, entende que está a fazer o certo.

Tabela 2 – Aplicação 5G caso 1

<b>Análise 5G</b>	
<b>Problema a ser analisado:</b>	Ausência da junta de vedação do coletor
<b>GEMBA (Vá até o local):</b>	Operação montar a junta metálica e suporte de saída, no dispositivo de montagem.
<b>GEMBUTSU (Examine o objeto):</b>	Produto 5****, na operação 1** montagem da junta metálica e suporte de saída, é possível liberar a peça sem a presença da junta no coletor.
<b>GENJITSU (Checar os fatos):</b>	Não observado registros de anomalias na linha de produção.
<b>GENRI (Compare com a teoria):</b>	Há instruções no plano de controle e croqui para visualizar a montagem da junta e suporte. Instruções disponíveis na linha.
<b>GENSOKU (Seguimento de Padrões):</b>	Existe um padrão que não foi seguido, pode ser melhorado com uma verificação autônoma do padrão.
<i>Sketch</i> (Esboço do problema)	
	

Fonte: Do autor (2020).

Uma vez que a linha de produção tem um padrão estabelecido e não possui anomalias, previu-se a possibilidade de melhorar a operação com uma verificação autônoma da presença da junta de vedação. A aplicação 5G permite entender o erro diretamente no local e, com a visão do operador, que está diretamente ligada à produção, antever uma mudança para que não ocorra novamente a falha.

Deve-se salientar a importância da aplicação do método 5W1H, apresentado na Tabela 3, para melhor descrever os detalhes do problema e revisar o fenômeno. O método foi desenvolvido após a aplicação do 5G, já em um ambiente distante da linha de produção.

Tabela 3 – Aplicação 5W1H caso 1

<b>5W1H – Descrever detalhe do problema</b>		
<b>WHAT</b>	O que ocorre?	Falta da junta de vedação no flange de saída do coletor, causando vazamento de gases no cliente.
<b>WHEN</b>	Quando ocorre?	Durante a operação montar a junta e suporte de saída, durante a produção de peças.
<b>WHERE</b>	Onde ocorre?	Ocorreu na linha P**** no dispositivo de montagem do suporte.
<b>WHO</b>	Quem gerou o problema?	Operador da linha no primeiro turno, porém o problema poderia ser gerado por qualquer operador.
<b>WHICH</b>	Qual a frequência?	Foi identificada a falta de junta em uma peça.
<b>HOW</b>	Como ocorre o problema?	No momento da montagem da junta o operador esquece-se de coloca-la junto ao coletor.

Fonte: Do autor (2020).

O fenômeno revisado a partir do 5W1H direciona a sequência de fatos e organiza a ideia para atacar diretamente o problema, além de que, em conjunto com o 5G, esclarece o acontecido e confirma se as ações a serem tomadas estão no rumo certo, evitando que a produção prossiga com um produto inconforme.

Para dar sequência à busca da causa raiz, foi aplicado o método 4M1D, apresentado na Figura 7. Antes de executar as análises do 4M1D foi realizado um *brainstorming* para elencar ideias de prováveis causas, conforme Tabela 4, após, essas opções serão levadas ao diagrama de Ishikawa.

O *brainstorming*, ou tempestade de ideias, foi elaborado em uma reunião com a equipe responsável da qualidade. Assim, em modo dinâmico, é possível explorar a criatividade e valorizar todos os tipos de ideia, levando tudo em consideração para análise do modo de falha da causa raiz.

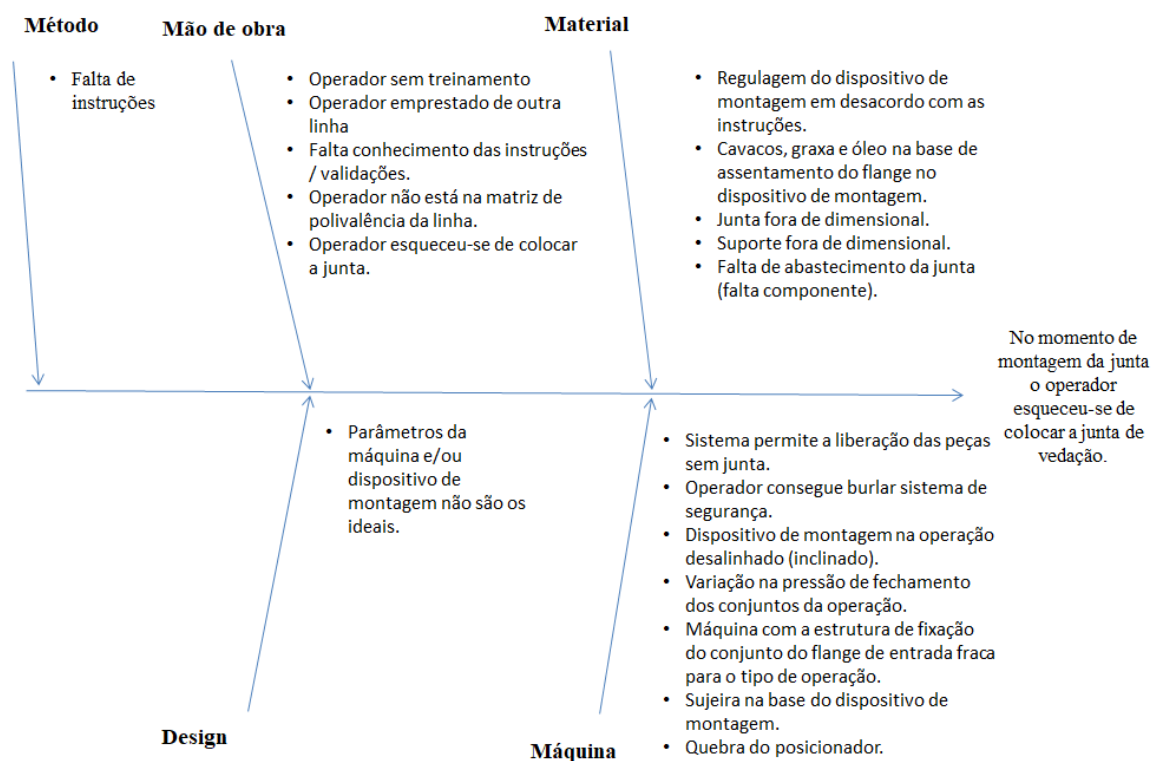
Tabela 4 – *Brainstorming* caso 1

<b><i>Brainstorming</i></b>	
<b>Possível causa</b>	<b>Modo de falha</b>
Operador sem treinamento.	Mão de obra
Operador emprestado de outra linha.	Mão de obra
Falta conhecimento das instruções / validações.	Mão de obra
Operador não está na matriz de polivalência da linha.	Mão de obra
Operador esqueceu-se de colocar a junta.	Mão de obra

Regulagem do dispositivo de montagem em desacordo com as instruções.	Materiais
Cavacos, graxa e óleo na base de assentamento do flange no dispositivo de montagem.	Materiais
Junta fora de dimensional.	Materiais
Suporte fora de dimensional.	Materiais
Falta de abastecimento da junta (falta componente).	Materiais
Sistema permite a liberação das peças sem junta.	Máquina
Operador consegue burlar sistema de segurança.	Máquina
Dispositivo de montagem na operação desalinhado (inclinado).	Máquina
Variação na pressão de fechamento dos conjuntos da operação.	Máquina
Máquina com a estrutura de fixação do conjunto do flange de entrada fraca para o tipo de operação/Quebra do posicionador	Máquina
Sujeira na base do dispositivo de montagem.	Máquina
Falta de instruções.	Método
Parâmetros da máquina e/ou dispositivo de montagem não são os ideais.	Design

Fonte: Do autor (2020).

Figura 7 – Aplicação 4M1D caso 1



Fonte: Do Autor (2020).

O modo de falha identificado foi mão de obra, pois o operador não colocou a junta de vedação na montagem da peça. Apesar de parecer uma causa raiz simples, outros aspectos



estão envolvidos: o modo de falha encontrado foi mão de obra, e isso só aconteceu, porque o sistema de montagem deixou o operador errar.

Analisar as possibilidades de modos de falhas mencionadas no *brainstorming* é de suma importância, nisso consegue-se identificar se melhorias podem ser feitas paralelamente à resolução da causa raiz.

A utilização do 4M1D após o *brainstorming* permitiu chegar aos modos de falha, qual seja, mão de obra, e agora com a gestão das ações a serem tomadas, deve-se eliminar a possibilidade de recorrência.

Ao chegar à causa raiz da situação apresentada é de total proveito utilizar os 5 Porquês, apresentado na Tabela 5, para entender o problema ocorrido, e além disso, analisar fraquezas do processo e o porquê de não ter sido previsto o erro.

Tabela 5 – Aplicação 5 WHY'S caso 1

<b>5 Porquês</b>				
<b>Fenômeno</b>		<b>1º Porquê?</b>	<b>2º Porquê?</b>	<b>3º Porquê?</b>
No momento de montagem da junta o operador esqueceu-se de colocar a junta de vedação.	Porquê aconteceu?	Ocorreu uma desatenção do operador durante o processo	Processo realizado muitas vezes durante o turno, passível de erro	Ser Humano é Passível de erro
	Porquê passou?	Foi permitido a sequencia de operação sem apresentar erro	Não há sistema de verificação para identificar a presença da junta de vedação	Não foi previsto no projeto

Fonte: Do autor (2020).


O método 5 *WHY'S* possibilitou a fundo o entendimento da causa raiz, sendo esta, no caso 1, o ser humano, e também demonstrou a fragilidade no planejamento das atividades. O processo permitiu a continuidade das operações, sem verificação da presença da junta de vedação, por isso, conforme propósito deste trabalho, tal processo deve se tornar um sistema autônomo que impeça a sequência errônea.

## 4.2 Vazamento de gás

O segundo caso reclamado foi vazamento de gás do escapamento, sendo esta, por sua vez, uma não conformidade de alto impacto, e também com ação corretiva obrigatória a ser realizada. Os mesmos procedimentos descritos no primeiro caso foram utilizados nesse segundo projeto.

O primeiro método a se utilizar foi o 5G, apresentado na Tabela 6, o método também foi realizado na própria linha de produção onde o erro aconteceu, com a ajuda do operador e um membro da qualidade para acompanhar.

Tabela 6 – Aplicação 5G caso 2

<b>Análise 5G</b>	
<b>Problema a ser analisado:</b>	Rasgo da abraçadeira fora de posição causando vazamento de gás.
<b>GEMBA (Vá até o local):</b>	Operação corte rasgo da abraçadeira.
<b>GEMBUTSU (Examine o objeto):</b>	Produto S*****, tubo de entrada, foi fabricado com o rasgo da abraçadeira fora de posição.
<b>GENJITSU (Checar os fatos):</b>	Observado que o operador não trabalhava na linha há algum tempo, nesse tempo ocorreu uma mudança do tipo de rasgo, conseqüentemente, mudança do posicionamento do tubo para realizar o corte. Operador realizou conforme a operação antiga.
<b>GENRI (Compare com a teoria):</b>	Há instruções no plano de controle, porém não foi alterado o dispositivo de inspeção na mudança ocorrida.
<b>GENSOKU (Seguimento de Padrões):</b>	Existe um padrão, que não foi seguido, deve ser melhorado a operação e a verificação.
<b>Sketch (Esboço do problema)</b>	
	

Fonte: Do autor (2020).

Após aplicar o método 5G, visto que, a máquina permitiu a fabricação do corte fora de posição e não a verificou, previu-se a instalação de uma garantia eletrônica da correta posição do tubo e alteração do gabarito de inspeção.

Continuando o mapeamento do problema, foi aplicado o método 5W1H, visto na Tabela 7, para descrever melhor o problema e sanar quaisquer dúvidas existentes.

Tabela 7 – Aplicação 5W1H caso 2

<b>5W1H – Descrever detalhe do problema</b>		
<b>WHAT</b>	O que ocorre?	Vazamento de gás.
<b>WHEN</b>	Quando ocorre?	Durante a produção do tubo de entrada.
<b>WHERE</b>	Onde ocorre?	Na operação corte do rasgo.
<b>WHO</b>	Quem gerou o problema?	Operador da linha no segundo turno, porém o problema poderia ser gerado por qualquer operador.
<b>WHICH</b>	Qual a frequência?	Foi identificado 94 peças com problema.
<b>HOW</b>	Como ocorre o problema?	Invertendo a posição do tubo na operação de realizar o corte do rasgo da abraçadeira.

Fonte: Do autor (2020).

O fenômeno revisado a partir do método 5W1H nos permite ver se os direcionamentos das ações estão no rumo correto, além de nos auxiliar no melhor entendimento dos fatos. Seguindo com o processo de busca da causa raiz, foi realizado um *brainstorming* para elencar as possíveis causas, as quais são apresentadas na Tabela 8. Após elencar as ideias, foi utilizado o Diagrama de Ishikawa, apresentado na Figura 8, nele elencamos as possíveis causas levantadas no *brainstorming*, de acordo com sua classificação de modo de falha e elegemos a causa raiz do problema.

O modo de falha identificado no 4M1D foi máquina, pois o sistema permitiu a realização da operação na posição incorreta. O operador apenas conduziu as operações como de costume.

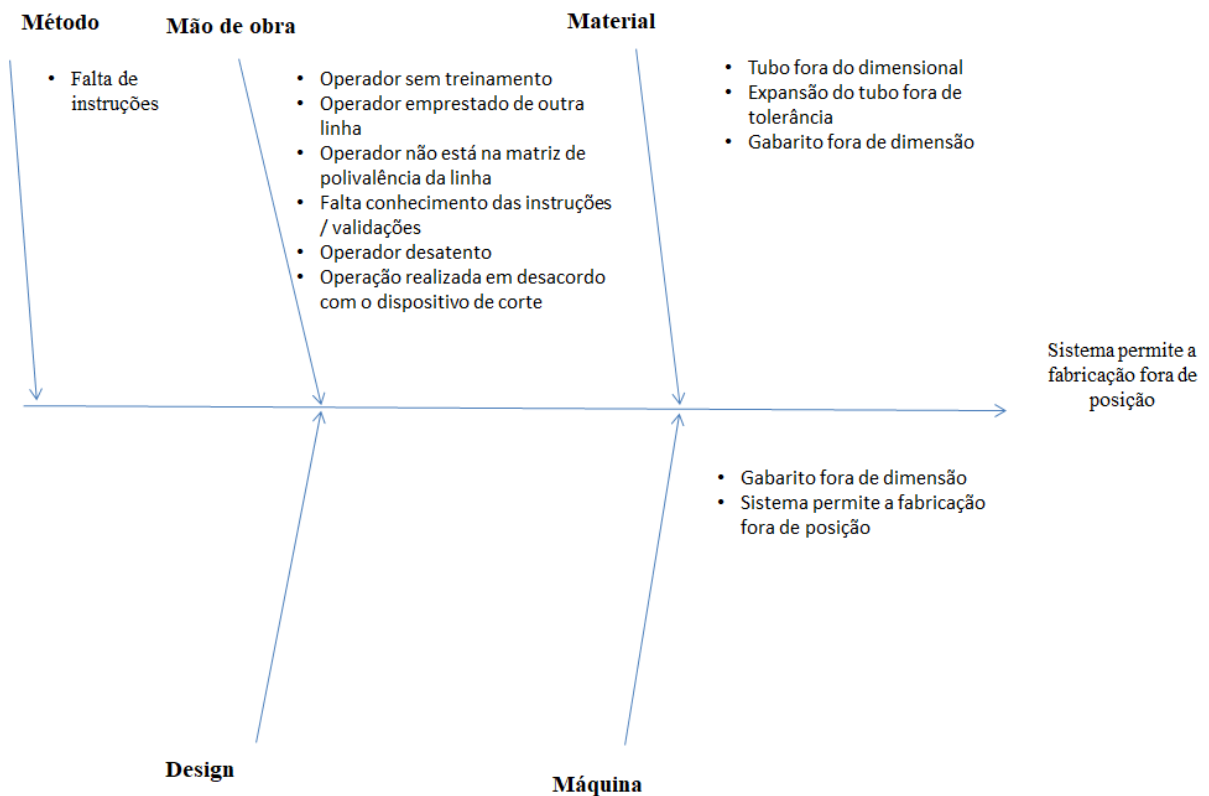
Tabela 8 – *Brainstorming* caso 2

<b>Brainstorming</b>	
<b>Possível causa</b>	<b>Modo de falha</b>
Operador sem treinamento.	Mão de obra
Operador emprestado de outra linha.	Mão de obra
Falta conhecimento das instruções / validações.	Mão de obra
Operador não está na matriz de polivalência da linha.	Mão de obra

Operador desatento/ Operação realizada em desacordo com o dispositivo de corte	Mão de obra
Tubo fora do dimensional.	Materiais
Expansão do tubo fora de tolerância.	Materiais
Gabarito fora de dimensional.	Máquina
Sistema permite a fabricação fora de posição.	Máquina
Falta de instruções.	Método

Fonte: Do autor (2020).

Figura 8 – Aplicação 4M1D caso 2



Fonte: Do Autor (2020).

Identificado a causa raiz, foi aplicado o método dos 5 Porquês, para entender o problema ocorrido, e além disso, analisar fraquezas do processo e o porquê de não ter sido previsto o erro. O método é apresentado na Tabela 9, logo abaixo.

Tabela 9 – Aplicação 5 WHY'S caso 2

5 Porquês						
Fenômeno		1º Porquê?	2º Porquê?	3º Porquê?	4º Porquê?	5º Porquê?
Vazamento de gás no cliente	Porquê aconteceu?	O operador não se atentou ao correto posicionamento	O dispositivo permite o posicionamento errado	O dispositivo não tem referência do correto posicionamento	Não foi construído com a referência	O projeto de construção não tem esta característica
	Porquê passou?	O operador não viu que a peça estava com os rasgos de aperto fora de posição	O operador utiliza o dispositivo de inspeção que não tem referência do correto posicionamento do rasgo de aperto			

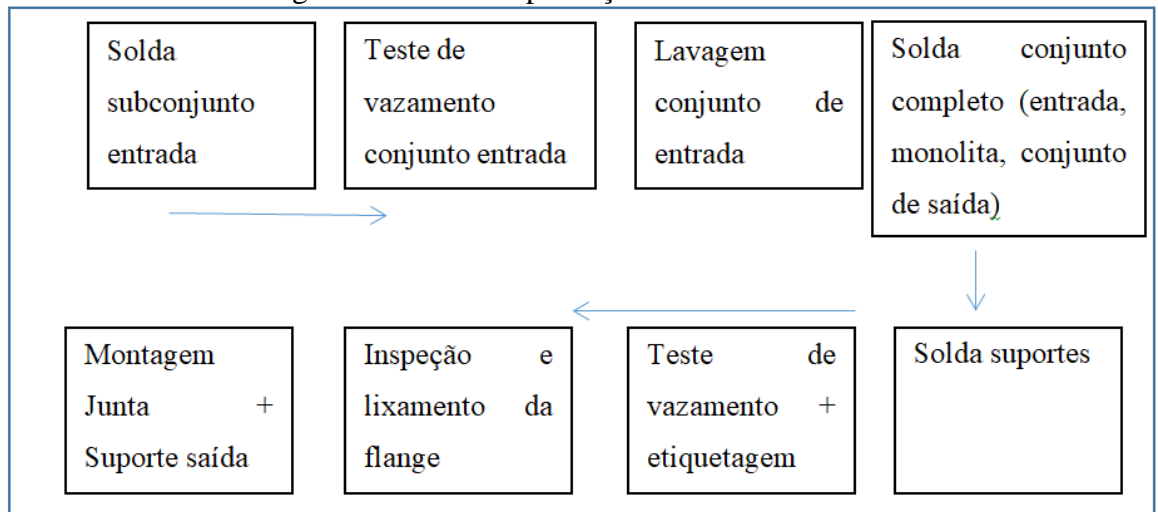
Fonte: Do autor (2020).

O método revelou que a máquina permitiu a execução fora de posição, além disso, demonstrou que o gabarito de inspeção não possuía referência para a posição do corte do rasgo da abraçadeira, por isso, o sistema deverá ser atualizado e melhorado, de modo que impeça a recorrência do erro.

### 4.3 Propostas de soluções

Com o intuito de contextualizar a linha de produção do coletor (caso 1), a Figura 9 auxilia exemplificando as fases de sua produção. A solução em questão deve agir no último estágio, no qual ocorre a montagem da junta de vedação e o suporte de saída. Além disso, deve impedir a finalização da montagem sem o término completo da inserção dos materiais.

Figura 9 – Linha de produção coletor

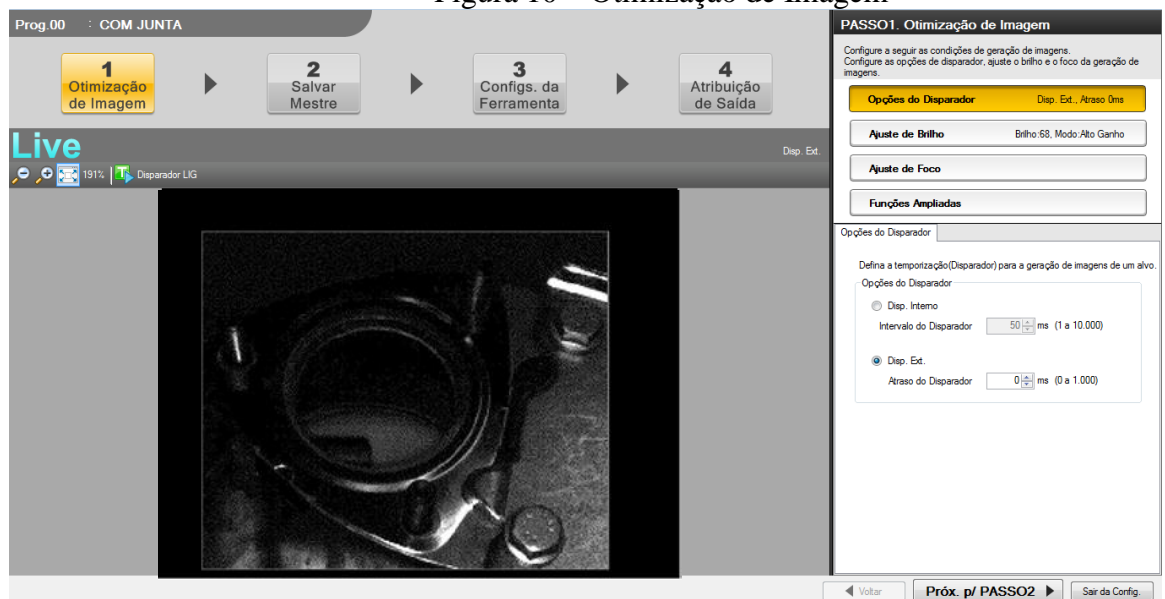


Fonte: Do autor (2020).

Para realizar as verificações automáticas da presença da junta de vedação e também do suporte de saída, mesmo não tendo ocorrido problemas anteriores com o mesmo, foi escolhida um sistema de visão computacional capaz de salvar um padrão de peça por imagem e comparar as próximas peças com o padrão mestre salvo previamente.

Para isso, foi configurado a aquisição da imagem pela câmera, primeiro passo para configuração da câmera é padronizar os ajustes da imagem, podendo se alterar o brilho, o foco e a amplitude, conforme Figura 10.

Figura 10 – Otimização de Imagem



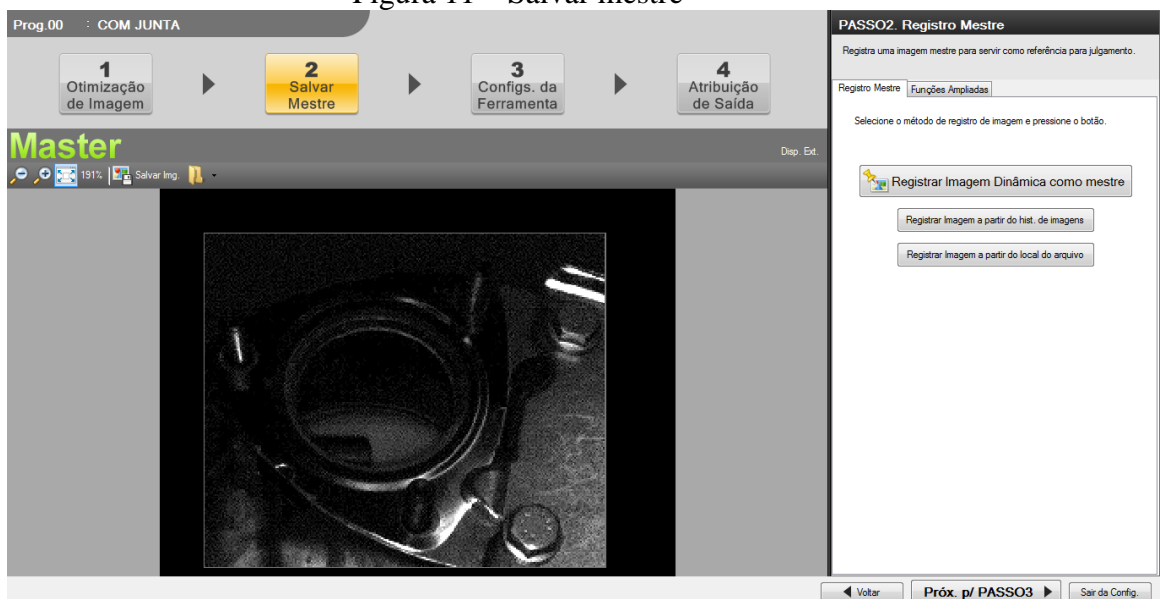
Fonte: Do autor (2020).

Após considerar satisfatória a imagem obtida, é determinada a imagem mestre, que será utilizada para comparação com futuras imagens capturadas pela câmera. A Figura 11 nos mostra a tela, na qual podemos realizar a escolha da mestra.

O próximo passo nos remete à escolha e análise de pontos específicos da imagem, possibilitando a alteração na sensibilidade de aceitação da câmera. Tal sensibilidade é determinada por meio de testes práticos, em busca de um equilíbrio, para que seja sensível o suficiente para identificar a presença da junta de vedação e do suporte de saída, e tolerante o suficiente para não segurar peças que estejam completas. A Figura 12 permite observar a tela desta configuração.

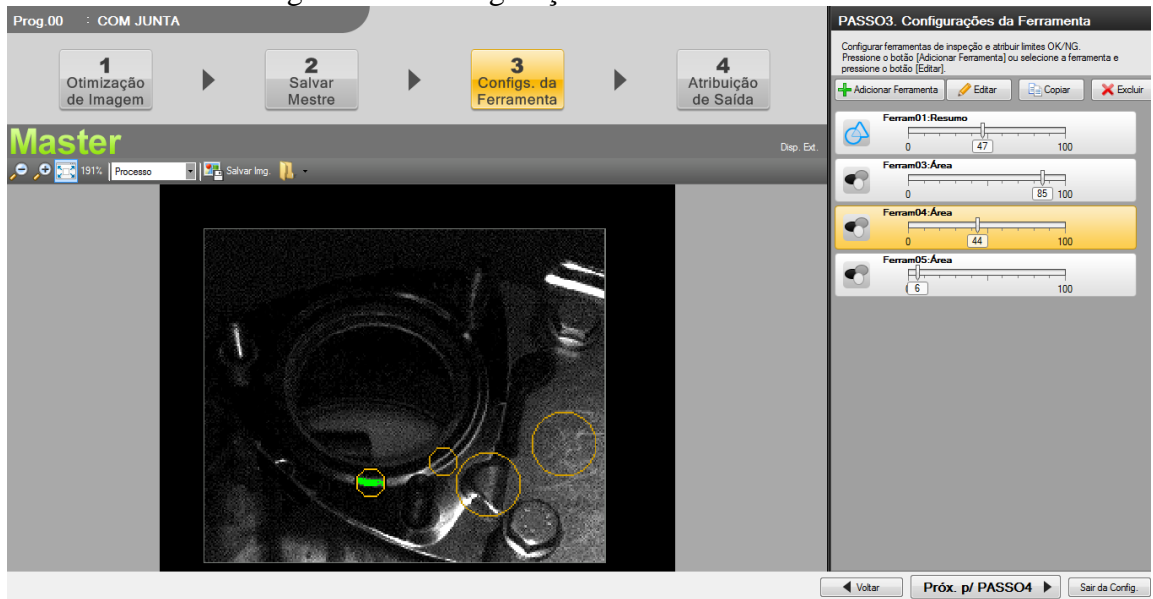
Como último passo para término da configuração completa da câmera, é necessário atribuir às saídas o seu tipo. No caso, utilizamos *status total* na primeira saída, que gera um sinal nível lógico 1, um sinal elétrico de 24V para peça comparada OK, e nível lógico 0, 0V de sinal elétrico para peça NOK. Essa atribuição pode ser vista na Figura 13 e são essas saídas que serão interligadas ao CLP para uso do sinal lógico.

Figura 11 – Salvar mestre



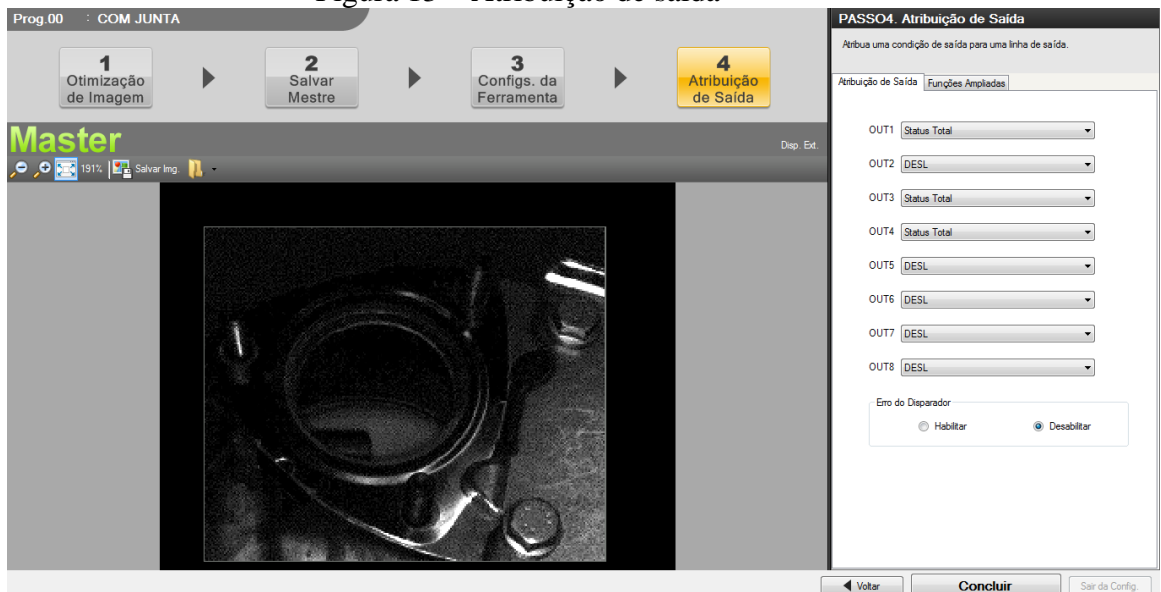
Fonte: Do autor (2020).

Figura 12 – Configuração da ferramenta



Fonte: Do autor (2020).

Figura 13 – Atribuição de saída



Fonte: Do autor (2020).

Para conseguir se utilizar do sinal provindo da câmera, foi elaborado um código simples em linguagem *Ladder*. O programa espera o sinal de um botão para início, após, verifica a presença da peça com auxílio de um sensor de presença, de modo que, se a peça estiver em posição é travada mecanicamente e só é liberada quando a câmera enviar o sinal de que a junta de vedação e suporte de saída estão posicionados.



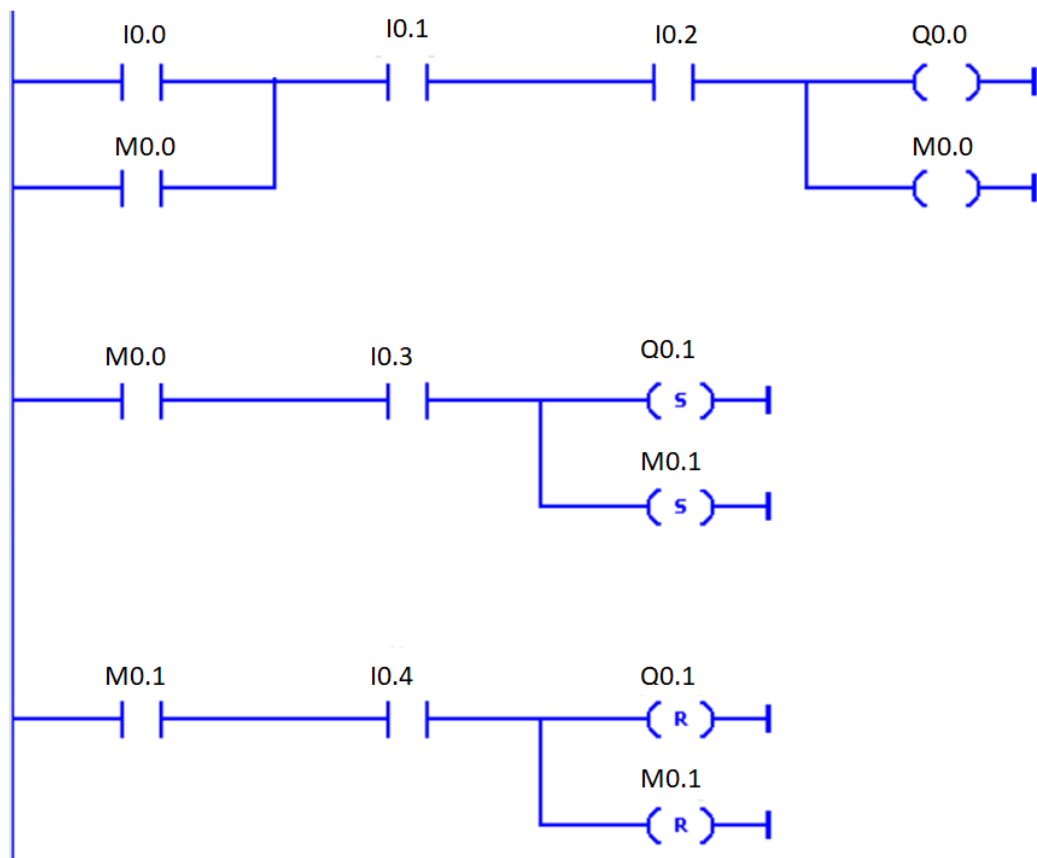
A Tabela 10 especifica as variáveis utilizadas no programa. Para sua implementação foi usado o “Tia Portal da Siemens”. A Figura 14 exemplifica o programa utilizado, que por questões de licença e autorização fica omitido.

Tabela 10 – Variáveis do programa *Ladder*

Entradas/Saídas/Memória	Endereço	Tipo	Comentário
Liga	I0.0	Entrada	Botão Liga
Emergência	I0.1	Entrada	Botão Emergência
Desliga	I0.2	Entrada	Botão Desliga
Presença de Peça	I0.3	Entrada	Sinal da sensor de presença
Câmera	I0.4	Entrada	Sinal da câmera
Led	Q0.0	Saída	Led sinalização máquina ok
Trava	Q0.1	Saída	Aciona sistema de travamento mecânico da peça
Verificar peça	M0.0	Memória	Auxiliar de verificação de presença de peça
Verificar junta	M0.1	Memória	Auxiliar de verificação de presença de junta

Fonte: Do autor (2020).

Figura 14 – Código *Ladder*



Fonte: Do autor (2020).

Será explicado as linhas de código da Figura 14. A primeira linha olhando da esquerda para direita, conta com a entrada I0.0, ela corresponde ao botão iniciar, que ao ser pressionado torna sua variável verdadeira, à sua direita temos o botão de emergência I0.1, fisicamente é normalmente fechado, sendo assim, sua variável já é verdadeira, e se torna falsa ao ser pressionado, a mesma lógica vale para o botão desliga I0.1, essas três condições verdadeiras ligam um *led* de sinalização de máquina OK, o qual é representado pela variável do tipo saída Q0.0, e também tornam uma variável do tipo memória verdadeira, a qual M0.0 é utilizada como uma realimentação do programa pra manter ligado e permitir o início do processo.

A segunda linha começa com uma variável auxiliar da memória M0.0, após temos a entrada I0.3, que pertence à um sensor de presença, como única função identificar a presença da peça no dispositivo de montagem, essas duas em conjunto verdadeiras permitem o *set* do travamento mecânico da peça, ativado pela saída Q0.1 e tornam a variável do tipo memória M0.1 verdadeira para interligar o programa.

A terceira e última linha é análoga a segunda, depende apenas do sinal de entrada da câmera I0.4, para *resetar*, ou seja, tornar falas, as saídas, que liberam a peça mecanicamente e permitem que se reinicie o processo para a próxima peça.

O caso 2 refere-se à operação corte do rasgo da abraçadeira, essa operação é realizada após os tubos serem curvados, a operação curvar é a primeira operação da linha de produção de um escapamento. A operação que se faz o rasgo, tem como função determinante conseguir unir dois tubos por uma abraçadeira, nessa união o rasgo fica envelopado pela abraçadeira, a qual faz a vedação do tubo para evitar vazamento de gás.

Para evitar o corte do tubo novamente em posição incorreta, foi proposta a instalação de um suporte para apoio do tubo, juntamente com um sensor de presença, para que interligado com a máquina, permita o corte somente com o tubo em sua correta posição.

Serão demonstrados os resultados das ações propostas no próximo item.

## **5 RESULTADOS E DISCUSSÕES**

Após apresentar a metodologia utilizada para resolução do problema, no caso 1 foram feitos os testes. Inicialmente foi colocada uma peça sem a junta de vedação para verificação, assim foi constatada uma não compatibilidade com a imagem mestre, ou seja, a câmera não enviou o sinal de autorização para o CLP. A Figura 15 mostra circulada em vermelho a falha na identificação da junta.

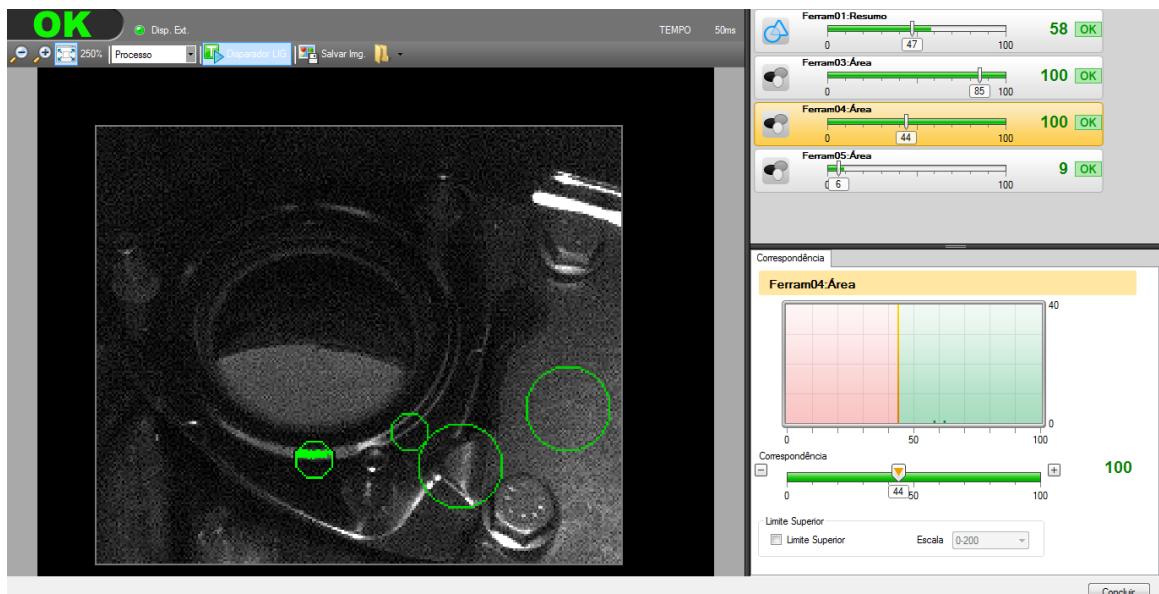
Na Figura 16 o teste foi realizado com uma peça completa, e como esperado, um sinal positivo foi enviado ao CLP, que com sua lógica interna liberou o travamento mecânico para retirada da peça do suporte, permitindo a continuidade do processo.

Figura 15 – Peça sem junta



Fonte: Do autor (2020).

Figura 16 – Peça OK



Fonte: Do autor (2020).

Analisando os resultados obtidos, conclui-se que o processo tornou-se mais robusto à prova deste erro. Deste modo, não serão entregues ao cliente coletores sem a presença da

junta de vedação, atendendo ao objetivo inicial do projeto e evitando desperdícios e prejuízos financeiros.

No caso 2 foram instalados o suporte e o sensor de presença, podemos observar na Figura 17 o sensor de presença instalado no suporte, circulado em verde, assim como o tubo apoiado no suporte.

Figura 17 – Posicionamento do tubo para corte



Fonte: Do autor (2020)

Foi observado que além de auxiliar o operador com o apoio mecânico no suporte, a máquina não ligava sem que o sensor de presença fosse ativado, o sensor estava interligado com o próprio sistema interno da máquina, em série com as condições de partida. Também foi testada com um tubo em posição incorreta, e como esperado, a máquina não ligou.

Como precaução também foi colocado um pino de referência no gabarito de inspeção, como mostra Figura 18, caso de algum modo inesperado o sistema falhe, a inspeção identificará o erro e não permitirá o envio para os clientes. Por questões de privacidade a foto do gabarito por completo foi omitida, apenas exemplificada a parte alterada.

Figura 18 – Pino do gabarito de inspeção



Fonte: Do autor (2020)

O uso das ferramentas da qualidade, mesmo aparentemente simples, auxilia na identificação e entendimento do problema a fundo. A partir disso, é possível planejar a gestão das ações a serem desenvolvidas, não atacando problemas secundários que possam ser sanados com a resolução da causa raiz. Além de fazer parte do protocolo da empresa, não há diferenças em complexidades de falhas, uma vez que todas as reclamações de clientes devem passar por todos os métodos já apresentados e serem exibidas aos gestores da planta.

As ferramentas da qualidade são de imensa importância para qualquer colaborador da empresa, desde a diretoria até os funcionários envolvidos diretamente com a produção, considerando que um trabalho em conjunto sempre será mais eficaz.

Para possibilitar facilidade de acesso e direcionamento para o gerenciamento de ações a serem tomadas, foi apresentada a organização das ideias e a exposição dos fatos. Vale salientar o ganho em tempo e eficiência que as ferramentas da qualidade proporcionam, uma vez que esclarecem as possíveis dúvidas, pois vão direto ao ponto central e criam resultados.

Já descritos os controles implantados nos processos, é possível classificá-los como controles preventivos de ocorrência de uma falha. Esse controle influencia diretamente na repetibilidade do processo, ou seja, a variação entre os valores obtidos no mesmo equipamento quando usado por um operador, e medindo as mesmas características várias vezes nas mesmas peças.

Outro índice da qualidade é a reprodutibilidade, o qual é a variação na média das medições, quando realizadas por diferentes operadores, e usando o mesmo equipamento para medir as mesmas características na peça. Foi constatada nos dois processos uma reprodutibilidade de 100%, o sistema é estável.

E o mais importante a ser analisado em um processo, a capacidade, definida como amplitude total de variação inerente num processo estável, é a medida da capacidade do processo estar sob controle e atender as especificações do cliente. Os projetos melhoraram a capacidade dos processos, espera-se que em condições normais de trabalho os processos tenham sempre êxito.

Ao término dos projetos e com suas respectivas validações, cria-se um plano de controle, que são descrições escritas do sistema, para controlar as peças de produção e o processo. Os planos de controle são desenvolvidos pelas organizações para tratar as características especiais e os requisitos do produto, além de ser um documento para tornar formal o modo de trabalho e deixar de serem características intrínsecas de funcionários, assim qualquer pessoa é capaz de realizar a atividade documentada.

Os projetos satisfazem todos os índices da qualidade, além de prever um ganho monetário em economia com custos de garantia, custos esses que vão além do custo da peça, e contabilizam transporte, taxas e tempo de funcionários. Tornou-se o processo de produção eficaz e à prova de erros.

## **6 CONCLUSÃO**

Neste trabalho apresentado foram discutidas algumas ferramentas da qualidade para análise de problemas, com a intenção de direcionamento de tomada de decisões que sejam efetivas e objetivas. Além disso, foi inferida qual a causa raiz da adversidade do processo de fabricação de um coletor de escape automotivo, e do processo de corte do tubo de entrada. Tais ferramentas, como 5G, 5W1H, 5 WHY'S, Diagrama de Ishikawa, foram essenciais para conduzir o plano de ação de automatização do processo.

Para implementação da solução do problema, o uso de conhecimentos prévios foi de suma importância. Atualmente, o CLP é uma realidade nas indústrias, permite criar lógicas simples e complexas, que em conjunto de entradas e saídas, direcionam e controlam os processos. Apenas foi necessária a utilização de uma câmera para gerar o sinal de aprovação da peça, que em síntese obteve o resultado esperado no primeiro caso, e o uso de sensores de presença no segundo.

Em resumo, os processos tornaram-se mais robustos, à prova de desperdícios e prejuízos financeiros. Após os testes, os resultados foram satisfatórios e sanaram a causa raiz, o que comprova que, além de usar a tecnologia a nosso favor, é necessário utilizá-la com sabedoria. Para isso as ferramentas da qualidade trabalham em conjunto com a indústria 4.0, que nos remete à integração de dados e monitoramento da fábrica. Assim, a automação, mais uma vez, mostra-se capaz de ajudar os seres humanos a desenvolverem sistemas para minimizar os erros. Os índices da qualidade também foram aperfeiçoados.

## REFERÊNCIAS

- AGUIAR, T. T. A. **Automação e sistemas elétricos na indústria**. Coimbra, 2013.
- ALMEIDA, J. F., MATIAS, L.R., BRAGA, W. L. M., JUNIOR F. R. L. **Aplicação da metodologia MASP ao processo de alteração técnica de produtos em uma indústria de médio porte**. Curitiba, 2014.
- ARAUJO, C. A. C.; RENTES, A. F. **A metodologia Kaizen na condução de processos de mudança em sistemas de produção enxuta**. São Carlos, 2006.
- BRAZ, C. A.; CAZINI, J. **Alinhamento Dinâmico da Engenharia de Produção 2**. Editora Atena, 2019.
- CABRAL, R. C. **Automação de uma matriz para estampar e dobrar garras utilizadas na fabricação de longarinas**. Ponta Grossa, 2014.
- CAPELLI, A. **Automação Industrial- Controle do Movimento e processos Contínuos**. 2ªEd. São Paulo: Érica, 2011.
- COELHO, F. **Aplicação das ferramentas da qualidade: Estudo de caso em pequena empresa de pintura**, São Paulo, 2016.
- CORDEIRO, J. V. B. - **Reflexões sobre a Gestão da Qualidade Total**, Curitiba, 2004.
- CORRER, I. - **Inserção da formação do profissional de engenharia de produção em ambiente de P&D**, Belo Horizonte, 2019.
- COSTA, C. **Projetando Controladores Digitais com FPGA**. São Paulo: Novatec, 2017.
- CUNHA, V. L. S. **Melhoria contínua do sistema de controle da qualidade**. 2010. Dissertação (Mestrado Integrado em Engenharia Metalúrgica e de Materiais) – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- DE QUEIROZ, A.; DE OLIVEIRA, L. **A Ferramenta Kaizen na Solução de Problemas Em Uma Indústria Automobilística**, Pernambuco, 2018.
- DIAS, A; CALIL, L. F. P.; RIGONI, E.; SAKADURA, E. Y.; OGLIARI, A.; KAGUEIAMA, H. A. **Metodologia para análise de risco: Mitigação de perda de SF6 em disjuntores**. Florianópolis, SC, 2011.
- FENABRAVE. **Emplacamentos Novos**, 2020 Disponível em: [fenabrave.org.br/portal/conteudo/emplacamentos](http://fenabrave.org.br/portal/conteudo/emplacamentos). Acesso em: 01 de Abril de 2020.
- FRANCISCATO, L. S. - **Aplicação das ferramentas da qualidade para redução no tempo do Set-Up**, Belo Horizonte, 2019.
- GEORGINI, J. M. **Automação Aplicada Descrição e Implementação de Sistemas Sequenciais com PLCs**. São Paulo: Érica, 2003.

GIACCHETO, E. C. **Monitoramento remoto de falhas em conversores de frequência.** João Monlevad, 2017.

GOBIS, M. A.- **Os benefícios da aplicação de ferramentas de gestão de qualidade dentro das indústrias do setor alimentício,** Ourinhos, 2012.

ISHIKAWA, K. **Controle da Qualidade Total: à maneira japonesa.** Rio de Janeiro: Campus, 1993.

ISIXSIGMA. **Determine the root causes: 5whys.** Disponível em: <http://www.isixsigma.com/library/content/c020610a.asp>. Acesso em: 06 de Abril de 2020.

JABOINSKI, N. J. **Avaliação da eficiência produtiva da cultura da erva-mate no alto Uruguai gaúcho através da utilização de um diagrama de causa e efeito.** 2003. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Agronegócios) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

LUCINDA, M. A. **Qualidade - Fundamentos e Práticas.** 1.ed. Rio de Janeiro: Brasport, 2010.

MARSCHALL, E. **Projeto de automação da área de recebimento de um entreposto de armazenamento de grãos.** Florianópolis, 2019.

MARELLI. **Nossa História,** 2020. Disponível em: [marelli.com/our-history](http://marelli.com/our-history). Acesso em: 01 de Abril de 2020.

MEIRA, R. C. **As ferramentas para a melhoria da qualidade.** Porto Alegre: SEBRAE, 2003.

MORAES, G. **Elementos do Sistema de gestão da qualidade de SMSQRS.** Rio de Janeiro: 2. ed. Gerenciamento Verde Editora, p.203, 2010.

MURINO T. A. et al. World class manufacturing implementation model Applied Mathematics. In: **Applied mathematics in electrical and computer engineering,** Italy, p. 371-376, 2012.

OHNO, T. **O sistema Toyota de produção além da produção em larga escala.** Porto Alegre: Bookman, 1997.

PEINADO, J.; GRAEML, A. R. **Administração da produção: operações industriais e de serviços.** Curitiba: UnicenP, 2007.

POLACINSKI, E. **Implantação dos 5Ss e proposição de um SGQ para uma indústria de ervamate.** Gestão Estratégica: Empreendedorismo e Sustentabilidade - Congresso Internacional de Administração, 2012.

PRUDENTE, F. **Automação Industrial, PLC: Programação e Instalação.** São Paulo: LTC, 2010.



QUEIROZ, M. D. **Estudo de Caso da Implantação do Pilar de Controle da Qualidade da Metodologia WCM**. 2016. 61 f. Monografia de Conclusão de Curso (Graduação) – Engenharia Industrial Mecânica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba. Paraná. Brasil.

SCOTELANO, L.S. **Aplicação da filosofia Kaizen e uma investigação sobre a difusão em uma empresa automobilística**. Curitiba, 2007.

SIEMENS. **Novidades do TIA Portal**, 2020. Disponível em: [new.siemens.com/br/pt](http://new.siemens.com/br/pt). Acesso em : 25 de Julho de 2020.

SILVA, R. F. A. **Projeto e desenvolvimento de um sistema de medição sem contato aplicado ao processo de torneamento**. João Pessoa, Paraíba, 2011.

SILVA, M. E. – **Controladores Lógicos Programáveis**, Piracicaba, 2007

SIMÕES, A.L.P. **Processo de Melhoria Contínua: Estudo de caso em Célula de Montagem de Chave de Velocidade**, Fortaleza, 2006.

THOMAZINI, D; BRAGA, P. U. D. A. **Acionamentos industriais: Fundamentos e Aplicações**. 4. ed. Érica, 2010.

WEISS, A. E. **Key business solutions: essential problem-solving tools and techniques that every manager needs to know**. Grã-Bretanha: Pearson Education Limited, 2011.

WERKEMA, M. C. C., **As Ferramentas da Qualidade no Gerenciamento de Processos**. 1. Ed. Belo Horizonte: UFMG, 1995.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. **A mentalidade enxuta nas empresas: elimine o desperdício e crie riqueza**. 4ª Edição. Rio de Janeiro, 1998.

WONG, K. C.; WOO, K. Z.; WOO, K. H. Ishikawa Diagram. In. O'DONOHUE, W.; MARAGAKIS, A. (eds). **Quality Improvement in Behavioral Health**. Springer, p. 119, 2016.