

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO DE JOINVILLE
ENGENHARIA AUTOMOTIVA

Gustavo Zapelini Hackbarth

APLICAÇÃO DO MÉTODO 8D NO TRATAMENTO DE NÃO CONFORMIDADES

Joinville-SC
2022

Gustavo Zapelini Hackbarth

APLICAÇÃO DO MÉTODO 8D NO TRATAMENTO DE NÃO CONFORMIDADES

Trabalho Conclusão do Curso de Graduação em Engenharia Automotiva do Centro Tecnológico de Joinville da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Automotiva.

Orientadora: Prof., Dra. Sueli Fischer Beckert

Joinville-SC

2022

Gustavo Zapelini Hackbarth

APLICAÇÃO DO MÉTODO 8D NO TRATAMENTO DE NÃO CONFORMIDADES

Este Trabalho Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Automotiva na Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico de Joinville.

Joinville, 28 de julho de 2022.

Prof. Dr. Cristiano Vasconcellos Ferreira
Coordenador do Curso de Engenharia Automotiva

Banca Examinadora:

Prof.^a Dra. Suelí Fischer Beckert
Orientadora
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof.^a, Dra. Janaína Renata Garcia
Avaliadora
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Dr. Maurício de Campos Porath
Avaliador
Universidade Federal de Santa Catarina

AGRADECIMENTOS

Primeiramente aos meus pais, que sempre me apoiaram nessa jornada onde sem dúvidas não seria possível concluir essa etapa de minha vida sem o apoio e motivação em todos os momentos.

Também deixo registrado um agradecimento especial para a Prof.^a Sueli Fischer Beckert, onde por meio de sua excelente capacidade de passar conhecimento, me inspirou a buscar conhecimento e atuar na área da qualidade industrial. Gostaria de agradecer também por toda a orientação e paciência prestada durante a elaboração deste trabalho.

Que fique registrado o agradecimento a todos os professores e servidores do Centro de Tecnologia de Joinville, que por meio de seu excelente trabalho proporcionam a melhor experiência acadêmica que os jovens sonhadores podem ter quando iniciam sua busca por uma profissionalização.

Por fim gostaria de agradecer a todos os amigos feitos nesse tempo de faculdade, sem dúvidas os momentos proporcionados nessa caminhada serão lembrados para sempre com muito carinho.

"Aprendizagem não é obrigatória; É voluntário. A melhoria não é obrigatória; É voluntário. Mas para sobreviver, devemos aprender." (W. Edwards Deming)

RESUMO

A tratativa de não conformidades sempre foi e continua sendo uma dificuldade nas organizações. Empresas que possuem seu sistema de gestão certificado nos requisitos da ISO 9001 necessitam que esta tratativa seja feita de forma sistemática, normalmente oriunda do ciclo PDCA. Nesse trabalho são abordadas as principais metodologias utilizadas pelas organizações nos dias de hoje, com direcionamento para o método das 8 disciplinas (8D). O trabalho foi conduzido em forma de estudo de caso, sendo o estudo aplicado em uma empresa do ramo metalmeccânico com certificação do seu sistema de gestão com base ISO 9001. Como problema recorrente no fornecimento de peças com diâmetro interno fora das especificações, foi aplicado o método 8D, e através de diferentes ferramentas da qualidade e estudos estatísticos, foram identificadas diferentes causas raiz e propostas melhorias para o processo de fabricação do item abordado.

Palavras-chave: PDCA. ISO 9001. 8D.

ABSTRACT

Dealing with non-conformities has always been and continues to be a difficulty in organizations. Companies that have their management system certified in the requirements of ISO 9001 need that this treatment is done in a systematic way, normally originating from the PDCA cycle. In this work, the main methodologies used by organizations today are addressed, with a focus on the method of the 8 disciplines (8D). The work was conducted in the form of a case study, and the study was applied in a company in the metal-mechanic sector with ISO 9001 certification of its management system. As a recurring problem in the supply of parts with an internal diameter outside the specifications, the 8D method was applied, and through different quality tools and statistical studies, different root causes were identified and improvements were proposed for the manufacturing process of the item addressed.

Keywords: PDCA. ISO 9001. 8D.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Ciclo PDCA	23
Figura 2 - Representação gráfica entre o ciclo PDCA e seção 10.2 ISO 9001:2015 .	24
Figura 3 - Relação entre as etapas do MASP com o ciclo PDCA.....	26
Figura 4 - Descrição da metodologia DMAIC	28
Figura 5 - Exemplo de relatório A3.....	29
Figura 6 - Fluxograma da metodologia 8D	31
Figura 7 - Exemplo gráfico de Pareto	34
Figura 8 - Fluxograma de processo	35
Figura 9 - Diagrama Causa e efeito.....	36
Figura 10- Gráfico de controle	37
Figura 11 – Exemplo de Histograma.....	38
Figura 12 - Modelo de distribuição normal.....	39
Figura 13 - Recomendações para índices de capacidade	40
Figura 14 - Áreas de controle de medição.....	42
Figura 15 - Representação da tendência do sistema de medição	43
Figura 16 - Variação da tendência ao passar de tempo	44
Figura 17 - Representação gráfica da linearidade	45
Figura 18 - Diferentes padrões de linearidade.....	45
Figura 19 - Gráfico de Pareto para estratificação das falhas dimensionais.....	48
Figura 20 - Bucha acopladora em estágio de pré-acabamento	49
Figura 21 - Bucha acopladora concluída.....	49
Figura 22 - Fluxograma do processo de fabricação	52
Figura 23 - Diagrama de causa e efeito.....	53
Figura 24 - 5 Porquês	57
Figura 25 - Plano de ação para investigar a causa raiz.....	55
Figura 26 - Histograma do processo.....	56
Figura 27 - Carta de controle de processo	57
Figura 28 – Gráfico de controle de processo do 1º turno	57
Figura 29 - Gráfico de controle de processo 2º turno.....	58
Figura 30 - Relatório de Linearidade do sistema de medição	61
Figura 31 - Peças utilizadas no estudo de R&R	62

Figura 32 – Regulagem do comparador de diâmetros internos com o micrômetro ...	65
Figura 33 -Plano de ação 5W1H	66
Figura 34 - Relatório de Capacidade de processo – 1º Turno	67
Figura 35 - Relatório de Capacidade – 2º turno	68

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – RNC's Recebidas no ano de 2021	46
Tabela 2 – Índices de capacidade	57
Tabela 3 – Medição em máquina vs medição em laboratório	58
Tabela 4 – Resultado R&R para o instrumento centesimal.....	61
Tabela 5 – Resultado R&R para o instrumento milesimal	62

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

AIAG – Automotive Industry Action Group

Cp/Cpk – Índices de capacidade do processo

IATF – International Automotive Task Force

LIC – Limite inferior de controle

LSC – Limite superior de controle

LIE – Limite inferior de especificação

LSE – Limite superior de especificação

NC – Não conformidade

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	OBJETIVOS	15
1.1.1	Objetivo Geral.....	15
1.1.2	Objetivos Específicos	16
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	17
2.1	QUALIDADE.....	18
2.2	ABNT NBR ISO 9001:2015.....	18
2.3	MELHORIA CONTÍNUA	20
2.4	CICLO PDCA.....	22
2.5	MÉTODOS APLICAVEIS PARA A SOLUÇÃO DE PROBLEMAS	25
2.5.1	MASP	25
2.5.2	DMAIC e Seis Sigma	27
2.5.3	Relatório A3	29
2.5.4	Método das 8 Disciplinas.....	30
2.6	FERRAMENTAS DA QUALIDADE.....	33
2.6.1	Estratificação.....	33
2.6.2	Diagrama de Pareto	34
2.6.3	Fluxograma do processo.....	35
2.6.4	Diagrama de causa e efeito.....	36
2.6.5	Gráfico de controle	37
2.6.6	Histograma	38
2.6.7	Índices de capacidade	38
2.6.8	Os 5 porquês.....	40
2.6.9	5W1H	41
2.6.10	MSA	41

2.6.10.1	<i>R&R</i>	43
2.6.10.2	<i>Tendência</i>	43
2.6.10.3	<i>Estabilidade</i>	44
2.6.10.4	<i>Linearidade</i>	44
3	METODOLOGIA	46
3.1	ESTUDO DE CASO	46
3.1.1	D1 – Definição da equipe	50
3.1.2	D2 - Definição do problema	50
3.1.3	D3 - Ações de contenção	50
3.1.4	D4 – Análise da causa raiz	51
3.1.4.1	<i>Fluxograma do processo</i>	51
3.1.4.2	<i>Diagrama de causa e efeito</i>	51
3.1.4.3	<i>5 porquês</i>	53
3.1.4.4	<i>5W1H</i>	53
3.1.4.5	<i>Controle estatístico do processo</i>	53
3.1.4.6	<i>Análise do sistema de medição</i>	59
3.1.4.7	<i>Tendência e linearidade do instrumento</i>	60
3.1.4.8	<i>R&R</i>	61
3.1.5	D5 – Identificação de ações corretivas	63
3.1.6	D6 – Comprovação da eficácia das ações	67
3.1.7	D7 – Ações preventivas	69
3.1.8	D8 – Reconhecimento	69
3.1.9	Resultados obtidos	69
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS	70
	REFERÊNCIAS	72

1 INTRODUÇÃO

A modernização e a globalização da indústria têm gerado o aumento da concorrência, e conseqüentemente o aumento da pressão sobre as empresas para que melhorem seu sistema de qualidade e assim mantenham-se competitivas no mercado. É comum os clientes exigirem que seus fornecedores tenham seu sistema de gestão da qualidade certificado com base nos requisitos da ISO 9001 (MAEKAWA; CARVALHO; OLIVEIRA, 2013). Em se tratando do fornecimento junto a cadeia automotivo, somam-se as exigências para certificação do sistema da qualidade de acordo com a IATF 16949 (SILVA; GALDAMEZ, 2018).

Em 1946, após o fim da Segunda Guerra Mundial e com a necessidade de reestruturar a indústria mundial, foi criada a ISO (International Organization for Standardization), tendo como objetivo a unificação de padrões industriais, permitindo um avanço na qualidade e comercio entre organizações (SELEME, R; STADLER, H, 2012). Segundo Carponetti (2010), a ISO 9001 é destinada às empresas interessadas em implementar um sistema de gestão da qualidade conforme os requisitos nela estabelecidos, seja por exigência dos clientes ou por interesse próprio, na busca de eficiência e eficácia no atendimento aos requisitos do cliente.

Ainda segundo Seleme (2012) o desejo de qualquer organização é a sobrevivência, e a única forma de garantir esse objetivo é buscar imprimir nela os atributos da qualidade, sendo estes: moral, segurança, qualidade intrínseca, entrega e custo. A empresa que não se adequar a esses atributos deve perder espaço no mercado. Como dito por Farias (2017), quando existe o aumento da concorrência, também é aumentada a busca por diferenciais competitivos e o quesito qualidade deixa de ser um diferencial e passa a ser um requisito mínimo para a manutenção da organização no mercado.

Para Deming (2003), a qualidade é fruto da satisfação do cliente, ou seja, é o cliente quem define o padrão de qualidade a ser entregue, e cabe ao fornecedor do produto ou serviço se adequar e se capacitar para atender aos requisitos do cliente. Em consequência da competitividade de abrangência mundial, os desafios impostos às organizações têm aumentado, e as exigências feitas pelos clientes acabam se tornando mais rigorosas. Por isso se faz necessário o uso de indicadores e ferramentas da qualidade, com olhar para dentro da organização e seus processos, e assim poder agir de forma estratégica e com eficácia na busca da melhoria contínua.

A melhoria contínua vem sendo apontada por diversos estudos como uma peça fundamental para a competitividade de uma empresa em cenários dinâmicos. Não basta apenas inovações para manter a competitividade ao longo do tempo, uma vez que é fundamental a atividade de melhoria contínua para combater a tendência natural de degradação do sistema (YEN-TSANG; CSILLAG; CATTINI JUNIOR, 2012).

O ponto de virada que fez as organizações prestarem atenção na melhoria contínua foi a ascensão das empresas japonesas no período pós-guerra, onde guiadas pela ideologia *Kaizen*, que por meio de metodologias como *Total Quality Management* e *Lean Manufacturing*, permitiram as empresas a desenvolver seu sistema de qualidade e redução de desperdícios. (FRAGA, 2020).

A partir da revisão ISO 9001:2000, a prática da melhoria contínua é determinada como um requisito obrigatório dentro da organização, verificada através da evolução de indicadores do sistema e de processos em relação a metas estabelecidas. Além disso, a partir dessa revisão a norma exige o ciclo fechado de informação para a tratativa de não conformidades, devendo ser identificada a causa raiz da não conformidade e determinadas as ações corretivas para evitar sua repetição. (PALADINI *et al.*, 2012).

A Não Conformidade (NC) refere-se a tudo que não atende requisitos esperados pelo cliente, podendo ser um produto defeituoso, um atraso na entrega ou um serviço prestado de forma errada (CARVALHO, 2012). Rossato et al. (2016) afirma que para obter a conformidade é necessário ter o senso de autodisciplina com o desenvolvimento do hábito de observar e seguir normas, regras, procedimentos, atender especificações, sejam escritas ou informais.

Durante décadas foram desenvolvidas diversas ferramentas para a solução de problemas, e dentre elas o Ciclo PDCA é o método gerencial mais utilizado (Neves, 2007) Desenvolvido por Shewart na década de 30 e popularizado por Deming na década de 50, quando após o fim da Segunda Guerra Mundial foi designado pelos Aliados a ser consultor das empresas japonesas no processo de reestruturação pós-guerra, foi então apresentado o Ciclo de Shewart em todos os seminários sobre controle de qualidade para administradores e engenheiros no País (ROCHA, 2019). O ciclo PDCA tem sua abreviação do inglês Plan-Do-Check-Act, e tem como objetivo a melhoria contínua de produtos e processos de qualquer natureza, por meio de análise do problema, identificação da causa raiz, ação corretiva, monitoramento e padronização. (FONSECA, 2006).

A partir do PDCA, podem ser verificadas diferentes metodologias que foram desenvolvidas para solução de não conformidades, como: PDSA, MASP, A3, DMAIC, 8D entre outras. O objetivo em comum entre essas metodologias é identificar e resolver problemas no menor espaço de tempo com menor custo possível (NAGANATHAN, 2013).

No artigo “*Análise dos mecanismos de apoio e técnicas para as atividades de melhoria contínua: Survey em empresas industriais brasileiras*” (OPRIME, 2008), o autor conclui que o principal motivo que leva uma empresa a implementar metodologias de melhoria contínua é a redução de custos, e efetivamente o maior impacto observado foi a melhoria na conformidade dos produtos. No estudo de caso feito por Soligo e Nunes (2021), foi utilizada a metodologia 8D para resolução de não conformidades no ramo automotivo, onde foi possível reduzir em 96% a ocorrência da formação de trincas nas estrias de eixos automotivos. Em paralelo em 2020, Vasconcelos descreveu em seu artigo as etapas de adequação de uma empresa do ramo automotivo para obtenção da certificação na norma ISO 9001: 2015, e a autora identificou a necessidade da utilização da ferramenta 8D como tratativa de não conformidades para o cumprimento dos requisitos e obtenção da norma.

Esse trabalho também foi baseado na ferramenta 8D na solução de não conformidades, onde o uso da ferramenta tem sido uma exigência do maior cliente da organização, o trabalho foi conduzido em forma de estudo de caso, onde foi analisado o problema de não conformidades em um diâmetro interno torneado.

1.1 OBJETIVOS

Nas seções abaixo estão descritos o objetivo geral e os objetivos específicos deste trabalho de conclusão de curso.

1.1.1 Objetivo Geral

Este trabalho tem como objetivo geral: aplicar Método 8D na resolução de não conformidades detectadas em uma empresa do ramo metalmeccânico, através da condução de um estudo de caso.

1.1.2 Objetivos Específicos

Como objetivos específicos, estão relacionados ao trabalho:

- Pesquisar diferentes métodos de solução de problemas;
- Comparar os métodos de solução de problemas e verificar sua aderência ao ciclo PDCA;
- Relacionar às diferentes fases do método 8D algumas ferramentas da qualidade a serem aplicadas;
- Conduzir um estudo de caso em uma empresa do ramo metalmeccânico, aplicando o método 8D.

Na sequência são apresentados os fundamentos bibliográficos necessários para aplicação em um estudo de caso, oriundo de um trabalho não conforme que ocorre de forma recorrente em uma indústria do segmento metalmeccânico.

Ao final, são feitas as considerações sobre a relevância da adoção de uma metodologia baseada no ciclo PDCA para que as ações corretivas propostas possam efetivamente ser verificadas e efetivadas.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Em decorrência da otimização dos sistemas produtivos, com a busca continuada em maximizar a produção, também aumentaram os problemas de qualidade de produto, incorporando assim a atividade de inspeção. Para Paladini (1994), essa nova etapa no processo de fabricação trouxe consigo novos problemas e desafios, primeiramente porque essa nova etapa adiciona um custo ao processo de fabricação, sendo de mão de obra ou de tempo; não existia um aumento na qualidade do produto uma vez que a inspeção servia apenas como um filtro, não havendo nenhum tipo de ação de melhoria sobre as peças consideradas “boas”.

Foi apenas no século XX que esse paradigma começou a ser quebrado, quando em 1924 a Western Electric criou o Departamento de Engenharia e Inspeção. Faziam parte deste grupo, Walter Andrew Shewhart (1891-1967), William Edwards Deming (1900-1993) e Joseph Moses Juran (1904-2008), que ficaram conhecidos posteriormente como “Gurus da Qualidade” (RAMOS et al., 2013). Por meio de novas ferramentas propostas por estes autores, a ideia de inspeção final como controle de qualidade começou a ser substituída por formas de inspeção constante, que ao invés de apenas aprovar ou rejeitar peças, seria feito também um acompanhamento do processo, identificando mudanças no processo, e assim introduzindo o conceito de variabilidade do processo. Outra grande contribuição deste grupo foi a introdução de métodos estatísticos para o controle da qualidade e processo, permitindo controles de inspeção de forma amostral e o surgimento do Controle Estatístico de Processo – CEP (ROCHA, 2017).

Outro grande marco na história da qualidade industrial, foi quando após o fim da Segunda Guerra Mundial, as forças aliadas, com o objetivo de reerguer a indústria japonesa, formaram um grupo de pesquisadores para melhorar a qualidade dos produtos japoneses, até então conhecidos como de qualidade inferior (ROSÁRIO, 2019). Nesse grupo fez parte o engenheiro Kaoru Ishikawa (1915-1989) o qual é conhecido por massificar o uso de ferramentas qualidade, educando todos que fizessem parte do sistema de produção das empresas japonesas, por meio de técnicas estatísticas, também conhecidas como as sete ferramentas da qualidade (ROCHA, 2017). Segundo Paladini *et al.* (2012), outro grande influenciador na cultura da qualidade industrial japonesa foi W. Edwards Deming, que em seu

período de consultoria no Japão, além de métodos estatísticos também disseminou aspectos relacionados aos trabalhadores e da alta gerência para a boa Gestão da Qualidade.

A partir de então, o controle de qualidade passa a ser reconhecido como uma ferramenta de gestão, e não mais como uma atividade técnica, surgindo o modelo de controle da qualidade total ou TQC (*Total Quality Control*), onde por meio do uso de ferramentas estatísticas introduzidas por Ishikawa, também são amplamente utilizadas ferramentas como o ciclo PDCA, FMEA, QFD entre outras, que permitem identificar a não conformidade assim que ela ocorra, possibilitando uma ação imediata e eficaz (ANDRADE, 2018).

O que se evidencia é uma evolução do conceito da qualidade, que não se limita a segregar produtos não conformes, mas aprimorar os processos e os sistemas de gestão para que a produção entregue o produto dentro da especificação.

2.1 QUALIDADE

Os conceitos de qualidade foram gradualmente alterados a partir da realização de padrões de qualidade, da satisfação das necessidades dos clientes e as expectativas para satisfação do cliente. Ou seja, o significado de qualidade foi gradualmente alterado para uma perspectiva de “foco no cliente” (YANG, 2017). Esta visão é ratificada pelo própria ISO 9000: 2015, ao afirmar que uma organização focada em qualidade promove uma cultura que resulta em comportamentos, atitudes, atividades e processos que agregam valor através da satisfação das necessidades e expectativas dos clientes.

Por definição dada pela ISO 9000: 2015, qualidade é o “grau em que um conjunto de características inerentes a um objeto satisfaz requisitos”. São exemplos de objeto: produto, serviço, processo e sistema.

E a adoção de um sistema de gestão da qualidade pode ajudar a melhorar seu desempenho e assegurar o atendimento das necessidades e expectativas dos seus clientes, de forma a prover uma base sólida para um desenvolvimento sustentável. (ISO 9001: 2015)

2.2 ABNT NBR ISO 9001:2015

A ISO 9001 é a norma técnica da família de normas da ISO 9000, utilizada para a certificação de sistemas de gestão da qualidade das organizações ou mesmo um guia

para a avaliação do Sistema de Gestão da Qualidade implementado. Dentre os objetivos esperados com a implementação da norma na organização estão: Aumento da satisfação do cliente, melhora no desempenho operacional, análise e gerenciamento de riscos eficaz, redução de desperdício e retrabalho e economia de recursos financeiros (SILVEIRA, 2013).

A Norma ISO 9001: 2015 é baseada em sete princípios de gestão da qualidade, os quais estão definidos:

- a) Foco no cliente: O foco principal da gestão da qualidade é atender às necessidades dos clientes e empenhar-se em exceder as expectativas dos clientes;
- b) Liderança: Líderes em todos os níveis estabelecem uma unidade de propósito e direcionamento e criam condições para que as pessoas estejam engajadas para alcançar os objetivos da qualidade da organização;
- c) Engajamento das pessoas: Pessoas competentes, com poder e engajadas, em todos os níveis na organização, são essenciais para aumentar a capacidade da organização em criar e entregar valor;
- d) Abordagem de processo: Resultados consistentes e previsíveis são alcançados de forma mais eficaz e eficiente quando as atividades são compreendidas e gerenciadas como processos inter-relacionados que funcionam como um sistema coerente;
- e) Melhoria: A melhoria é essencial para uma organização manter os atuais níveis de desempenho, reagir às mudanças em suas condições internas e externas e criar novas oportunidades;
- f) Tomada de decisão baseada em evidências: A tomada de decisão pode ser um processo complexo e sempre envolve alguma incerteza. Ela envolve, frequentemente, vários tipos e fontes de entradas, bem como a sua interpretação, que pode ser subjetiva. É importante compreender as relações de causa e efeito e possíveis consequências não intencionais. A análise de fatos, de evidências e de dados leva a uma maior objetividade e confiança na tomada de decisões;
- g) Gestão de relacionamento: Partes interessadas pertinentes influenciam o desempenho de uma organização. O sucesso sustentado é mais provável de ser alcançado quando a organização gerencia relacionamentos com todas as suas partes interessadas para otimizar o impacto sobre o seu desempenho. A gestão

de relacionamentos com suas redes de provedores e parceiros é de particular importância.

Quando a organização possui um comprometimento com o sistema de gestão da qualidade, ela tem por afimco trabalhar todos os pilares da qualidade, e esse por sua vez tem por objetivo contemplar todas as áreas da organização para que todas se comuniquem entre si e tenham o consenso comum de buscar os resultados esperados pela organização e pelas partes interessadas. A busca é pela implementação de ações que direcionem e demonstrem que a organização está perseverando pela busca da melhoria contínua e do atendimento aos requisitos das partes interessadas. Essa ação é reconhecida através dos controles operacionais e estratégicos estabelecidos, sendo criados indicadores e ações de acompanhamento para controlar o desempenho da organização.

Segundo a ISO 9001:2015 é necessário que a alta direção demonstre comprometimento com o sistema de gestão da qualidade, responsabilizando-se em prestar contas da eficácia do sistema de gestão da qualidade, assegurando recursos e delegando funções e lideranças que estejam comprometidas em garantir que os processos as saídas pretendidas atendam aos requisitos da Norma. Assim organização deve buscar oportunidades de melhoria e implementar ações necessárias para atender aos requisitos do cliente, seja pela correção de problemas, prevenção ou redução dos efeitos indesejados, assim melhorando o seu desempenho e eficácia do sistema de gestão da qualidade.

É importante que a tomada de decisões feita pela organização seja baseada em evidências, podendo ser por meio de metodologias comprovadas como por exemplo o Ciclo PDCA, ou técnicas estatísticas as quais permitem a melhor utilização de dados disponíveis para auxiliar na tomada de decisões.

2.3 MELHORIA CONTÍNUA

Apesar de não ter sido inventado no Japão, o conceito de melhoria contínua ganhou notoriedade pelo sucesso das empresas japonesas, com a filosofia “*Kaizen*”, onde a palavra em japonês significa “mudança para melhor”, o principal expositor dessa filosofia foi a Toyota, aplicando o conceito em conjunto de sua filosofia Lean de produção (RODRIGUES, 2016).

Em muitas organizações são identificadas atividades que segundo Gonzales (2007), visam o reestabelecimento do desempenho a um estado anterior, caracterizadas por um controle de processo em nível reativo. Ainda segundo Gonzalez, as atividades de melhoria não se limitam a apenas controle de processo; segundo o autor essas são ações que visam a criação organizada de mudanças benéficas.

Segundo João (2005), uma solução adotada por várias empresas para garantir a melhoria contínua em sua gestão de processos é a implantação de um sistema de gestão da qualidade baseado nos requisitos da ISO 9001.

A ISO 9001 em seu modelo de sistema de gestão da qualidade tem como uma de suas metas a melhoria contínua do sistema de produção. Segundo Costa (2014), para a implementação eficaz de um sistema de qualidade, a política e objetivos devem não somente estar definidos, como também disseminados e incorporados na organização, uma vez que são base para estimular a melhoria contínua de seus processos e produtos.

Segundo a seção 10.1 da ABNT ISO 9001: 2015, “a organização deve determinar e selecionar oportunidades de melhoria para implementar quaisquer ações necessárias para atender a requisitos do cliente e aumentar a satisfação do cliente”. Ainda segundo a Norma, ações de melhoria que devem ser tomadas incluem, a melhoria de produtos e serviços para atender aos requisitos do cliente, como também visar futuras necessidades e expectativas. Outras ações que a norma exige, são a correção e prevenção de efeitos indesejados no processo, além da melhoria do desempenho e eficácia do sistema de gestão da qualidade.

É importante deixar claro que correção e ação corretiva são termos com significado diferente, onde ação corretiva tem como seu objetivo eliminar a causa de uma não conformidade, então impedindo que ela ocorra novamente. Por outro lado, a correção refere-se a uma ação tomada para eliminar a não conformidade, podendo ser um retrabalho do produto (COSTA, 2014).

A não conformidade refere-se a todas as características do produto ou serviço que não atendem aos requisitos do cliente. A ISO 9001:2015 em sua seção 8.7 que trata de “controle de saídas não conformes” faz a exigência de como a organização deve lidar com a ocorrência de não conformidades. Entre essas exigências estão a tomada de ações de correção, segregação, contenção para que a organização previna o uso ou entrega de produtos não conformes ao cliente. Já na seção 10.2 a abordagem é sobre o tratamento de não conformidades. A Norma exige a tomada de uma ou mais ações corretivas para prevenir

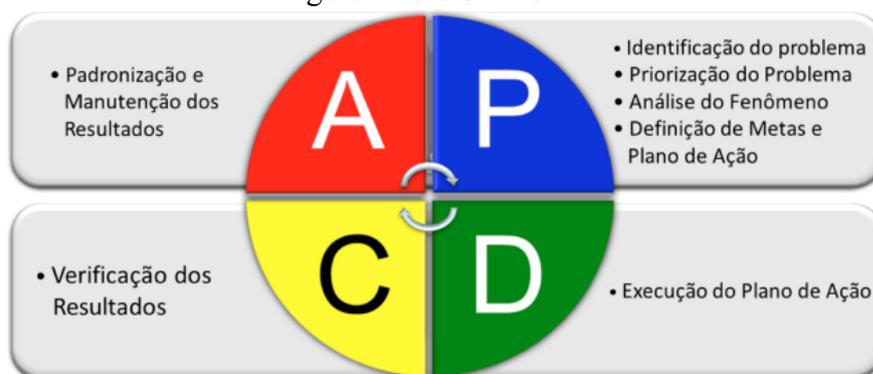
evitar a recorrência da não conformidade. Segundo Fernandes (2016), essa seção trata a ação corretiva sobre a não conformidade como um processo de melhoria contínua. A ISO 9001: 2015 descreve que a gestão dos processos e do sistema como um todo pode ser conseguida usando o Ciclo PDCA, o que inclui o tratamento de não conformidades.

2.4 CICLO PDCA

O Ciclo PDCA também chamado de Ciclo de Shewhart ou Ciclo de Deming, é uma metodologia que tem como função identificar, analisar e solucionar problemas organizacionais (SANTOS FILHO, 2021). A metodologia vem sendo desenvolvida e aprimorada desde a década de 1930 quando Walter Andrew Shewhart publicou o trabalho *Statistical Method from the Viewpoint of Quality Control*, onde ele propôs um modelo de produção visto como um sistema cíclico. Shewhart propôs o sistema com três passos “Planejar-Executar-Observar” que devem fazer um círculo, uma vez que eles constituem em suas palavras “um processo científico dinâmico de aquisição de conhecimento” (apud TORRES *et al*, 2017, p. 24). Porém esse sistema veio a ser consagrado apenas na década de 1950, quando Edwards Deming, após o fim da Segunda Guerra Mundial, levou e aprimorou a metodologia no Japão, acrescentando uma nova etapa “Act” (RODRIGUES, 2017). Ainda de acordo com a ISO 9001: 2015, “o ciclo PDCA habilita uma organização a assegurar que seus processos tenham recursos suficientes e sejam gerenciados adequadamente, e que as oportunidades para melhoria sejam identificadas e as ações sejam tomadas”.

O ciclo é representado por 4 etapas Plan-Do-Check-Act, onde cada etapa deve ser concluída em sequência para a solução do problema. A representação gráfica do ciclo pode ser verificada na Figura 1.

Figura 1- Ciclo PDCA



Fonte: SILVA, 2017

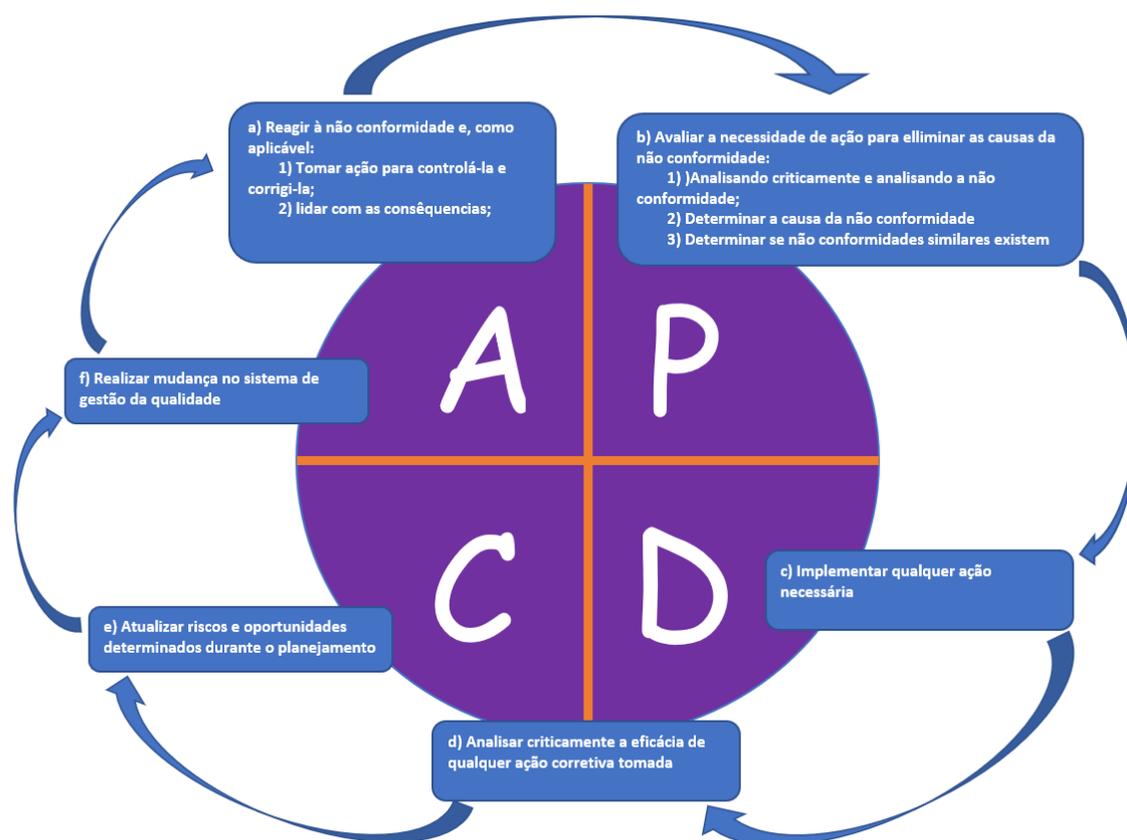
As quatro etapas do ciclo PDCA podem ser descritas como:

- Planejamento (Plan):** Nessa etapa são traçadas metas e objetivos, com base nas diretrizes da empresa ou do requerente do projeto. Além disso deve ser estabelecido o que será analisado, custos, métodos utilizados e quem será o responsável por cada ação;
- Executar (Do):** Durante essa etapa é feita a execução das ações planejadas do passo anterior, como também a obtenção de recursos e medidas de controle. Em outras palavras é executado todo o possível do que foi planejado, além de ser feita a coleta de dados para a verificação do processo;
- Checar (Check):** Neste passo é feita a verificação das medidas tomadas, checando se a ação está sendo feito como o planejado e observando se essas medidas estão proporcionando o efeito desejado no planejamento;
- Atuar (Act):** A etapa “Act” é onde medidas de padronização e correção devem ser tomadas com base nos resultados observados nas etapas anteriores. Caso o processo não obtenha os resultados esperados, devem ser tomadas ações para a correção e melhoria do projeto. Em contrapartida caso as ações tomadas obtenham resultados dentro do planejado, ações de padronização e documentação devem ser tomadas, para que a melhoria proposta seja institucionalizada e transformada em padrão (SILVA, 2017).

Apesar do Ciclo PDCA ser relativamente antigo, ainda hoje é utilizado como base de metodologias de soluções de problemas e melhorias nos sistemas de gestão da qualidade. Por exemplo, a ISO 9001: 2015 na seção 10.2, descreve como requisito a tratativa

de não conformidades, com etapas que se relacionam com as descritas no ciclo PDCA. Segundo a ISO 9001:2015, ao ocorrer uma não conformidade, a organização tem uma série de requisitos a serem cumpridos. A relação entre esses requisitos da Norma e o Ciclo PDCA é representado graficamente na Figura 2.

Figura 2 - Representação gráfica entre o ciclo PDCA e seção 10.2 ISO 9001:2015



Fonte: Autor (2022)

Uma característica que destaca o Ciclo PDCA é a sua versatilidade, por se tratar de uma metodologia para soluções de problema e não apenas uma ferramenta industrial. Ele pode ser aplicado em qualquer ramo que exista um problema e a necessidade lidar com este. Por exemplo Silva (2017) utilizou o método para estudar os problemas enfrentados durante o carregamento de minério em navios de carga. Já Souza (2016) utilizou o método para reduzir desperdícios e melhorar a qualidade dos produtos fornecidos em uma empresa do ramo gráfico. Também Longaray *et al.* (2017) utilizaram o Ciclo PDCA para solucionar o problema de baixa produtividade em um sistema de confinamento bovino.

2.5 MÉTODOS APLICÁVEIS PARA A SOLUÇÃO DE PROBLEMAS

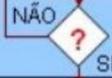
Por conta de sua grande abrangência e utilização em diversos ramos, o Ciclo PDCA vem sendo desenvolvido e personalizado durante anos, dando origem a diversas variantes, que possuem diferentes características, e vantagens que devem ser utilizadas dependendo do tipo de problema e o ramo de atuação. Hoje o ciclo PDCA serve como base das principais metodologias de soluções de não conformidades e melhoria contínua em organizações, como por exemplo, A3, DMAIC, MASP, 8D entre outras.

Nessa seção serão apresentados algumas das metodologias mais utilizadas para solução de não conformidades em organizações.

2.5.1 MASP

A metodologia MASP (Método de análise de solução de problemas) é um método de solução de problemas, baseado na estratificação do Ciclo PDCA, onde é dividido em 8 grandes etapas: Identificação do problema, observação, análise, plano de ação, ação, verificação, padronização, conclusão (BRAGA, 2019). Cada uma dessas etapas é relacionada com uma etapa do Ciclo PDCA, como pode ser observar na Figura 3.

Figura 3 - Relação entre as etapas do MASP com o ciclo PDCA

PDCA	FLUXOGRAMA	FASE	OBJETIVO
P	1	Identificação do problema	Definir claramente o problema e reconhecer a sua importância.
	2	Observação	Investigar as características específicas do problema com uma visão ampla e sob vários pontos de vista.
	3	Análise	Descobrir as causas fundamentais.
	4	Plano de ação	Conceber um plano para bloquear as causas fundamentais.
D	5	Ação	Bloquear as causas fundamentais.
C	6	Verificação	Verificar se o bloqueio foi efetivo.
		O bloqueio foi efetivo?	
A	7	Padronização	Prevenir contra o reaparecimento do problema.
	8	Conclusão	Recaptular todo o processo de solução do problema para trabalho futuro.

Fonte: Campos (1992)

Essa melhor separação entre as etapas do ciclo permite uma melhor escolha e aplicação de ferramenta para cada etapa do processo. Segundo Silva (2014) a principal diferença entre o Ciclo PDCA e o MASP é que o primeiro visa solucionar problemas por meio da análise de causa e efeito, já o segundo é um modelo sistemático que procura resolver situações indesejadas, conseqüentes de desvios do padrão, assim proporcionando diversas frentes de ação.

A metodologia vem sendo amplamente utilizada no setor industrial. Kovaleski (2011) utilizou a ferramenta para reduzir desperdícios em uma empresa do ramo madeireiro. Rodrigues (2016) conseguiu com auxílio da ferramenta reduzir em 21% o uso de matéria prima para a fabricação de pás eólicas, apresentando uma grande redução de custos para a empresa. Já Araújo (2017) aplicou a ferramenta para desenvolver uma solução que ajudasse uma empresa do ramo de distribuição de bebidas, melhorar a condição de vida de seus trabalhadores através da gestão do controle de jornada de trabalho.

2.5.2 DMAIC e Seis Sigma

Segundo Duarte (2016), o Seis Sigma é um programa de melhoria que foi criado pela Motorola da década de 80, quando a empresa observou que seus clientes não estavam satisfeitos com a qualidade de seus produtos e por consequência estavam migrando para a concorrência. Por esse motivo a empresa lançou o programa de melhoria de qualidade chamado “*Six Sigma Quality Program*”, onde um ano depois foi premiada com a “*Malcolm Baldrige National Quality Award*” o que proporcionou o reconhecimento da ferramenta e por consequência, a sua replicação em outras organizações (TESTONI, 2021).

O fundamento do programa Seis Sigma vem da representação estatística de variabilidade do processo, onde o sigma (σ) é a letra grega utilizada para representar o desvio padrão de um processo. Segundo Tresoldi (2019) o intuito do programa Seis Sigma é promover a melhoria na qualidade dos produtos, através do estudo da variabilidade do processo, com o objetivo de reduzir ou eliminar falhas no processo de fabricação. Por isso o programa é baseado no uso de indicadores de desempenho de processos e ferramentas de monitoramento.

Segundo Holanda (2013), o programa utiliza como base diversos métodos de resolução de problemas, porém na atualidade o mais utilizado é o DMAIC, o qual é composto por cinco etapas que possibilitam uma adequada organização da implantação, desenvolvimento e conclusão do projeto. As cinco etapas do DMAIC estão representadas na Figura 4.

Figura 4 - Descrição da metodologia DMAIC

Etapa	Ação	Objetivos	Ferramentas
Define (Definir)	Descrever o problema e avaliar seu impacto sobre os clientes, estratégia e resultados financeiros da empresa; Selecionar projetos que serão utilizados na busca de solução dos problemas; Definir as metas que devem ser alcançadas.	Definir o escopo do projeto: importância, equipe, cronograma...	Termo de Abertura (<i>Project Charter</i>); Gráficos de Controle; Análise de séries temporais; VOC (Voz do Cliente); Análises econômicas.
Measure (Medir)	Definir quais as características do projeto que deverão ser monitoradas, de que forma os dados serão obtidos e registrados e quais as especificações do projeto.	Determinar o foco do problema, verificar a confiabilidade dos dados e coletar dados.	Coleta de Dados; Estratificação; Amostragem; Folha de verificação; Diagrama de Pareto; Histograma; Índice de capacidade.
Analyze (Analisar)	Analisar os dados e os processos envolvidos; Determinar as causas que contribuem para o baixo desempenho do processo.	Analisar o processo para determinar as causas potenciais do problema.	Fluxograma; Mapa do processo/produto; FMEA (<i>Failure Mode and Effects Analysis</i>); <i>Brainstorming</i> ; Diagrama de Causa e Efeito; Planejamento de Experimentos.
Improve (Aperfeiçoar)	Gerar ideias a respeito das soluções potenciais para a eliminação das causas dos problemas detectados na etapa anterior. Testar estas soluções a fim de verificar se a solução escolhida pode ser implementada em larga escala.	Identificar e avaliar as soluções prioritárias e aperfeiçoá-las.	<i>Brainstorming</i> ; Diagrama de Causa e Efeito; FMEA; Teste de mercado; <i>Stakeholder Analysis</i> ; Simulação; 5W2H; PERT (<i>Program Evaluation and Review</i>) / CPM (<i>Critical Path Method</i>).
Control (Controlar)	Aplicar a solução da quarta etapa em larga escala e controlar o desempenho do processo ao longo do tempo; Padronizar as alterações realizadas no processo com a adoção das soluções; Definir um plano de ações corretivas caso surjam problemas no processo.	Garantir que o alcance da meta seja mantido a longo prazo e padronizar as alterações.	Cartas de controle; Histograma; Índice de capacidade; Manuais; Procedimento padrão; Relatório de Anomalias; Reuniões.

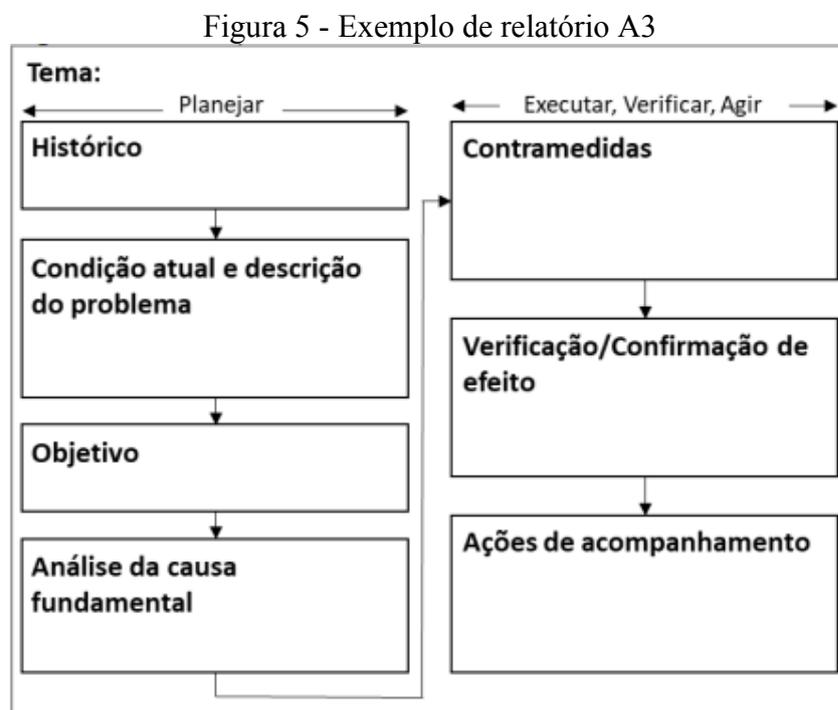
Fonte: Holanda (2013)

A metodologia Seis Sigma pode ser amplamente utilizada em setores produtivos por conta de seu embasamento estatístico e meta de resultados previamente definidos, uma vez que tem como principal meta manter a variabilidade dos processos (doze desvios-padrão) dentro da especificação. Outra vantagem do programa é a utilização da metodologia DMAIC para alcançar seus objetivos, uma vez que possui suas etapas muito bem definidas, onde cada etapa possui suas ferramentas definidas, facilitando a implementação do processo. Em contrapartida uma desvantagem dessa metodologia é a dificuldade em sua utilização na

resolução de problemas que não são do ramo industrial, ou que não são causadas por fontes mensuráveis de variação de processo.

2.5.3 Relatório A3

Segundo Delgado(2013), o relatório A3 é uma ferramenta onde análise de causa raiz, ações corretivas e plano de ação são escritos em apenas uma única folha de papel tamanho internacional A3, normalmente utilizando gráficos e figuras. Um modelo de relatório A3 mostrado na Figura 5.



Fonte: Pascoal, Iamagut e Bernardes (2021)

Stainzack (2018) afirma que o relatório A3 tem sido uma ferramenta importante no sucesso da Toyota, uma vez que sua força não vem do relatório em si, mas sim pelo desenvolvimento cultural e da mentalidade da organização para a implementação da metodologia. Ainda segundo o autor, o A3 funciona tanto como uma ferramenta de resolução de problemas, quanto um processo estruturado para a criação de solucionadores de problemas, por meio do estímulo da investigação dos problemas enfrentados, apresentação de dados e propostas de melhoria para o alcance da meta definida em projeto.

Para Pascoal, Iamagut e Bernardes (2021), o relatório A3 serve como uma ferramenta que estabelece uma estrutura concreta para rodar o ciclo PDCA, onde ajuda a equipe a obter uma compreensão mais aprofundada sobre o problema e assim propor novas ideias de como solucionar o problema.

Na pesquisa feita por Oliveira *et al.* (2022), com o objetivo de estudar o uso da ferramenta em organizações do ramo industrial, foi constatado que as principais vantagens apontadas pelos gerentes dessas empresas foram a objetividade e clareza do método, além promover uma análise por meio de raciocínio lógico perante o problema. Porém foi identificado que o maior problema desse método é que ele estimula os participantes a “pularem” etapas e vão direto ao tratamento do que eles previamente consideraram ser a causa raiz.

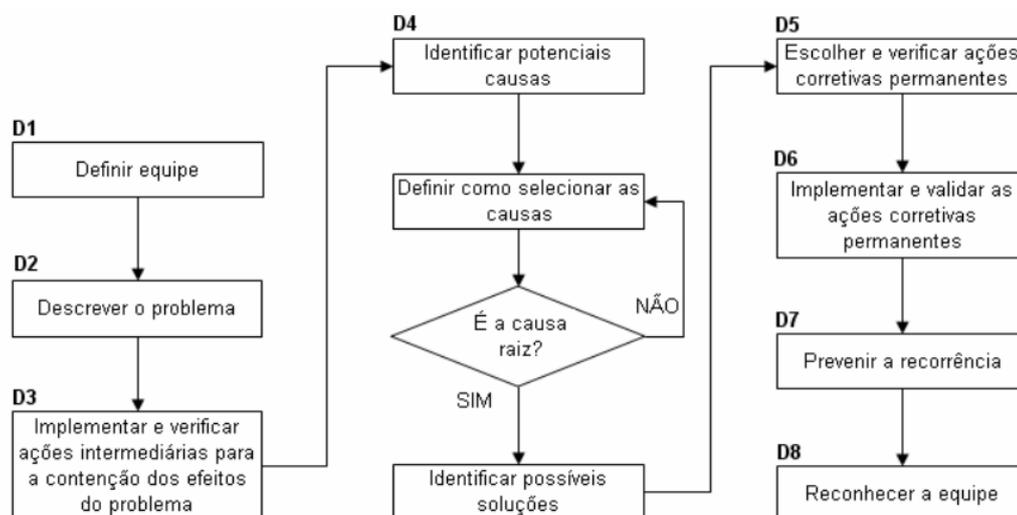
2.5.4 Método das 8 Disciplinas

O Método 8D é uma ferramenta da qualidade desenvolvida pela Ford na década de 1980. A metodologia visa resolver problemas em produtos ou processos por meio de etapas. Sua vantagem para outros métodos é que permite a resolução de problemas em curto espaço de tempo, por meio da busca de fatos, identificação da causa raiz e ações corretivas (Hintz, 2020).

Segundo Reis (2018), o método 8D é uma ferramenta complementar e simultaneamente integradora dos métodos mais eficazes, que assegura ao mesmo tempo o fluxo de processo e a proteção ao cliente, fornecendo assim uma solução simplificada e abrangente para analisar falhas e solucionar problemas. Ainda conforme Farias (2017) a ferramenta 8D é uma metodologia de resolução de problemas completa e eficaz, possuindo todos os passos necessários para garantir a solução para problemas de qualidade.

A metodologia é baseada em 8 passos, também chamados de disciplinas para resolução de problemas. O fluxograma dos 8 passos da metodologia 8D estão representados na figura 6.

Figura 6 - Fluxograma da metodologia 8D



Fonte: Farias (2017)

Como descrito por Chies (2019) e observado na figura 6, o objetivo do 8D é encontrar a causa raiz de uma não conformidade, planejar uma medida de contenção a curto prazo e implementar soluções de melhoria a longo prazo. Segundo Caten, Treter e Tinoco (2014), apud VARGAS, (2017), as oito etapas do método 8D estão relacionadas a seguir:

- a) D1 – Definir a equipe: Na primeira etapa deve-se definir a composição da equipe, devendo conter profissionais de múltiplas áreas de conhecimento, que possam agregar na resolução do problema. Em consenso a equipe deve apontar um líder para ministrar e aplicar as ferramentas da qualidade, como orientar o grupo;
- b) D2 – Descrição do problema: Deve-se descrever o problema de forma objetiva e mensurável, deixando de forma clara e objetiva os resultados esperados com a resolução do problema;
- c) D3 – Ações de contenção: É necessário definir ações imediatas a serem tomadas para evitar que o problema tome proporções maiores, com o objetivo de proteger os clientes internos e externos até que as ações corretivas permanentes sejam tomadas;
- d) D4 - Análise de causa raiz: Por meio de aplicação de diferentes ferramentas da qualidade, deve-se investigar e destrinchar os possíveis modo de falha e suas causas potenciais. É de consenso que essa etapa é a mais demorada e

importante do estudo, uma vez que o direcionamento do estudo será regido por essa etapa. Nessa etapa deve ser utilizado ferramentas como o diagrama de causa e efeito, 5 porquês, ferramentas estatísticas de processo, entre outras;

- e) D5 - Identificar ações corretivas: Nessa etapa são desenvolvidas e propostas as ações corretivas para o tratamento da causa raiz da não conformidade. Pode ser utilizado ferramentas como o 5W2h para formalizar o plano de ação;
- f) D6 - Comprovação da eficácia das ações: Por meio de ferramentas da qualidade é verificada a eficácia das decisões tomadas nas etapas anteriores, por meio de comparação com os dados anteriores. Também nessa etapa é definido se o problema foi solucionado ou é necessário voltar etapas para propor uma melhor solução para o problema;
- g) D7 – Ações preventivas: Aqui é revisado a documentação de produção, com o objetivo de padronizar o novo processo ou procedimentos. Também podem ser propostos treinamentos e padronizações;
- h) D8 – Reconhecimento: Concluindo o trabalho, de ser congratulada toda a equipe pelo sucesso atingido, reconhecendo publicamente o esforço dispendido, divulgando o resultado para toda a organização.

Segundo Farias (2018), nem sempre é necessário a utilização das oito etapas, uma vez que nem todos os problemas necessitam de uma equipe para serem resolvidos. Portanto os 8 passos deverão ser usados quando a causa do problema não é conhecida ou está além do conhecimento de uma só pessoa.

Algumas características apontadas por Hintz (2020), referentes ao método 8D são que a metodologia é aplicada em equipe de forma ordenada e promovendo a troca de conhecimento entre diferentes áreas, utilizando fatos ao invés de opiniões pessoais, por meio de dados e relatórios documentados, além de poder ser aplicado a qualquer tipo de problema ou atividade.

Ao analisar as metodologias anteriormente apresentadas, verifica-se que cada uma traz alguma particularidade. O fato é que, ao analisar a aplicabilidade dentro da organização observa-se que existem metodologias que não determinam um passo a passo a ser seguido bem definido, o que muitas vezes pode dificultar a interpretação e a aplicação correta de ferramentas da qualidade. Ao analisar esse ponto percebe-se que tanto o PDCA e MASP tem

suas etapas definidas, porém não são claros como e quando aplicar as ferramentas da qualidade.

Quando são analisados os métodos DMAIC, A3 e 8D, tem-se um desmembramento de cada etapa, facilitando assim a interpretação dos colaboradores, de forma a conseguir aplicar as ferramentas da qualidade com melhor objetividade.

Ao analisar pontualmente o método DMAIC, observa-se que ele é relativamente focado em controle de variação do processo, podendo não ser tão eficaz na identificação de causas raiz provenientes de fatores externos ao processo. Já o relatório A3 oferece uma alternativa simplificada para a tratativa de não conformidades, o que pode ser muito útil para resolução de problemas mais simples. Porém para problemas de maior complexidade pode acabar causando o pulo de etapas ou uma análise menos aprofundada do problema enfrentado. Por esses motivos, foi escolhido a aplicação do 8D, visto que o mesmo possui sua metodologia de trabalho mais abrangente e bem definida de forma que fica mais claro interpretação e aplicação das ferramentas.

2.6 FERRAMENTAS DA QUALIDADE

Na sequência estão apresentadas algumas ferramentas utilizadas em Métodos de Solução de Problemas, e outras mais avançadas que foram utilizadas no estudo de caso.

2.6.1 Estratificação

A estratificação tem como objetivo desdobrar ou separar dados coletados em grupos e subgrupos, com o objetivo de fazer uma análise mais detalhada e identificar onde estão os principais modos de falha e sua causa raiz (NEVES, 2007).

Segundo Rodrigues (2016) a amostragem estratificada envolve mais tempo e requer mais cuidados, porém aumenta a capacidade de investigação mais rápida. Ainda Rodrigues define que a estratificação de uma amostra é a única maneira de enxergar problemas específicos.

A estratificação pode ser aplicada para um conjunto de dados, onde a análise pode ser feita por diferentes categorias, como: tempo, local, indivíduo ou outra característica que possa ser separada em grupos ou subgrupos.

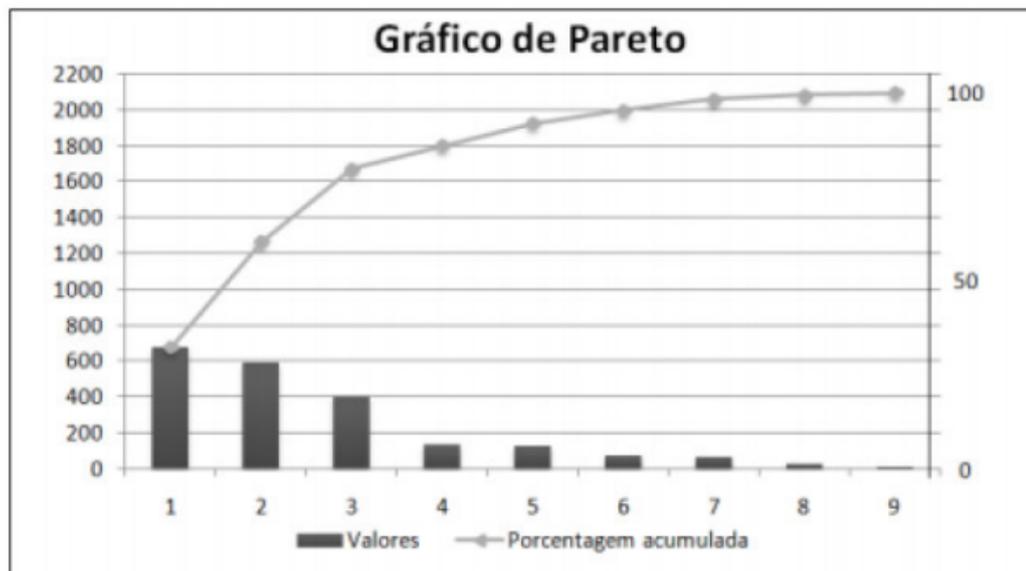
Rocha (2019) propõe que sem a estratificação dos dados, há o risco de diversas variações existentes em todos os grupos se sobreporem e assim não ser possível determinar o ponto de ocorrência de determinados fenômenos.

2.6.2 Diagrama de Pareto

Desenvolvido pelo economista Vilfredo Pareto (1848-1923), foi apresentado pela primeira vez em 1897, onde Pareto desenvolveu um estudo sobre a distribuição de renda em seu país. Neste estudo Pareto identificou que 80% de toda riqueza nacional estava concentrada em 20% da população (Paladini, 2012). Esse padrão de distribuição denominado 80/20, é encontrado em diversas áreas além da economia, o que levou a Joseph Moses Juran (1904-2008) propor a utilização do diagrama de Pareto para o controle de qualidade (Rocha, 2019). Respeitando essa distribuição, é esperado por exemplo que 80% das não conformidades de uma empresa estejam agrupadas em 20% das causas.

O Diagrama de Pareto (Figura 7), permite a identificação das principais causas de defeitos e assim focar os esforços nessa maior causa geradora de falha, possibilitando um direcionamento eficaz, com base em um modelo estatístico e visual (HINTZ, 2020).

Figura 7 - Exemplo gráfico de Pareto



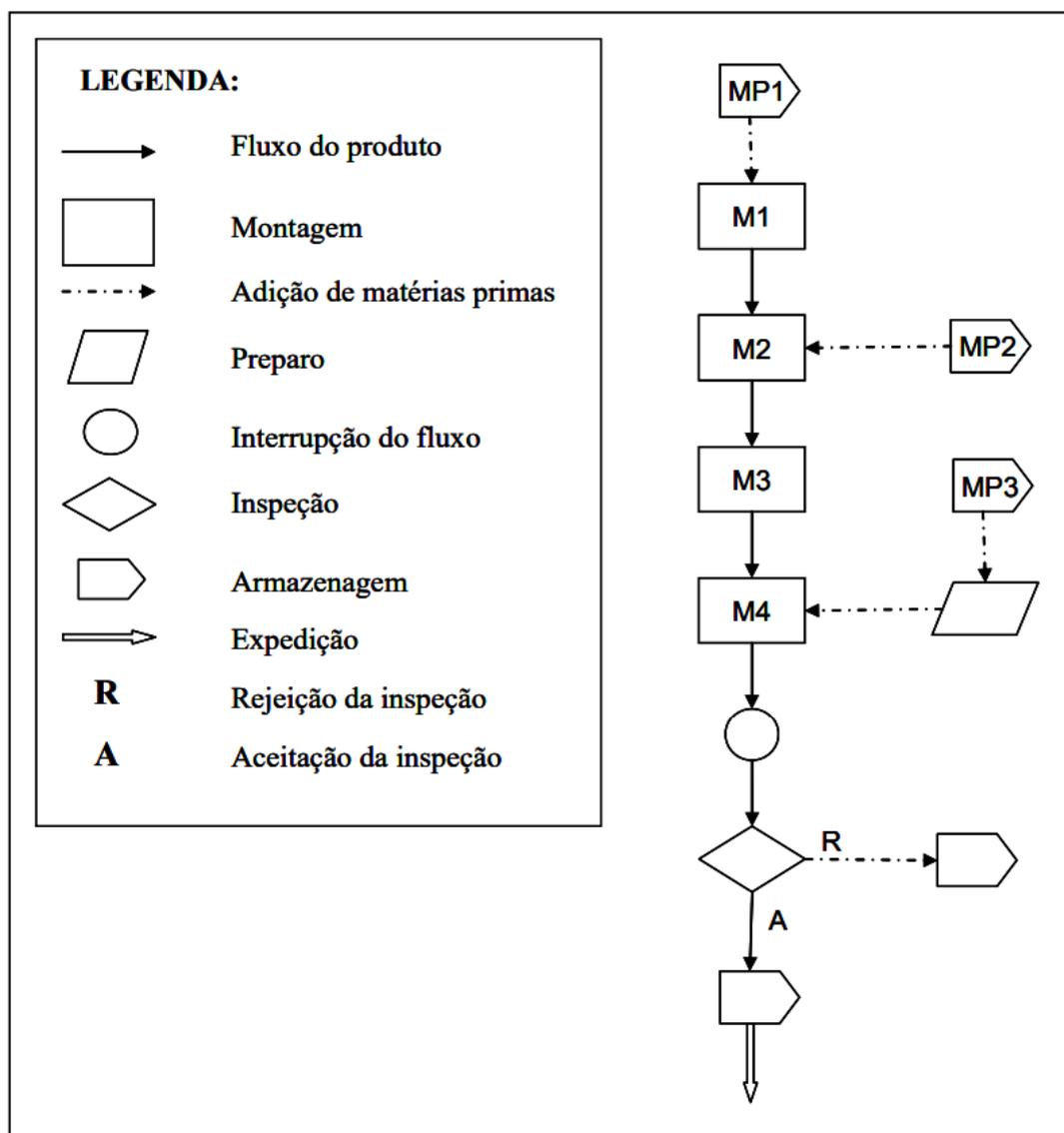
Fonte: Araújo (2017)

O Diagrama de Pareto é representado por meio de um gráfico de barras verticais, evidenciando a ordem e importância das causas de perdas e falhas nas organizações.

2.6.3 Fluxograma do processo

O Fluxograma, exemplificado na Figura 8, é a representação gráfica dos passos a serem seguidos em um determinado processo de fabricação. Essa representação permite identificar e visualizar de forma simples as etapas necessárias e modos de falha que podem existir em cada passo.

Figura 8 - Fluxograma de processo



Fonte: PALADINI (1997)

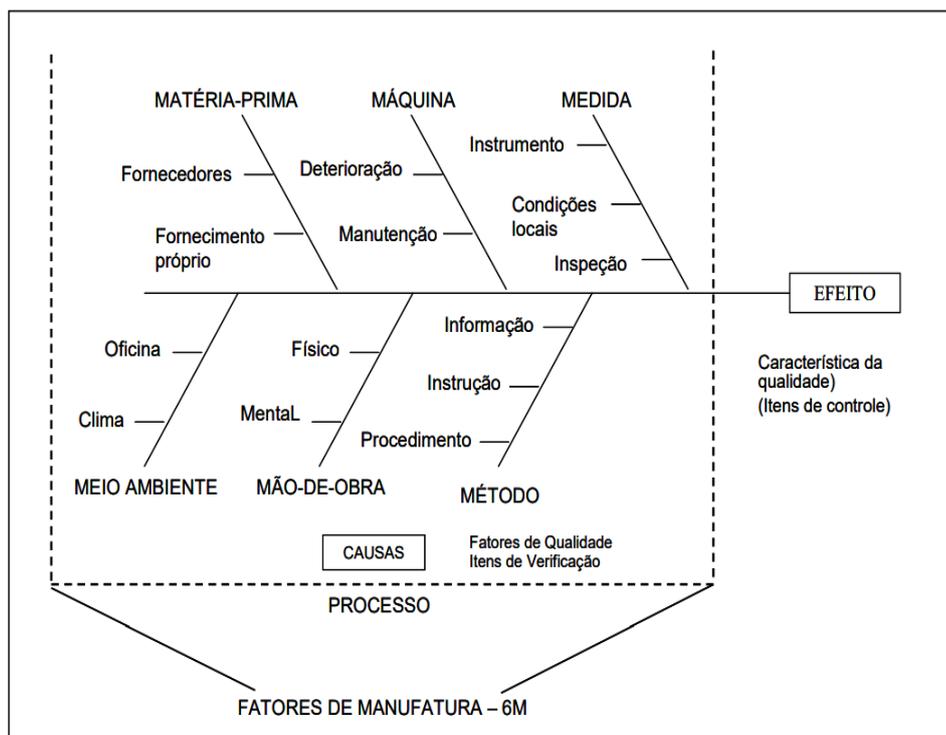
Segundo Paladini (1997) o fluxograma na área da qualidade, permite que se tenha uma visão global do processo de fabricação, por onde passa o produto e ao mesmo tempo ressalta operações críticas que em que haja cruzamento de vários fluxos.

2.6.4 Diagrama de causa e efeito

O Diagrama de causa e efeito (Figura 9), também conhecido como Diagrama de Ishikawa ou Diagrama Espinha de Peixe, é um diagrama desenvolvido para representar a relação entre o resultado de um processo (efeito) e seus fatores (causas). Na análise preliminar de causas usualmente é utilizado os 6 M's (Método, mão-de-obra, material, meio ambiente, medida, máquina) (SLACK, 2009).

Segundo Costa (2018) essa é uma ferramenta bastante eficaz para encontrar a causa raiz de um problema, seja de processo ou produto. São utilizados no diagrama todos os aspectos que envolvem o processo, então otimizando a possibilidade de encontrar falhas e então tomar ações para solucionar o problema.

Figura 9 - Diagrama Causa e efeito



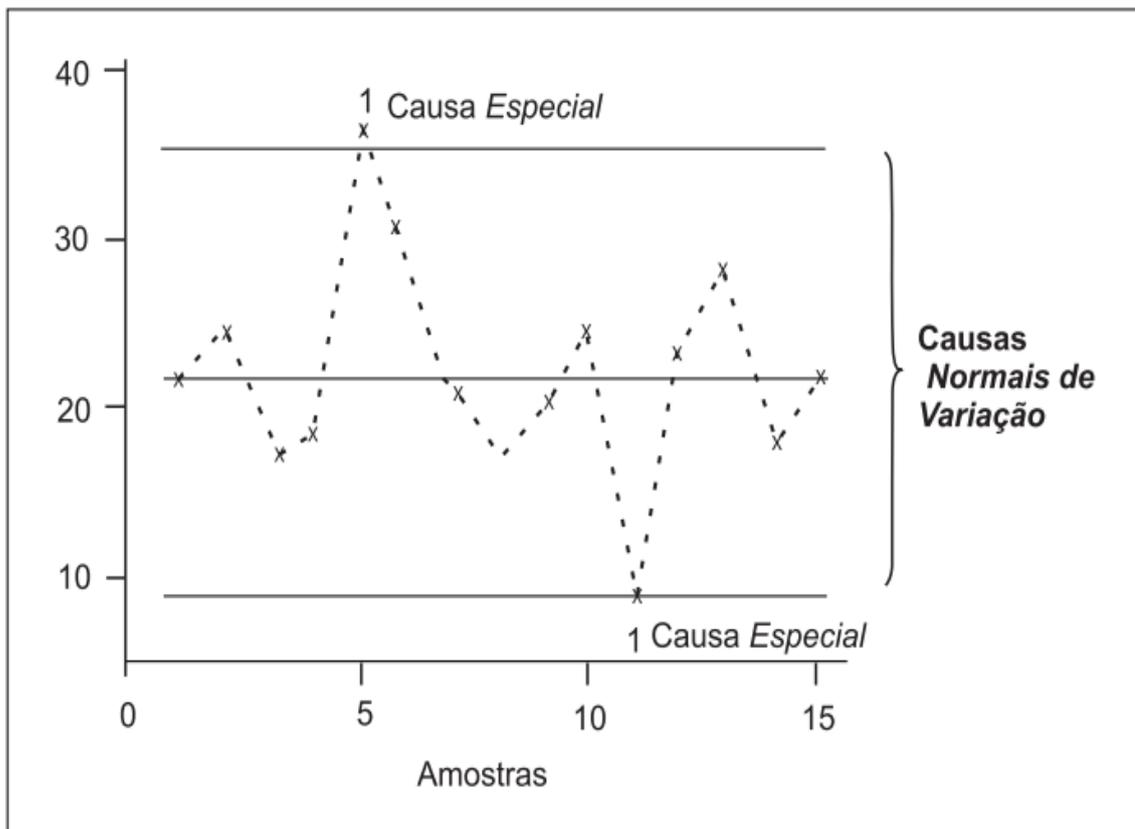
Fonte: CAMPOS (2008)

2.6.5 Gráfico de controle

O Gráfico de controle ou Carta de controle, foi desenvolvido inicialmente na década de 1920 por Shewhart, onde a representação é feita por meio de gráficos temporais, com pontos amostrais vindos de medições de determinada característica. O gráfico é composto por uma linha superior (LSC- Limite superior de controle), uma linha inferior (LIC – limite inferior de controle) e uma linha da média das medições (\bar{x}). Esse gráfico pode apontar pontos discrepantes ou tendências no processo (NEVES, 2007).

Segundo Werkema (1995), essa ferramenta deve ajudar na identificação de erros, desvios e problemas, além de possibilitar a visualização de causas contínuas ou especiais, por meio da visualização da oscilação do processo de modo estatístico.

Figura 10- Gráfico de controle

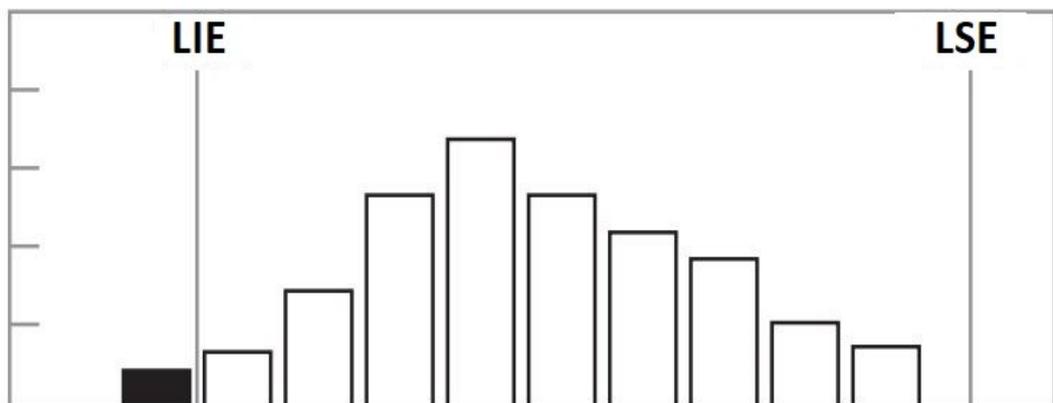


Fonte: Paladini (1997)

2.6.6 Histograma

O Histograma (Figura 11) é a ferramenta gráfica, geralmente representado por colunas que tem o objetivo de observar a distribuição da frequência de determinada característica do produto. É amplamente utilizado para avaliar padrões, tendências e dispersões de dada característica. Sua construção é feita por meio da distribuição da ocorrência da característica. Em casos que o histograma representa o valor mensurável de uma medida de um produto, ele deve incluir linhas verticais para os valores de Limite Inferior de Especificação (LIE) e Limite Superior de Especificação (LSE) do projeto para a característica em avaliação (NEVES, 2007).

Figura 11 – Exemplo de Histograma



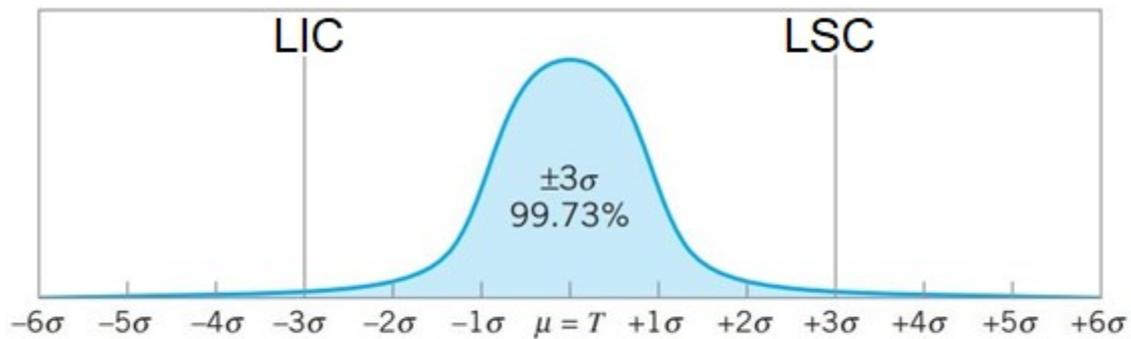
Fonte: Adaptado de Montgomery(2013).

2.6.7 Índices de capacidade

O índice de capacidade do processo é uma ferramenta estatística, que começou a ganhar notoriedade junto ao programa Seis Sigma introduzido primeiramente pela Motorola nos anos 80 (MONTGOMERY,2013). Segundo Alencar (2008), a Capacidade do processo refere-se em produzir as peças dentro do especificado, onde a capacidade do processo envolve a comparação entre os limites naturais do processo e os limites especificados do projeto.

A Figura 12 mostra um modelo de probabilidade de distribuição normal para características de um produto com os limites de controle separados por três desvios padrão da média.

Figura 12 - Modelo de distribuição normal



Fonte: Adaptado de Montgomery (2013)

Para fazer o estudo de quanto o processo é capaz de atender o especificado, segundo Neves (2019) utilizam-se dois índices principais:

- a) Índice potencial do processo (C_p): Mensura somente a dispersão do processo em relação às especificações do produto;
- b) Índice de desempenho do processo (C_{pk}): Mensura conjuntamente a dispersão e a centralização do processo em relação às especificações do produto.

O cálculo dos índices C_p e C_{pk} pode ser obtido através das formulas (1) e (2), respectivamente.

$$C_p = \frac{LSE - LIE}{6\sigma}$$

(1)

$$C_{pk} = \text{Mín} \left[\frac{LSE - \mu}{3\sigma}; \frac{\mu - LIE}{3\sigma} \right]$$

(2)

Onde:

- σ = Desvio padrão da amostra;
- LSE = Limite Superior de Especificação;
- LIE = Limite Inferior de Especificação;
- μ = Média amostral.

Com base nos cálculos dos índices de capacidade, uma análise crítica sobre o processo deve ser tomada. Para Neves (2019) as ações recomendadas de inspeção e controle para cada faixa de valor de índice de capacidade estão apresentadas na Figura 13.

Figura 13 - Recomendações para índices de capacidade

nível do processo	controle do processo	inspeção do produto
Nível 1 $C_p > 1,33$	O índice é suficiente, não sendo necessário controle. É preciso atuar no processo para reduzir custos.	Desnecessária
Nível 2 $1 < C_p < 1,33$	O índice é suficiente, mas é necessário cuidado quando C_p se aproxima de 1. O controle é necessário.	Inspeção por amostragem e inspeção 100%
Nível 3 $C_p < 1$	O índice é insuficiente, está ocorrendo produção fora das especificações. É necessário instaurar ações para melhorar a capacidade estatística do processo.	Inspeção 100%

Fonte: Neves (2019)

No Programa Seis Sigma as métricas de comparação são diferentes da tradicional. No padrão Seis Sigma o processo é considerado capaz, quando o índice de C_{pk} é igual ou maior do que 2, indicando estatisticamente que o processo produzirá 3,4 peças defeituosas por milhão de peças produzidas (PALADINI, 2012).

Segundo Neves (2008), para que o processo seja considerado excelente, é recomendado que o índice de C_{pk} seja maior do que 2, indicando que o processo é capaz e o operador possui domínio sobre o processo; quando o valor do C_{pk} estiver entre 1,33 e 2 o processo é considerado capaz e o operador necessita monitorar o processo para evitar deterioração; quando o índice estiver entre 1 e 1,33 o processo é considerado relativamente incapaz, o que exige controle contínuo do operador; quando o C_{pk} estiver entre 0 e 1 o processo é considerado incapaz e pode estar sendo produzidas peças fora do especificado, exigindo um controle sobre a produção.

2.6.8 Os 5 porquês

Os “5 porquês” é uma ferramenta de análise de causa raiz, considerando que ao perguntar 5 vezes a causa do efeito, tem-se alta probabilidade de encontrar a causa raiz. Segundo Gonçalves (2017), o objetivo desta ferramenta é identificar rapidamente a fonte de

um problema, assim podendo atuar diretamente na fonte do problema e não apenas em seus sintomas. Segundo Rodrigues (2016), essa ferramenta foi desenvolvida pelo sistema Toyota de produção, sendo especialmente útil quando os problemas envolvem fatores humanos e interação no dia-a-dia dos negócios.

2.6.9 5W1H

Segundo Giacomelli *et al.* (2019), o 5W1h consiste em uma ferramenta útil para traçar um plano de ação sobre determinado objetivo. De uma forma relativamente simples, o método permite que o gestor elabore o projeto pelos melhores caminhos possíveis.

A ferramenta pode ser definida como um documento organizado, geralmente em uma tabela, que identifica as ações e as responsabilidades de quem irá atuar. A tabela é organizada através de seis questionamentos que em inglês compõe a sigla 5W1H: What-When-Who-Where-Why-How (GONÇALVEZ *et al.*, 2018).

2.6.10 MSA

O objetivo de um sistema de medição é encontrar o valor “verdadeiro” de uma peça. É desejado que qualquer leitura individual seja o mais próximo possível deste valor. Esse valor pode ser afetado por diversos fatores, uma vez que leituras variam umas das outras devido a causas comuns e especiais. Essas causas devem ser avaliadas em curto e longo período de tempo, utilizando ferramentas para avaliar o desempenho do sistema de medição (AIAG, 2010).

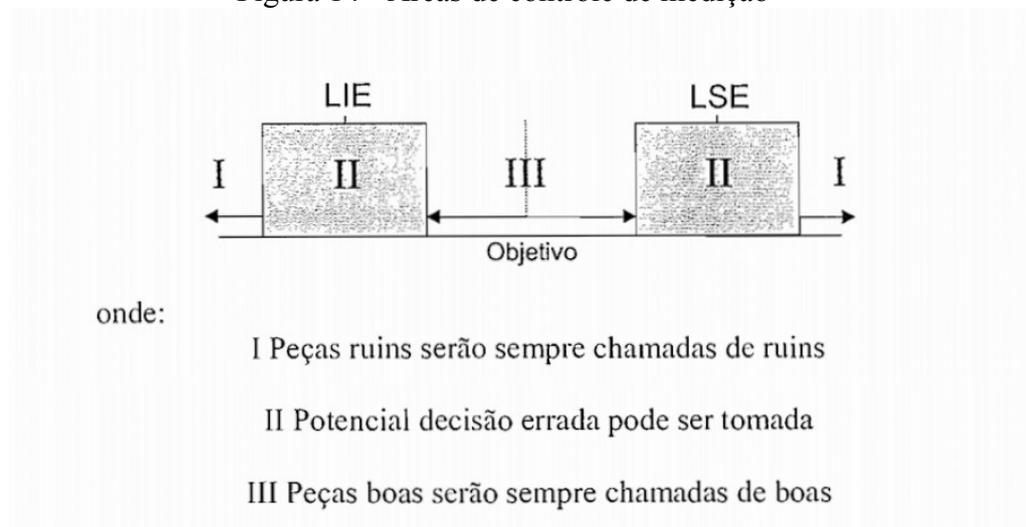
É importante frisar que no setor automotivo o estudo de MSA deixa de ser um diferencial e passa a ser um dos requisitos fundamentais para o cumprimento da norma IATF 16949 (2016). Nesses casos o estudo do sistema de medição se estende a todos os meios de medição referenciados no plano de controle. Portanto o MSA auxilia as organizações a cumprirem o requisito, ao proporcionar diretrizes de estudos estatísticos e parâmetros de avaliação do sistema de medição (CASTRO, 2015).

A análise do sistema de medição se faz importante, uma vez que quando é realizada uma medição, uma decisão é tomada com base no valor encontrado. Essa decisão pode ser, por exemplo, de aprovar ou reprovar uma peça, retrabalhar ou sucatear. É desejado

que o sistema de medição adotado esteja adequado para a minimização do risco de uma tomada de decisão errada. A tomada de decisão errada pode ser classificada em dois tipos. Tipo I sendo o “alarme falso”, onde uma peça boa é reprovada. Tipo II sendo a “taxa de falhas”, onde uma peça ruim é classificada como boa. Essa decisão errada pode ser tomada quando uma peça ultrapassar os limites de especificação estabelecidos e o erro do sistema de medição não identificar isto.

Fazendo uma relação entre o erro do sistema de medição e os limites de especificação pode-se classificar o sistema de medição em três áreas, como observado na Figura 14.

Figura 14 - Áreas de controle de medição



Fonte: (Manual do MSA da AIAG, 2010).

Tendo em vista que o objetivo é sempre maximizar a quantidade de decisões corretas, existem duas opções que podem ser tomadas:

- a) Melhorar o processo de fabricação, reduzindo a variabilidade do processo, garantindo que nenhuma peça seja fabricada dentro da área II
- b) Melhorar o sistema de medição reduzindo o erro do sistema, de modo que a área II seja reduzida e por consequência as áreas I e III sejam aumentadas.

Uma maneira de se fazer a avaliação da área II do sistema de medição é calcular a capacidade do sistema de medição para a característica a ser controlada, fazendo a avaliação da tendência e variação do sistema de medição (R&R). Para fazer essa análise, é

necessário ter métricas e critérios definidos para a análise, como as que estão estabelecidas no Manual da MSA (AIAG, 2010).

2.6.10.1 R&R

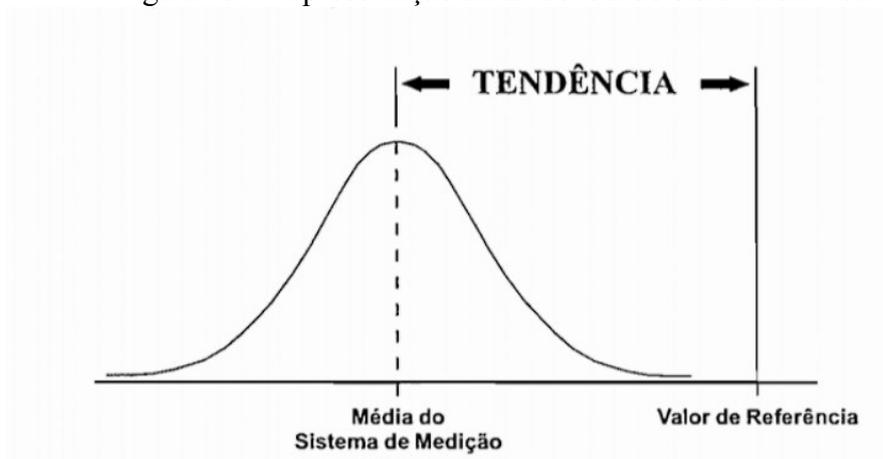
O R&R do sistema de medição é a soma quadrática da repetibilidade e reprodutibilidade do sistema. A repetibilidade (VE) é a variação nas medidas obtidas com um instrumento de medição, durante várias medições por um mesmo operador em uma mesma característica de uma mesma peça. E a reprodutibilidade (VA) é a variabilidade do sistema de medição, utilizando o mesmo instrumento por diferentes operadores em uma mesma característica de uma peça padrão.

Segundo o Manual do MSA da AIAG (2010), o meio de medição é considerável aceitável quando a variação do processo não ultrapassa 30% da tolerância.

2.6.10.2 Tendência

A tendência é a diferença entre o valor verdadeiro e a média obtida nas medições de uma característica de uma peça. Sendo essa a combinação de todas as fontes de variação do sistema, conhecidas ou desconhecidas. A Figura 15 faz a representação gráfica desse fenômeno.

Figura 15 - Representação da tendência do sistema de medição

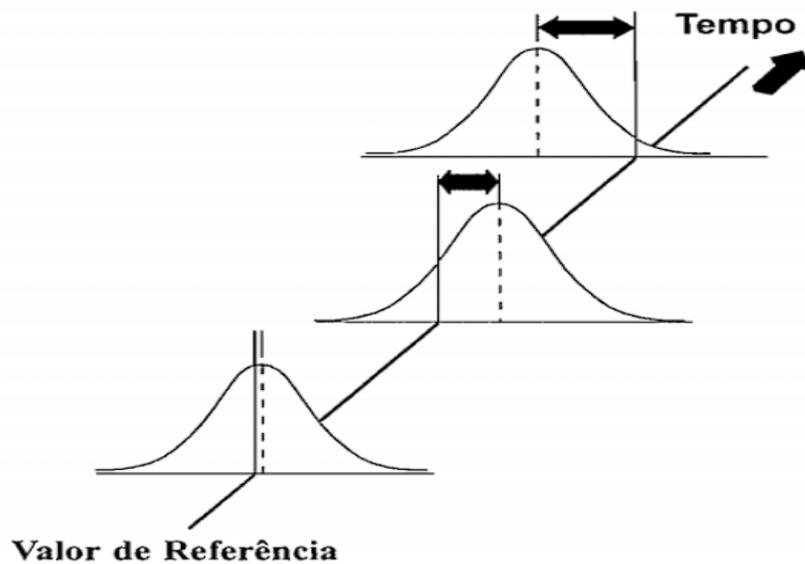


Fonte: Manual do MSA da AIAG (2010).

2.6.10.3 Estabilidade

A estabilidade representa a variação total de medições obtidas durante um período prolongado de tempo, para uma mesma característica em uma única peça. Em outras palavras, é a variação da tendência ao longo do tempo, como representado na Figura 16 (AIAG, 2010).

Figura 16 - Variação da tendência ao passar de tempo

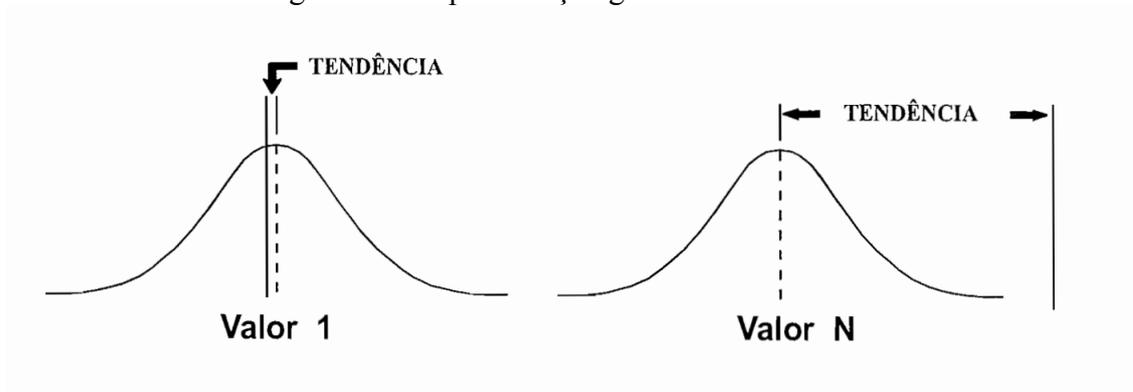


Fonte: Manual do MSA da AIAG (2010)

2.6.10.4 Linearidade

A linearidade é a diferença da tendência ao longo de um intervalo de uma dimensão esperada (Figura17).

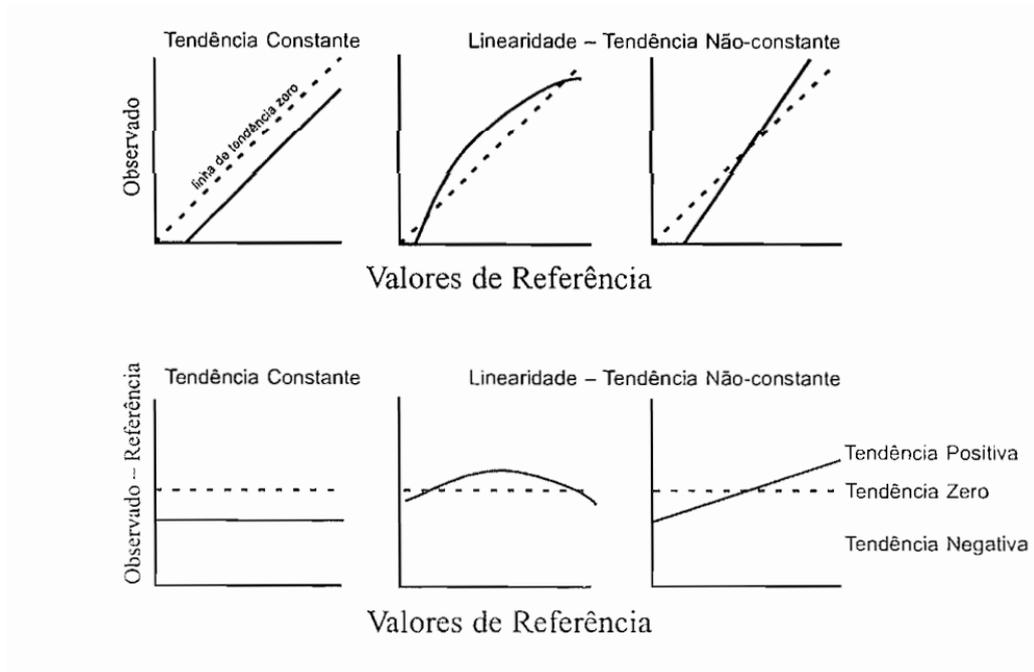
Figura 17 - Representação gráfica da linearidade



Fonte: Manual do MSA da AIAG(2010)

Essa variação nem sempre é constante, podendo assumir diferentes formas de variação conforme a Figura 18.

Figura 18 - Diferentes padrões de linearidade



Fonte: (Manual do MSA da AIAG, 2010).

O estudo de linearidade do instrumento é relevante para identificar o padrão da tendência do instrumento em relação a faixa de medição, além de identificar se o instrumento é adequado para a tolerância e a dimensão em que será utilizado.

3 METODOLOGIA

O trabalho foi desenvolvido dentro de uma empresa do ramo metalmeccânico, que fornece componentes usinados para clientes de diferentes segmentos industriais: automotivo, linha branca e elétrico.

O método a ser adotado é o 8D, devido a abrangência de atividades e áreas envolvidas, como também devido ao impacto negativo que a não conformidade apresentada trouxe para a organização.

3.1 ESTUDO DE CASO

O estudo de caso é o tratamento da não conformidade relacionada ao fornecimento de peças usinadas fabricadas fora das dimensões especificadas, no qual buscou-se aplicar o método 8 D.

Quando um produto é entregue ao cliente de forma que não atenda aos requisitos, o mesmo envia um documento de Registro de Não Conformidade (RNC). Esse registro contém informações como descrição da peça, data do recebimento, a não conformidade evidenciada, medidas obtidas quando é possível mensurar a falha e em alguns casos, registros adicionais como fotos ou vídeos, além de ações que devem ser tomadas para reparar ou evitar a reincidência do ocorrido.

Com isso é possível fazer os levantamentos como quantidade de RNC's por mês, tipos de falhas mais comuns, quantidade de falhas por especificação, peças com maiores reincidências de não conformidades, entre outros.

A partir de dados levantados durante um ano, levando em conta toda a carteira de clientes da organização, foram verificados diferentes tipos de defeitos relacionados pelos clientes, sendo estes divididos em 19 grupos, como pode ser observado na Tabela 1.

Com isso foi identificado que a maior parte das não conformidades eram de origem dimensional, representando 34% dos casos. A partir desta informação, foi realizada uma

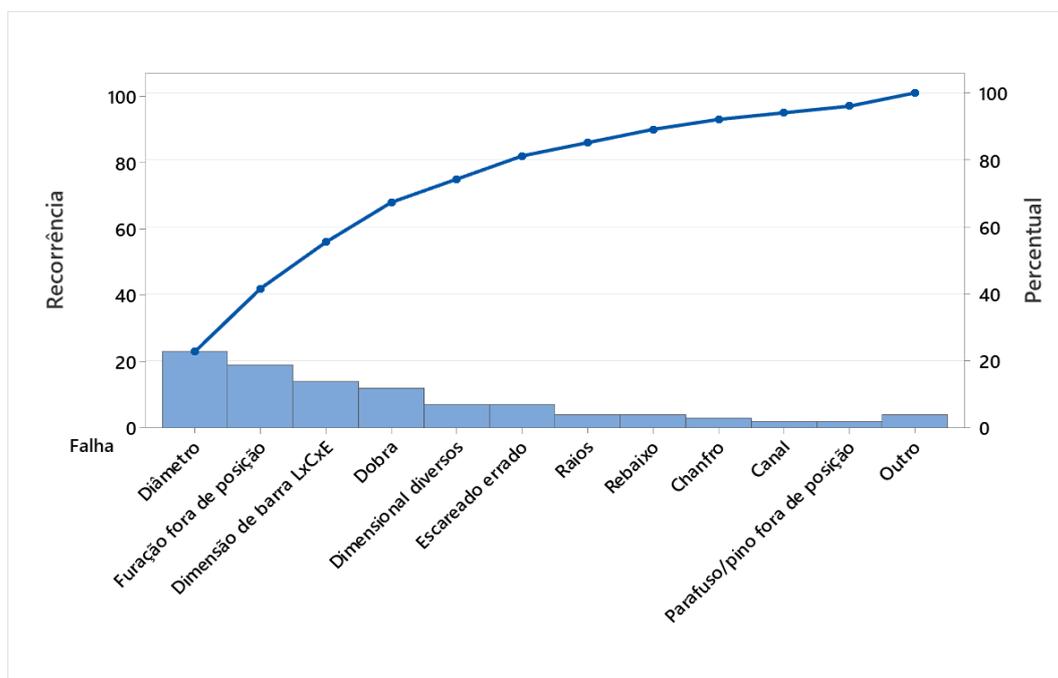
estratificação das peças com dimensional fora da especificação para avaliar quais características apresentaram maior incidência de falhas (Figura 19).

Tabela 1 – Relatórios de não conformidades recebidos

Descrição	Quantidade
Dimensional	101
Rosca	42
Acabamento superficial	24
Item trocado	19
Falta de operação	19
Pintura	12
Furo	12
Tratamento superficial	10
Falta de componente	9
Solda	9
Chaveta	6
Falha de matéria prima	6
Oxidação	4
Deformação	3
Desenho desatualizado	2
Matéria prima trocada	2
Trinca	2
Chanfro	1
Variados	13

Fonte: Autor (2022)

Figura 19 - Gráfico de Pareto para estratificação das falhas dimensionais



Fonte: Autor (2022)

No diagrama de Pareto para as falhas dimensionais, os dois maiores subgrupos de falha dimensional representam 42% das não conformidades dimensionais e são decorrentes por furação fora de posição e diâmetros fora do especificado. Apenas esses dois subgrupos representaram aproximadamente 14% de todas as RNC's enviadas por clientes no ano de análise.

Com base nesses levantamentos, para o estudo de caso foi decidido fazer a escolha de uma peça com grande representatividade dos desafios apresentados na organização, além de apresentar grande potencial de melhoria interna, uma vez que a metodologia aplicada para a peça do estudo poderia ser replicada para outras peças com registros de não conformidades de mesma origem.

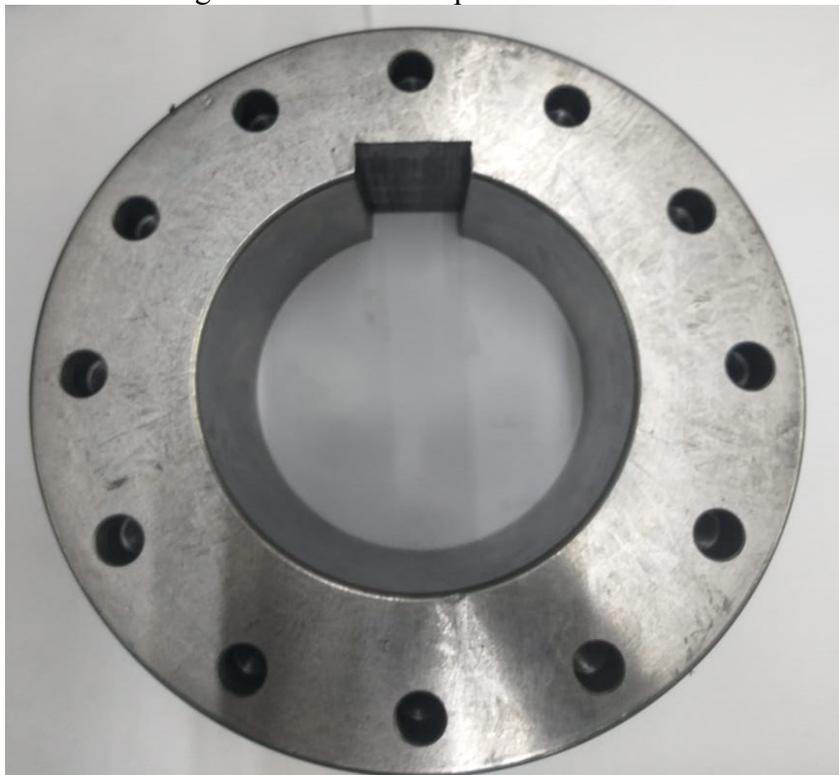
Durante o ano em análise foi apresentado pelo cliente diversas RNC's referentes ao produto apresentado nas Figuras 20 e 21, denominado Bucha Acopladora. Neste tipo de peça, o diâmetro interno e o alinhamento da furação em relação a chaveta tinham reclamações recorrentes do cliente, assim representando as duas principais categorias de não conformidades dimensionais levantadas.

Figura 20 - Bucha acopladora em estágio de pré-acabamento



Fonte: Autor (2022)

Figura 21 - Bucha acopladora concluída



Fonte: Autor (2022)

Nesse trabalho é abordada a não conformidade referente ao diâmetro interno da bucha, uma vez que foi constatado internamente na empresa que uma provável causa do desalinhamento da posição do furo em relação a chaveta é devido a bucha estar com o diâmetro maior que o especificado, tendendo a ficar com folga no dispositivo para a operação de furação no centro de usinagem, e por consequência acabar trabalhando durante a furação.

Na sequência, serão apresentadas as etapas no tratamento da não conformidade, com a aplicação do método 8D.

3.1.1 D1 – Definição da equipe

Com o objetivo de adquirir diferentes visões e conhecimentos pertinentes para a resolução do problema, foi definido que a equipe deveria conter além do incluir o autor deste trabalho, o coordenador e os operadores envolvidos no processo de fabricação, com o objetivo de agregar conhecimento técnico e prático do processo de fabricação. Também deveria estar envolvido na equipe o líder do setor de qualidade, uma vez que esse além do conhecimento técnico, poderia fornecer recursos e soluções de forma a facilitar a implementação de soluções.

3.1.2 D2 - Definição do problema

Conforme já relatado acima, entre as NCs recebidas no ano de análise, a bucha acopladora foi um dos itens com maior volume de produção. Também apresenta um custo elevado caso ocorra uma NC, visto que a mesma quando não é passível de recuperação, tem um alto custo de descarte. Nos casos onde o diâmetro interno está abaixo do especificado, o custo de recuperação acaba sendo elevado.

O trabalho não conforme refere-se ao diâmetro 85M7, sendo que foram obtidas medidas de até 0,02mm em desacordo com a especificação.

3.1.3 D3 - Ações de contenção

A ação de contenção escolhida pela organização foi a implantação de uma área chamada de Safe Launch, para conferência de 100% das peças pela área da qualidade, afim de garantir que se ainda existissem peças não conformes no lote indicado como “Conforme” pelo operador, o erro seria identificado ainda internamente na organização, evitando assim que a não conformidade fosse identificada no cliente final, visando dessa forma a satisfação do mesmo.

3.1.4 D4 – Análise da causa raiz

Para uma análise detalhada do processo de fabricação, foi necessário fazer uso de mais ferramentas da qualidade.

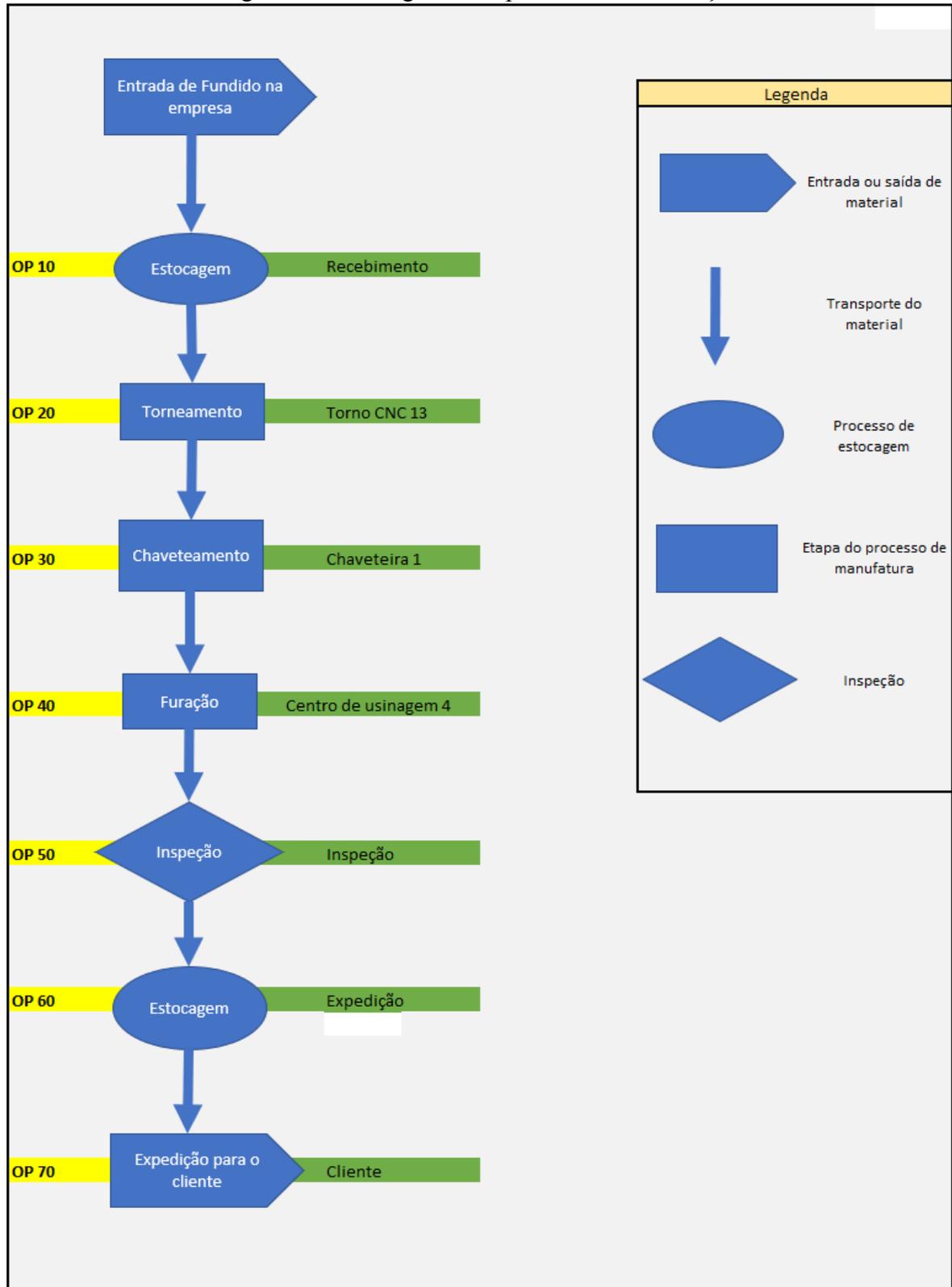
3.1.4.1 Fluxograma do processo

Com o objetivo de identificar as etapas que poderiam estar envolvidas na geração da não conformidade, foi criado o fluxograma do processo de fabricação (Figura 22), onde foi identificado que a operação onde é produzida a dimensão não conforme é logo no início do processo, na operação de torneamento, sendo esta o principal foco de investigação da causa raiz da não conformidade. Entretanto foi decidido também avaliar a etapa de entrada de material na organização, além da inspeção, com o intuito de identificar possíveis falhas no sistema de controle que estavam permitindo que o produto não conforme chegasse ao cliente.

3.1.4.2 Diagrama de causa e efeito

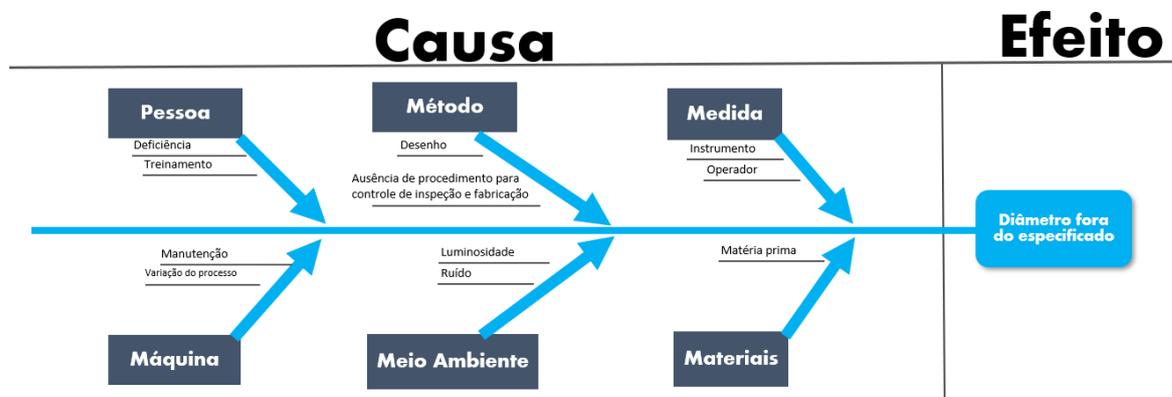
Para auxiliar na investigação da causa raiz da não conformidade, foi proposta atividade conjunta, para que a equipe construísse o diagrama de causa e efeito (Figura 23) para análise preliminar, onde os participantes apontaram as potenciais causas de falha, segregadas nas 6 categorias fundamentais: mão de obra (pessoa), máquina, medida, meio ambiente, materiais e método.

Figura 22 - Fluxograma do processo de fabricação



Fonte: Autor (2022)

Figura 23 - Diagrama de causa e efeito



Fonte: Autor (2022)

3.1.4.3 5 porquês

Com o objetivo buscar uma maior abordagem nas potenciais causas raiz da não conformidade, e expandir a visão perante o processo, foi construída a tabela de 5 porquês (Figura 24), onde a ferramenta foi aplicada até onde a equipe julgou não ter mais uma resposta adequada para a ferramenta.

3.1.4.4 5WIH

A partir do quadro de 5 porquês, foi montado um quadro de 5WIH (Figura 25) como plano de ação para a identificação e averiguação das causas raiz propostas.

3.1.4.5 Controle estatístico do processo

Durante o processo de fabricação do lote em estudo, foi proposto para o operador utilizar uma carta de monitoramento de processo, onde por meio da utilização dos instrumentos de medição disponíveis em posto de trabalho, deveria medir 100% das peças produzidas e anotar o valor encontrado nesta carta. Além disso as peças foram marcadas com o número referente a sequência de fabricação, para realizar um melhor controle estatístico do processo de fabricação.

Figura 24 - 5 Porquês

Causa	O operador tem uma deficiência visual	O operador não possui conhecimento	Desenho técnico	Plano de inspeção	Luminosidade	Ruído	Matéria prima	Maquina	O processo esta instável	Meio de medição			
										Pode estar ocorrendo erro de leitura	Pode estar medindo errado	O meio de medição pode não ser adequado	O meio de medição pode não ser adequado
1º Por que?	O operador esta interpretando errado o desenho	As peças estão fora do especificado	O desenho técnico pode estar desatualizado no sistema	O operador não inspeciona o produto com a frequência adequada	O operador esta se equivocando na medida ou no desenho	O operador pode estar perdendo a concentração	A matéria prima pode estar trocada ou com falhas	A maquina pode estar perdendo pressão na castanha	As peças estão variando de muito de medida	Pode estar ocorrendo erro de leitura	Pode estar medindo errado	O meio de medição pode não ser adequado	O meio de medição pode não ser adequado
2º Por que?	Porque esta com dificuldade de enxergar as cotas	O operador não sabe identificar as tolerâncias	Porque o responsável por atualizar o desenho no sistema não fez	Não tem plano de inspeção	O operador pode não estar enxergando as cotas no desenho ou fazer a leitura do instrumento	A ruído de fabrica esta acima do especificado por norma	Foi aceito a MP não conforme	Vazamento de óleo	A amplitude de variação esta muito alta	A medida lida não casa com a medida da peça	A medida lida não casa com a medida da peça	A medida lida não casa com a medida da peça	A medida lida não corresponde com o valor da
3º Por que?	Porque tem algum tipo de deficiência visual	Falta de treinamento em desenho técnico	O procedimento não é intuitivo	Não possui carta de controle	A iluminação não esta adequada		Não existe inspeção de MP de fundidos na empresa	Falta de manutenção preventiva	O processo não garante estabilidade dimensional	A resolução do instrumento não é adequada	O instrumento pode estar com tendencia ou linearidade não adequados	O operador pode estar medindo errado	O operador pode estar medindo errado
4º Por que?	Deveria estar usando óculos mas não esta.	Operador é novo na empresa		O produto é tratado como item especial	Falta de iluminação no posto de trabalho				Processo fora de controle			Não sabe usar o instrumento	O instrumento não é adequado
5º Por que?	A empresa ainda não forneceu o óculos de segurança personalizado											Falta de treinamento	Repetibilidade e reprodutibilidade não adequados

Fonte: Autor (2022)

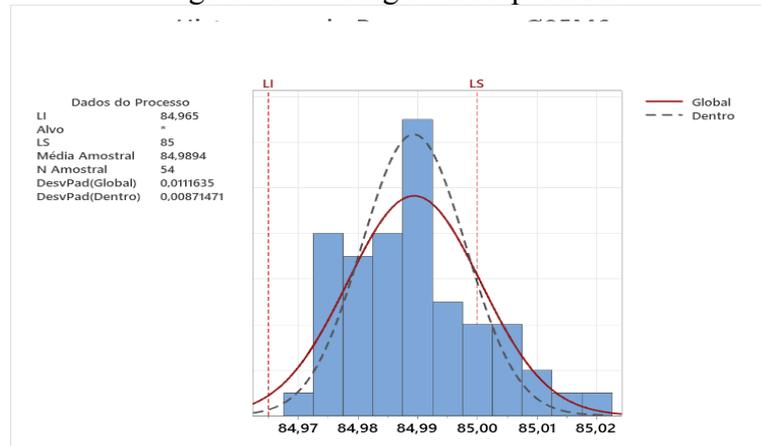
Figura 25 - Plano de ação para investigar a causa raiz

5W1H	O que?	Por que?	Onde?	Quando?	Quem?	Como?	Estado
O operador tem uma deficiência visual	Verificar se o operador de dificuldade visual	Pode estar com dificuldade de leitura	Posto de trabalho	15/06/2022	Técnico de segurança	Verificar se existe a necessidade de encomendar óculos para o operador	O operador possui óculos de segurança
O operador não possui conhecimento	Verificar se o operador conhece o produto	Saber se ele é capacitado para produzir a peça	Posto de trabalho	20/06/2022	Líder de produção	Acompanhar o operador	O operador do 1º turno necessitou de treinamento, fornecido pelo facilitador da empresa
Desenho técnico	Verificar revisão do Desenho	Pode estar desatualizado	Sistema ERP	05/06/2022	PCP	Verificar pedido de compra x Desenho impresso na OP	O desenho esta atualizado na ultima revisão
Plano de inspeção	Criar plano de inspeção e carta de controle	Operador ter um procedimento para fazer o controle	Metrologia	05/07/2022	Autor	Usando o modelo padrão da empresa	Em implementação
Luminosidade	Medir luminosidade no Posto de trabalho	Saber se ela esta conforme a Norma XX	Posto de trabalho	05/07/2022	Técnico de segurança	Luxímetro	Luminosidade OK
Ruído	Verificar o ruído	Se atende as normas de trabalho	Posto de trabalho	07/07/2022	Técnico de segurança	Decibelímetro	Ruído OK
Matéria prima	Verificar se a matéria prima esta correta	O fundido pode estar com falhas no material	Recebimento	10/06/2022	Recebimento	Comparação do desenho do fundido vs recebido pelo fornecedor	Matéria prima OK
Maquina	Verificar o estado da maquina	Pode estar com vazamentos ou desalinhada	Posto de trabalho	22/06/2022	Equipe de manutenção	Verificar a maquina e se a manutenção preventiva esta em dia	Maquina com vazamento de óleo/ manutenção agendada
Variação do processo	Verificar a variação do processo	Processo pode estar instavel	Posto de trabalho + metrologia	08/06/2022-02/07/2022	Autor	Estudo de controle estatístico de processo	Abordado nos tópicos a seguir
Meio de medição	Verificar o meio de medição	Meio de medição pode não ser adequado	Posto de trabalho + metrologia	08/06/2022-02/07/2022	Autor	Estudo de MSA(R&R, Estabilidade, Tendência, Linearidade)	Abordado nos tópicos a seguir

Fonte: Autor (2022)

Com os dados coletados foi possível construir o histograma do processo (Figura 26), no qual já foi possível observar que o processo capaz, uma vez que foram evidenciadas peças com medidas fora dos limites especificados pelo cliente.

Figura 26 - Histograma do processo

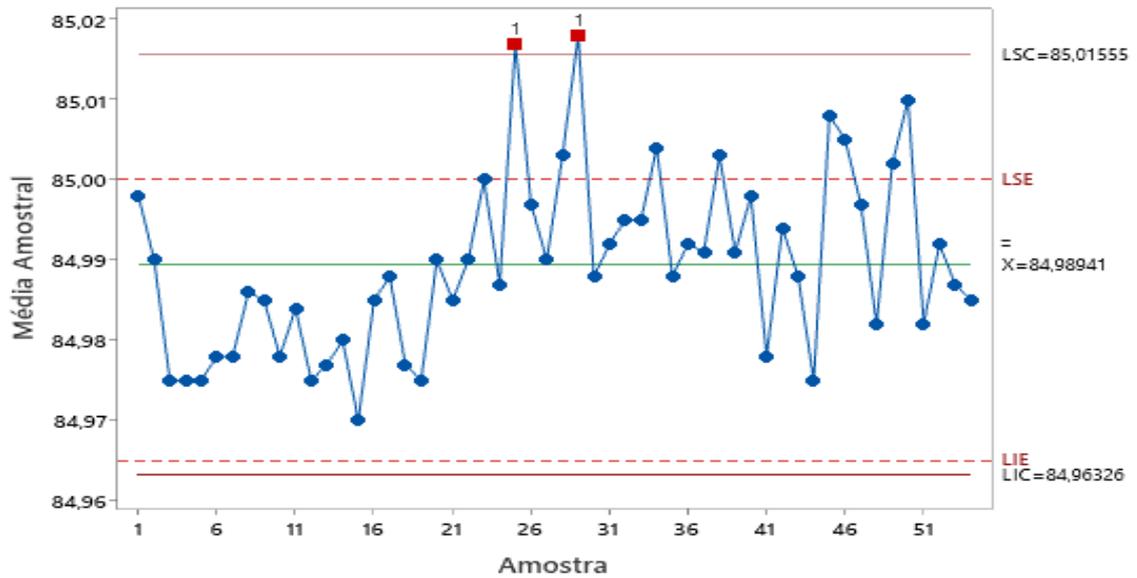


Fonte: Autor (2022)

Com os mesmos dados, foi construído o gráfico de controle dos valores individuais (Figura 27), onde observa-se dois pontos estão localizados além dos limites de controle. Os limites de controle superior e inferior (LSC e LIC, respectivamente) foram calculados a partir de 3 desvios padrão da média do processo. No gráfico também foram representados os limites de especificação superior e inferior, representados pelos símbolos LSE e LIE, respectivamente.

Observando a carta de controle, verifica-se que o processo apresenta um padrão relativamente instável após a peça 19, exatamente o ponto em que houve a troca de turnos. Por isso foi decidido fazer a análise adicional, separando as medidas obtidas do primeiro e do segundo turno.

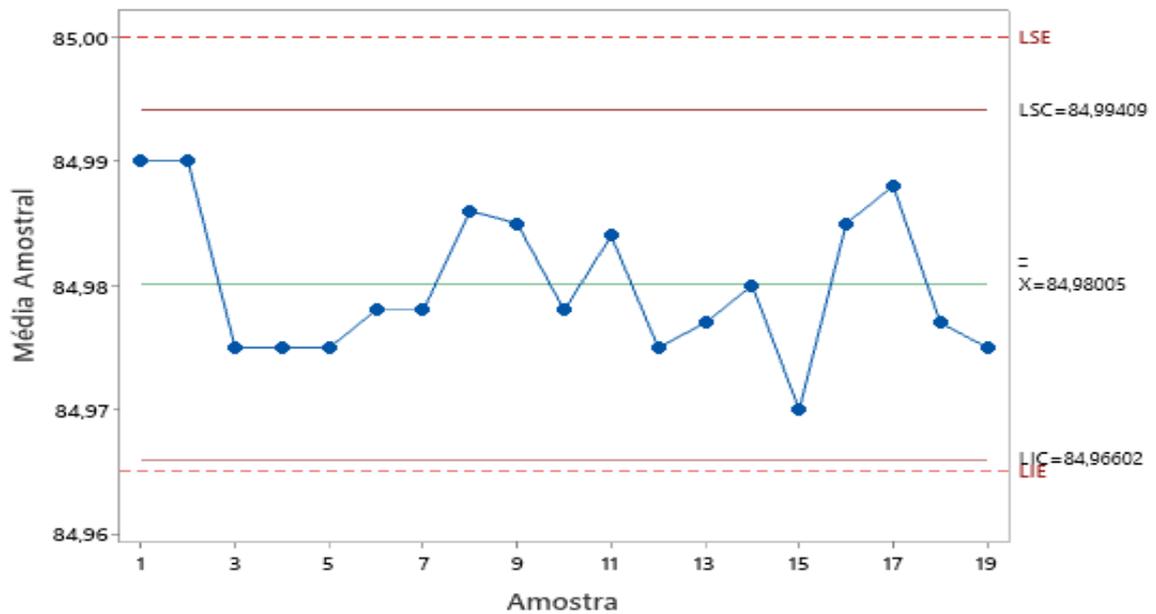
Figura 27 - Carta de controle de processo



Fonte: Autor (2022)

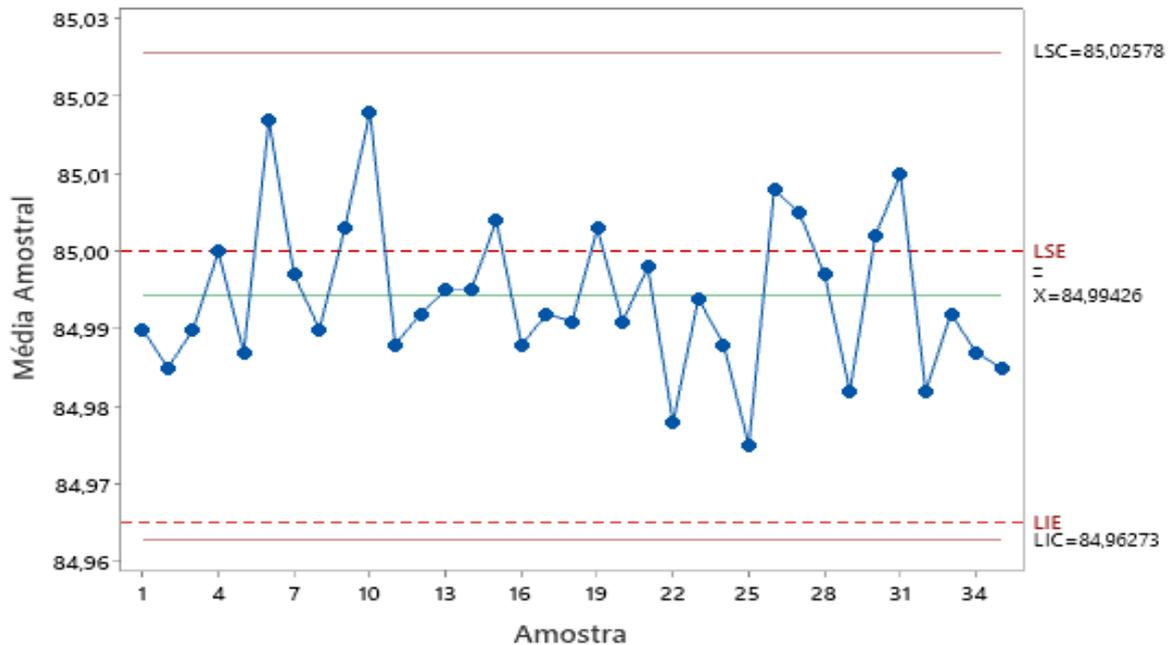
Os gráficos de controle para o primeiro e segundo turno podem ser observados nas Figuras 28 e 29, respectivamente.

Figura 28 – Gráfico de controle de processo do 1º turno



Fonte: Autor (2022)

Figura 29 - Gráfico de controle de processo 2º turno



Fonte: Autor (2022)

Através desta análise estratificada, ambos os processos se encontram dentro dos limites de controle obtidos para as medidas individuais coletadas ao longo do processo de fabricação. Porém o operador do primeiro turno manteve as medidas dentro dos limites especificados pelo cliente, enquanto o operador do segundo turno, apesar do processo não apresentar causas especiais, apresentou uma variação produzindo peças fora dos limites especificados. Isso se explica porque não existe uma padronização de setup da máquina para produzir o item. Cada operador faz a sua própria regulação de parâmetros de acordo com o controle dimensional feito em seu posto de trabalho.

Também foi possível calcular os índices de capacidade dos processos e os valores encontrados estão dispostos na Tabela 2.

Tabela 2 – Índices de capacidade

Índice	1º Turno	2º Turno	Agrupado
Cp	1,25	0,56	0,67
Cpk	1,07	0,18	0,41

Fonte: Autor (2022)

O processo apresenta índices de capacidade melhores no 1º turno, apresentando valores mais próximos da meta de Cpk de, no mínimo, 1,33.

3.1.4.6 Análise do sistema de medição

Para fazer o estudo do sistema de medição, inicialmente foi feita uma análise do tipo de instrumento utilizado pelo operador para fazer o autocontrole da operação. Foi identificado que o operador estava utilizando o instrumento comparador de diâmetro interno, também conhecido como “súbito”, acoplado a um relógio comparador de resolução centesimal. O zeramento do instrumento é feito através da regulagem em um micrômetro digital, onde o micrômetro é posicionado na medida que será controlada e o súbito é regulado em Zero por meio desta medida. Em uma análise inicial, a resolução do instrumento é considerada não adequada, uma vez que não respeita a regra de se utilizar um instrumento com resolução de, no máximo, um décimo da tolerância a ser controlada. Apesar disso foi controlado os diâmetros através do instrumento centesimal e anotados os valores na carta de controle de processo, e posteriormente foram medidas as peças novamente pelo autor, utilizando o mesmo instrumento, porém desta vez utilizando um relógio comparador com resolução milesimal. Os resultados estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 – Medidas obtidas com relógio comparador centesimal e milesimal

Peça	Centesimal	Milesimal	Erro	Peça	Centesimal	Milesimal	Erro
1	85,000	85,000	0,000	28	84,995	85,003	-0,008
2	84,990	84,998	-0,008	29	84,999	85,018	-0,019
3	84,990	84,990	0,000	30	84,990	84,988	0,002
4	84,980	84,975	0,005	31	84,990	84,992	-0,002
5	84,980	84,975	0,005	32	84,990	84,995	-0,005
6	84,980	84,978	0,002	33	84,990	84,995	-0,005
7	84,980	84,978	0,002	34	84,995	85,004	-0,009
8	84,990	84,986	0,004	35	84,980	84,988	-0,008
9	84,990	84,985	0,005	36	84,980	84,992	-0,012
10	84,980	84,978	0,002	37	84,985	84,991	-0,006
11	84,990	84,984	0,006	38	84,995	85,003	-0,008
12	84,980	84,975	0,005	39	84,990	84,991	-0,001
13	84,980	84,977	0,003	40	84,990	84,998	-0,008
14	84,980	84,980	0,000	41	84,985	84,978	0,007
15	84,970	84,970	0,000	42	84,990	84,994	-0,004
16	84,980	84,985	-0,005	43	84,990	84,988	0,002
17	84,990	84,988	0,002	44	84,980	84,975	0,005
18	84,980	84,977	0,003	45	84,995	85,008	-0,013

Tabela 3 – Medidas obtidas com relógio comparador centesimal e milesimal (continuação)

Peça	Centesimal	Milesimal	Erro	Peça	Centesimal	Milesimal	Erro
19	84,980	84,975	0,005	46	85,000	85,005	-0,005
20	84,990	84,990	0,000	47	84,995	84,997	-0,002
21	84,970	84,985	-0,015	48	84,995	84,982	0,013
22	84,990	84,990	0,000	49	85,000	85,002	-0,002
23	84,990	85,000	0,001	50	85,000	85,01	-0,010
24	84,985	84,987	-0,002	51	84,980	84,982	-0,002
25	84,995	85,017	-0,022	52	84,990	84,992	-0,002
26	84,975	84,978	-0,003	53	84,990	84,987	0,003
27	84,985	84,99	-0,005	54	84,980	84,985	-0,005

Fonte: Autor (2022)

Pode ser observado que o uso do instrumento de resolução centesimal implicou em um erro de até 0,022mm quando comparado com o valor de referência obtido com o relógio comparador milesimal. Novamente, ao separar os dados em 1º e 2º turno, onde até a peça 19 foi fabricada no primeiro turno, foi identificado que o operador do primeiro turno obteve um desvio padrão no erro de medição de 0,0036 mm, enquanto o operador do segundo turno obteve um desvio padrão de 0,081mm, o que pode indicar uma dificuldade na utilização do instrumento pelo operador do 2º turno.

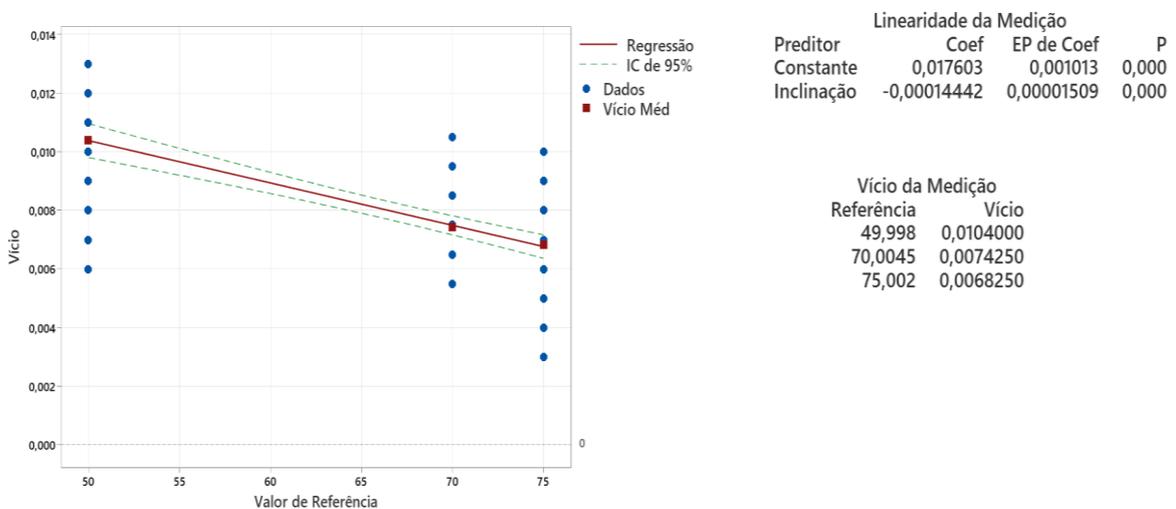
3.1.4.7 Tendência e linearidade do instrumento

Para identificar o erro introduzido pelo sistema de medição no processo de controle, foram analisados os certificados de calibração anual dos instrumentos. O micrômetro digital utilizado no zeramento apresentou o erro de 0,001mm na faixa utilizada e o Comparador de diâmetros internos apresentou o erro máximo de -0,002mm. Além dos instrumentos também foi verificado o certificado de calibração do padrão de zeramento do micrômetro, que estava com 0,001mm acima do valor nominal.

Foi constatado que os erros isolados dos instrumentos estão dentro de uma faixa aceitável, porém esses erros são obtidos em laboratório e representam apenas a condição de utilização de cada instrumento em separado, por isso foi necessário fazer o estudo de tendência e linearidade do conjunto como um sistema de medição, ou seja, preparação do Comparador de Diâmetros internos com o relógio comparador milesimal e a regulagem da

medida de referência no micrômetro. Para esse estudo foram utilizados três calibradores anéis de diâmetros diferentes e conhecidas suas medidas por meio do certificado de calibração. Cada anel foi medido dez vezes, e entre cada medição foi feito o zeramento do comparador de diâmetros internos no micrômetro e medido o calibrador o anel padrão. Por meio destes dados foi possível calcular a tendência do sistema de medição e fazer o relatório de tendência e linearidade do conjunto. Os resultados são apresentados na Figura 30.

Figura 30 - Relatório de Linearidade do sistema de medição



Fonte: Autor (2022)

Através do estudo de tendência, verifica-se que foram obtidas diferenças significativas quando comparadas as médias das medidas obtidas com os valores de referência. Também já é possível evidenciar houve uma variação das medidas obtidas em um mesmo calibrador anel, já apontando que pode haver também problemas na repetibilidade do sistema de medição.

3.1.4.8 R&R

Para fazer o estudo de repetibilidade e reprodutibilidade do sistema de medição utilizado em produção, foram separadas 10 peças de um lote de produção (Figura 31), onde elas foram enumeradas e demarcadas em uma área específica do diâmetro que deveria ser feita a medição. Para realizar as medições foram utilizados os dois operadores envolvidos no processo de fabricação do lote, além da metrologista do primeiro turno. Antes de cada

medição o operador teve que fazer a regulagem do instrumento no micrômetro e então realizar a inspeção. O valor foi passado de forma verbal enquanto o autor fazia o registro das medidas obtidas.

Figura 31 - Peças utilizadas no estudo de R&R



Fonte: Autor (2022)

Para fazer a compilação dos resultados, foi utilizado novamente o software Minitab, por meio do método de cálculo ANOVA, os resultados obtidos com a leitura no relógio centesimal acoplado ao subido estão relatados na Tabela 4.

Tabela 4 – Resultado R&R para o instrumento centesimal

Fonte	% de Tolerância (VE/Toler)
Total de R&R da Medição	102,75
Repetibilidade	69,99
Reprodutibilidade	75,23
OPERADOR	58,4
OPERADOR*PEÇA	47,43
Número de Categorias Distintas	2

Fonte: Autor (2022)

Para avaliar efetivamente o efeito da resolução do relógio utilizado, o estudo foi replicado com os mesmos operadores, só que desta vez utilizando o relógio comparados milesimal, sendo os resultados apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 – Resultado R&R para o instrumento milesimal

Fonte	% de Tolerância (VE/Toler)
Total de R&R da Medição	54,86
Repetibilidade	40,57
Reprodutibilidade	36,93
OPERADOR	21,97
OPERADOR*PEÇA	29,68
Número de Categorias Distintas	5

Pode ser observado que a troca do relógio comparador utilizado no sistema de medição apresentou uma melhoria de repetibilidade e reprodutibilidade do sistema de medição, porém os resultados continuaram acima do valor aceitável de 30% da tolerância a ser controlada. Considerando a sistemática de utilização do sistema de medição, o efeito do operador é significativo, seja pela diferença de medidas obtidas entre os operadores para uma mesma peça, como também pela interação com a peça que estava sendo medida, impactando na repetibilidade.

3.1.5 D5 – Identificação de ações corretivas

Durante a investigação da causa raiz da não conformidade, foram encontrados alguns pontos de melhoria, que não necessariamente são a causa raiz do problema enfrentado na empresa, porém podem auxiliar na prevenção de não conformidades. Foi identificado que a luminosidade estava dentro dos padrões exigidos pela norma NR-17, porém em acordo com o operador foi proposto a melhoria da iluminação por meio de instalação de luminárias no posto de trabalho. Outros pontos de melhoria propostos foram a inclusão de boletos nos desenhos utilizados em máquina e a criação de um plano de inspeção e carta de controle para o item, o que não existia anteriormente, uma vez que a empresa trata o item como especial, mesmo podendo ter demanda semanal de lotes de até 300 peças.

Com base nos estudos, foram constatados diversos pontos relacionados a causa raiz da não conformidade. O primeiro ponto que foi levantado foi a falta de habilidade do operador do segundo turno em utilizar o instrumento de medição. Também verificou-se que durante o segundo turno o processo se mostrou mais instável; uma justificativa para isso é decorrente da dificuldade do operador em utilizar o instrumento de medição, uma vez que as leituras errôneas no instrumento poderiam estar indicando a necessidade correções nos parâmetros de usinagem, quando efetivamente estas não seriam necessárias. Outro ponto que reforça essa constatação é que o operador do primeiro turno foi quem preparou a máquina para a produção, onde a máquina utilizada é um torno CNC, que após a preparação as únicas correções feitas são em parâmetros de corte posicional baseadas nas medidas coletadas no acompanhamento da produção em máquina. O operador do primeiro turno conseguiu manter um processo em melhores níveis de capacidade, com um Cpk de 1,07, porém com um Cp de 1,25 indicando que com ajustes finos na preparação para trazer a média do processo para mais próxima do centro da tolerância, poderia ser obtido um Cpk próximo de 1,25 para o processo.

Com foco no sistema de medição, foi constatado que o instrumento usualmente utilizado de resolução centesimal, efetivamente não atende os requisitos necessários para a tolerância do processo. A alteração para um instrumento de medição com leitura milesimal traz melhorias na repetibilidade e reprodutibilidade e, com o treinamento do pessoal, poderia se buscar a qualificação do sistema de medição para a tarefa de inspeção requerida. Outro ponto levantado foi a tendência e linearidade do conjunto utilizado, apresentando em algumas faixas de medição erros de medição de 0,01mm, o que representaria impacto de aproximadamente 29% da tolerância a ser controlada. Esse erro está relacionado com o método de regulagem do instrumento, uma vez que os erros apresentados nos certificados de calibração dos instrumentos isolados não foram maiores do que 0,002mm. Os pontos que foram identificados para esse erro de zeramento são a área relativamente pequena para o apoio das pontas do súbito e as faces planas e paralelas das pontas de contato do micrômetro, acarretando em erro de perpendicularidade entre as pontas do súbito e as faces do micrômetro. Outro ponto identificado foi que por conta de o instrumento ter essa área pequena e ficar apoiado sobre uma base de fixação onde o súbito fica suspenso entre as mãos do operador e o micrômetro (Figura 32), quando o operador procura o ponto mínimo das faces para fazer o zeramento, ele acaba forçando a catraca de leitura do súbito, encontrando um ponto mínimo falso.

Figura 32 – Regulagem do comparador de diâmetros internos com o micrômetro



Fonte: Autor (2022)

Com base nessas constatações foi proposto uma série de ações corretivas, e com auxílio da ferramenta 5W1H foi elaborado um plano de ação para o tratamento da não conformidade (Figura 33).

Figura 33 -Plano de ação 5W1H

5W2H	O que?	Por que?	Onde?	Quando?	Quem?	Como?	Estado
Desenho	Inclusão de cotas boletadas no desenho	Identificar cotas	Metrologia	10/07/2022	Autor	Boletar o desenho e anexar na O.P.	Concluído
Controle/ inspeção	Criar carta de inspeção em máquina	Controle de qualidade em posto de trabalho	Metrologia	22/07/2022	Autor	Utilizando o padrão de carta de inspeção da empresa	Concluído
Instrumentos	Troca de instrumentos de medição	Meio de medição não garante identificação do erro	Posto de trabalho (CNC13)	21/07/2022	Líder da qualidade	Troca por calibradores P/NP	Em orçamento/ Aguardando aprovação
Operador	Treinamento com os colaboradores	Porque será feito a implementação da carta de inspeção e orientação quanto ao uso dos instrumentos de medição	Posto de trabalho (CNC13)	24/07/2022	Líder da qualidade e metrologia	Treinamento em local de trabalho.	Aguardando
Processo	Padronizar o processo, por meio de uma instrução de trabalho	Para evitar a variação de processo causada por influencia do operador	Setor de engenharia	20/07/2022	Equipe de processos e preparador	Elaboração e documentação da instrução de trabalho	Em desenvolvimento

Fonte: Autor (2022)

Entre as ações corretivas a serem tomadas, foi decidido tratar o problema em diversas frentes. Primeiramente com base no estudo estatístico do processo e avaliação do meio de medição, foi identificado que o operador do 2º turno apresentou uma dificuldade em manter o processo estável. Com o intuito de diminuir o efeito do operador sobre o processo e eliminar a indução ao erro causada pelo instrumento de medição foi decidido tomar medidas de padronização tanto quanto ao processo quanto ao meio de medição. Para o processo, não existia uma instrução de trabalho para a fabricação da peça, anteriormente era apresentada apenas uma ordem de produção com o desenho e o preparador deveria fazer a escolha de fixação, rotação, avanço e ferramentas utilizadas. Por isso ficou em responsabilidade da equipe de processos a criação de uma instrução de trabalho, indicando o dispositivo de fixação a ser utilizado, o programa, tanto quanto parâmetros de rotação e avanço, além do tipo de ferramenta de usinagem que será usado.

Referente à área de controle e qualidade, ficou em cargo do analista da qualidade de padronizar o controle e inspeção em máquina, para isso foi criado um plano de inspeção e a

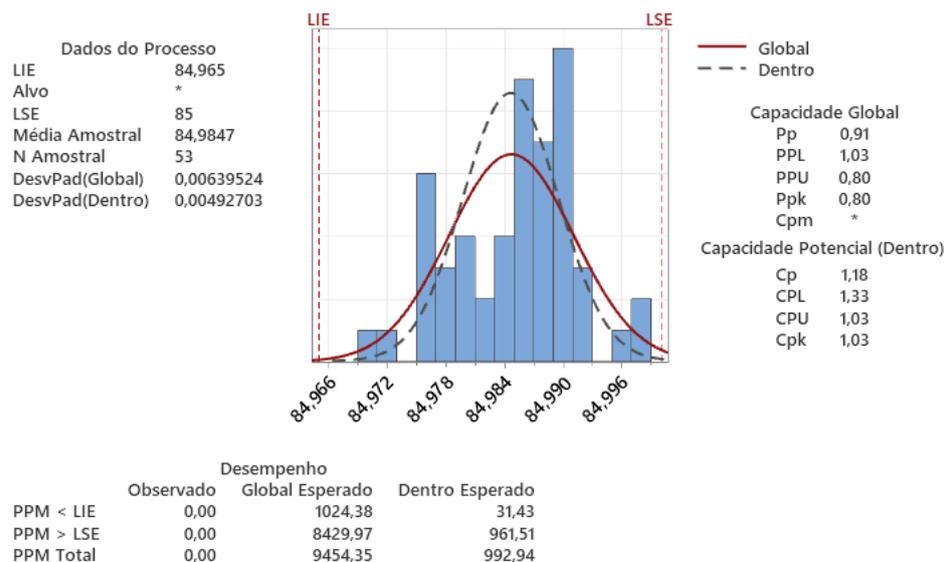
carta de inspeção em máquina. Para facilitar a identificação das cotas no desenho, também foi incluído a numeração de cada cota a ser controlada no desenho que é entregue junto a ordem de produção. Além disso como medida de controle, entrou em orçamento o calibrador Passa/Não passa com a medida de 85M7, esse tipo de instrumento pode ser utilizado relativamente rápido e tira o erro de medição que pode ser causado por influência do operador, assim evitando que peças fora do especificado cheguem ao próximo processo.

3.1.6 D6 – Comprovação da eficácia das ações

Não foi possível implementar todas as ações corretivas propostas até a data de entrega do trabalho proposto, por isso foram implementadas apenas as ações corretivas que ficaram sob responsabilidade do analista da qualidade.

Durante o lote de produção de 125 peças que iniciou a produção no dia 27/06/2022, foi implementado as ações corretivas referentes ao plano de inspeção e meio de medição. As peças foram marcadas com canetão indicando a ordem da fabricação, para poderem ser medidas novamente pelo autor. Por meio dos dados obtidos foi possível montar o histograma e calcular novamente a capacidade do processo por operador (Figuras 34 e 35).

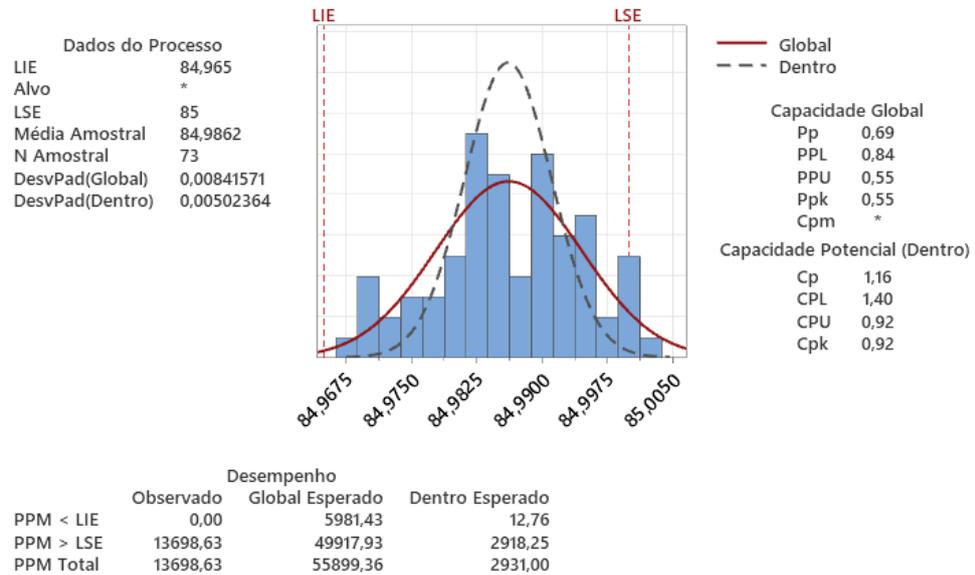
Figura 34 - Relatório de Capacidade de processo – 1º Turno



A dispersão do processo real é representada por 6 sigma.

Fonte: Autor (2022)

Figura 35 - Relatório de Capacidade – 2º turno



A dispersão do processo real é representada por 6 sigma.

Fonte: Autor (2022)

Como pode ser observado nas figuras acima, o operador do primeiro turno continuou com o índice de capacidade próximo do que foi observado anteriormente, porém o operador do segundo turno obteve um ganho de performance em seu processo com o uso do instrumento adequado passando de um Cpk de 0,18 para 0,92. O operador do segundo turno ainda produziu algumas peças fora da especificação, demonstrando que as ações corretivas ainda não foram o suficiente para sanar o problema da não conformidade do item, entretanto o ganho da ação corretiva pode ser observado ao comparar o primeiro lote produzido no segundo turno, com uma redução significativa de peças não conformes. Levando em consideração que não foi possível implementar todas as ações de melhoria a tempo de finalizar o trabalho, após ser implementado a documentação de instrução de trabalho para padronização do processo e melhorado o treinamento dos operadores, será possível verificar se as ações corretivas foram suficientes ou se ações adicionais também devem ser tomadas, principalmente voltadas para regulagem da máquina ferramenta como também para a regulagem do Comparador de diâmetros internos no valor de referência, o que pode indicar a necessidade de aquisições de calibradores anéis para realizar a zeragem do equipamento. Além disso a utilização de calibradores Passa/Não passa deverão evitar que peças muito próximas dos limites do especificado sejam aprovadas e sigam para a próxima etapa do fluxo do processo.

3.1.7 D7 – Ações preventivas

Como apontado anteriormente, não existia um padrão de processo ou instrução de trabalho para a fabricação do item. Por isso, após a implementação de cada melhoria, as instruções devem ser documentadas e anexadas à ordem de fabricação, para que em qualquer momento que a empresa seja solicitada a fabricar o item, independente do operador que for designado a trabalhar no processo, o processo e a inspeção serão os mesmos, gerando uma convergência nos resultados obtidos. e por consequência os resultados devem ser os mesmos.

3.1.8 D8 – Reconhecimento

Essa etapa será abordada posteriormente, quando as demais ações corretivas puderem ser implementadas e observados os resultados. Durante essa etapa será agradecido a todos os participantes pelo tempo e esforço proporcionado. Também será discutido os ganhos e aprendizados com o trabalho para a organização.

3.1.9 Resultados obtidos

Com as ações corretivas que foram implementadas até a conclusão deste trabalho de conclusão de curso, foi observado uma melhora no índice de capacidade do processo para o operador do segundo turno, passando de um Cpk de 0,18 para 0,98.

Percebesse que o processo se encontra com melhor estabilidade após as ações tomadas, uma vez que os limites de controle que antes estavam fora dos limites especificados, agora estão dispostos entre os LIE e LSE, indicando que a variação esperada do processo esteja dentro do especificado. Conforme as ações de melhorias ainda pendentes sejam implementadas, espera-se que se atinja os índices de capacidade esperados ($Cpk > 1,33$), para que pequenas variações no processo não comprometam a entrega do produto dentro da especificação.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o mercado cada vez mais competitivo, os requisitos e exigências dos clientes são mais elevados, levando as organizações a procurar recursos para melhorar o seu sistema de gestão da qualidade. Uma das formas mais comuns usadas pelas organizações é a sua adequação a norma ISO 9001. Entretanto isso não evita a ocorrência de não conformidades juntos ao cliente. Sendo assim, além de possuir um sistema de gestão da qualidade adequado, também é necessário que os colaboradores envolvidos no processo de qualidade tenham o conhecimento necessário em ferramentas de qualidade e metodologia de resolução de problemas.

Durante o estudo de caso foi observado que o uso de ferramentas da qualidade junto a metodologia 8D permitiu “enxergar” o processo de fabricação por uma ótica maior do que a relação operador-maquina, onde foram abordados aspectos como ambiente de trabalho; maquina; sistema de medição; padronização de processo; saúde do operador; instrução de trabalho. Aspectos esses que muitas vezes não são nem considerados quando a tratativa de uma não conformidade não é abordada por meio das ferramentas adequadas.

Por meio do estudo foi possível observar a importância do uso de um sistema de medição adequado e a influência que o mesmo tem sobre o processo de fabricação, uma vez que o sistema de medição não serve apenas para inspeção. Ele está diretamente ligado ao processo de fabricação, uma vez que é por meio do instrumento usado em máquina que o operador faz os ajustes e preparação da máquina para a produção. Um sistema de medição não adequado pode induzir o operador ao erro, causando sucessivos ajustes desnecessários no processo. Assim foi possível melhorar o desempenho e a capacidade do processo, com a troca do instrumento de medição e a introdução de uma ficha de controle.

Durante o projeto também ficou claro a importância do controle estatístico de processo, pois através dele foi possível identificar a variação anormal na produção do lote durante o segundo turno.

Entretanto, as ações corretivas que foram possíveis de implementar até a data de termino deste trabalho, ainda não se mostraram os suficientes para prevenir a produção de peças não conformes. Uma vez que o índice de capacidade Cpk ainda ficou abaixo da meta de 1,33 e o operador do segundo turno continuou produzindo algumas peças fora do especificado. Para constatar a eficácia no projeto de melhoria, seria necessário implementar as

ações corretivas referentes à padronização do processo, aquisição de anéis padrão para a calibração do instrumento, e também treinamento aos operadores. Também observando a diferença de performance entre os operadores de primeiro e segundo turno, ficou claro a necessidade de padronização e criação de uma instrução de trabalho, uma vez que dentro de um processo industrial é necessário que independente de quem seja o operador encarregado da produção, os resultados sejam sempre os mesmos.

Para projetos futuros recomenda-se o estudo de R&R, linearidade e tendência para comparadores de diâmetro interno através do zeramento por micrômetro em comparação a anéis padrão. Uma vez que foi identificada uma tendência através desse conjunto, porém não foi possível constatar exatamente o que causou este erro de medição, uma vez que os testes foram refeitos com diferentes conjuntos de súbito e micrômetro e continuaram a apresentar os mesmos resultados.

Também fica como sugestão para trabalhos futuros o estudo de capacidade de processo, influenciado por padronização e criação de instruções de trabalho para fabricação de peças.

Com base no estudo de caso, ficou evidente que a utilização do Método 8D para resolução de não conformidades, inclusive aquelas decorrentes de trabalho não conforme, contribui para que sejam utilizadas ferramentas da qualidade adequadas para levantamento das causas, e propostas de ações corretivas.

REFERÊNCIAS

ABNT NBR **ISO 9000**:2015: Sistemas de gestão da qualidade – fundamentos e vocabulário. Rio de Janeiro: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2015.

ABNT NBR **ISO 9001**:2015: Sistemas de gestão da qualidade - requisitos. Rio de Janeiro: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2015.

ALENCAR, Joana França de. **UTILIZAÇÃO DO CICLO PDCA PARA ANÁLISE DE NÃO CONFORMIDADES EM UM PROCESSO LOGÍSTICO**. Juiz de Fora: Universidade Federal de Juiz de Fora, 2008.

ALLEN, Theodore T.. **Introduction to Engineering Statistics and Lean Sigma**. Londres: Srpinger, 2010.

ANDRADE, Darly Fernando. **Gestão pela qualidade**. 3. ed. Belo Horizonte: Poisson, 2018.

ANFAVEA. **Análises de sistemas de medição – MSA**, Manual de referência. 4ª. Ed. São Paulo: IQA, 2010.

ARAUJO, Bárbara Louisie Silva. **APLICAÇÃO DO MASP NA GESTÃO DOS BANCOS DE HORAS EM CENTROS DE VENDAS E DISTRIBUIÇÃO DE UMA EMPRESA DE BEBIDAS**. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, p.63 2017.

BRAGA, Neisson Eurípedes. **THE USE OF MASP METHODOLOGY**: case study in an automotive auto parts industry. Anais do IX Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção, 2019.

CAMPOS, Vicente Falconi. **TQC: Controle da Qualidade Total**. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, Escola de Engenharia da UFMG, Rio de Janeiro, 1992.

CASTRO, Renan Flauzino de. **MEASUREMENT SYSTEM ANALYSIS (MSA) COMO FERRAMENTA DE AVALIAÇÃO DO SISTEMA DE MEDIÇÃO EM UMA INDÚSTRIA SIDERÚRGICA**. 2015. Campinas: Monografia - Curso de Engenharia de Produção, Universidade São Francisco, 2015.

CARPINETTI, L. C. T. **Gestão da qualidade. Conceitos e Técnicas**. São Paulo: Editora Atlas, 2010.

CARVALHO, M M. (2012), **Gestão da Qualidade: teoria e casos**Rio de Janeiro: Ed.Elsevier, 2012.

CHIES, Suelen de Oliveira. **A APLICAÇÃO DA FERRAMENTA 8D PARA A RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS DE QUALIDADE NO CLIENTE**. La Salle: Dissertação - Cippus, 2019.

COSTA, Inessa Claudiano. **SISTEMA DE GESTÃO DA QUALIDADE: impulsionando a melhoria nos processos de uma indústria gráfica**. Juiz de Fora: Dissertação - Universidade Federal de Juiz de Fora, 2014.

COSTA, Taiane Barbosa da Silva. **Análise da causa raiz: Utilização do diagrama de Ishikawa e Método dos 5 Porquês para identificação das causas da baixa produtividade em uma cacauicultura**. Belém: Anais da X SIMPROD, 2018.

DELGADO, Igor Renato Ramos. **ANÁLISE DA METODOLOGIA A3: O CASO DE UMA EMPRESA DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA**. Fortaleza: Dissertação - Universidade Federal do Ceará, p.71. 2016.

DEMING, William Edwards. **Saia da crise**. São Paulo: Futura, 2003.

DUARTE, Gabriel Uchoa. **Análise da aplicação do dmaic em um centro de distribuição no Ceará**. 2016. 82 f. Monografia (Graduação em Engenharia de Produção Mecânica)- Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2016.

FARIAS, Alini Nabeshima. **APLICAÇÃO DA FERRAMENTA OITO DISCIPLINAS NO PROCESSO DE TECNOLOGIA DE MONTAGEM EM SUPERFÍCIE DE MANUFATURA INDUSTRIAL**. Belém: PPGEP, 2017.

FERNANDES, Daniela de Jesus. **Implementação da NP EN ISO 9001:2015 na Indústria da Torrefação**. Lisboa: Dissertação - Universidade Nova de Lisboa, 2016.

FONSECA, Augusto V. M. da. **Uma análise sobre o Ciclo PDCA como um método para solução de problemas da qualidade**. Fortaleza: Anais XXVI EENEGEP, 2006.

FRAGA, Gustavo. **MELHORIA CONTÍNUA: UM ESTUDO SOBRE A FILOSOFIA KAIZEN EM UMA INDÚSTRIA**. Florianópolis: Dissertação - Universidade Federal de Santa Catarina, 2020.

GIACOMELLI, Ueslei Ferreira *et al.* **Vazamento de latas na região da solda: aplicando ferramentas da qualidade no tratamento da não conformidade**. Cachoeirinha: Anais da XIII Mostra Científica do Cesuca, 2019.

GONÇALVES, Karoline Yoshiko *et al.* **Aplicação das ferramentas da qualidade como suporte para melhoria do processo de produção da PRANCHA Y**. Campo Mourao: XI Encontro de Engenharia de Produção Agroindustrial, 2018.

GONÇALVES, Maison Breno de Queiroz Carneiro. **Aplicação das ferramentas da qualidade no ciclo pdca para melhoria continua: estudo de caso em uma empresa de bebidas**. Fortaleza: Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental)-Universidade Federal do Ceará, 2017.

GONZÁLES, J. C. S.; MIGUEL, P. A. C. **Uma Contribuição à Interpretação da QS 9000. Programa de Mestrado em Engenharia de Produção. Núcleo de Gestão da Qualidade & Metrologia. Centro de Tecnologia**, Piracicaba: ENEGEP – Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 1998.

GONZALEZ, Rodrigo Valio Dominguez. **Melhoria contínua no ambiente ISO 9001:2000: estudo de caso em duas empresas do setor automobilístico.** São Carlos: UFSCAR, 2007.

HINTZ, Matheus Henrique. **ESTRUTURAÇÃO DA METODOLOGIA 8D PARA ANÁLISE E SOLUÇÃO DE PROBLEMAS EM UMA EMPRESA METAL MECÂNICA.** Horizontina: Dissertação - Fabor, 2020.

HOLANDA, L. M. C.; SOUZA, I. D.; FRANCISCO, A. C. **Proposta de aplicação do método DMAIC para melhoria da qualidade dos produtos numa indústria de calçados em Alagoa Nova-PB.** GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas, Bauru, Ano 8, nº 4, out-dez/2013, p. 31-44.

JOÃO, Leandro J. **IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE GESTÃO DA QUALIDADE BASEADO NA NBR ISO 9001:2000 NA UNIMED FLORIANÓPOLIS.** Florianópolis: Dissertação - Universidade Federal de Santa Catarina,. 2005.

KOVALESKI, João Luiz. **Roteiro de Aplicação do Masp: um Estudo de Caso na Indústria Madeireira.** Curitiba: Anais VIII Simpósio de excelência em gestão e tecnologia , 2011.

LONGARAY, André Andrade *et al.* **PROPOSTA DE APLICAÇÃO DO CICLO PDCA PARA MELHORIA CONTÍNUA DO SISTEMA DE CONFINAMENTO BOVINO: UM ESTUDO DE CASO.** Rio Grande: Sistemas & Gestão 12, pp 353-361, 2017.

MAEKAWA, Rafael; CARVALHO, Marly Monteiro de; OLIVEIRA, Otávio José de. **Um estudo sobre a certificação ISO 9001 no Brasil: mapeamento de motivações, benefícios e dificuldades.** São Carlos: G&P, 2013.

MONTGOMERY, Douglas C.. **Introduction to statistical quality control.** Arizona: Wiley, 2013.

NAGANATHAN, V.. **A Comparative Analysis on Sony's Approach to Problem Solving and Decision-Making**. Tamilnadu: Department Of Computer Science, University Of Madras, Chennai, 2013.

NEVES, Thiago Franca. **IMPORTÂNCIA DA UTILIZAÇÃO DO CICLO PDCA PARA GARANTIA DA QUALIDADE DO PRODUTO EM UMA INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA**. Juiz de Fora: Dissertação EPD/UFJF, 2007.

OLIVEIRA, Nicolas Hoerlle de *et al.* **Metodologia do relatório A3 para solução de problemas**. Porto Alegre: Dissertação - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2022.

OPRIME, Pedro Carlos. **ANÁLISE DOS MECANISMOS DE APOIO E TÉCNICAS PARA AS ATIVIDADES DE MELHORIA CONTÍNUA: SURVEY EM EMPRESAS INDUSTRIAIS BRASILEIRA**. Rio de Janeiro: Anais XXVIII ENEGEP, 2008.

PALADINI E. P. **Qualidade total na prática. Implantação e avaliação de sistemas de qualidade total**. São Paulo: Atlas, 1994.

PALADINI, E. P. **Qualidade Total na Prática – Implantação e Avaliação de Sistemas de Qualidade Total**. 2 ed. São Paulo: Atlas S.A, 1997.

PALADINI, Edson Pacheco *et al.* **GESTÃO DA QUALIDADE: teoria e casos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.

PASCOAL, Erik Telles; IAMAGUT, Bruna Hiroko; BERNARDES, Pedro Henrique Vilela. **A3 METHODOLOGY: application, advantages, disadvantages and difficulties from the study in a paper factory**. Florianópolis: Revista Produção Online, 2021.

RAMOS, E. M. L. S.; ALMEIDA, S. S.; ARAÚJO, A. R. **Controle estatístico da qualidade**. Porto Alegre: Bookman, 2013.

REIS, Érica Fernanda dos *et al.* **Aplicação do ciclo PDCA, das ferramentas 8D e da qualidade: um estudo de caso no processo injeção plástica de um fornecedor da indústria automobilística e de linha branca.** Ponta Grossa: Anais APREPRO 2018, 2018.

ROCHA, Henrique Martins. **Controle Estatístico de Qualidade.** Rio de Janeiro: FAPERJ, 2019.

RODRIGUES, Beatriz Linhares. **Análise da aplicação do masp para redução dos níveis de consumo de matéria prima em uma indústria fabricante de pás para aerogeradores.** Ceará: Monografia (Graduação em Engenharia de Produção Mecânica)-Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2016.

RODRIGUES, Jade Borges. **APLICAÇÃO DO MÉTODO PDCA PARA MELHORIA NA GESTÃO DO PROCESSO FINANCEIRO DE UM CARTÓRIO DE CRICIÚMA-SC.** Criciúma: Dissertação - Unesc, 2017.

Rosário, A. D. (2019). **APLICAÇÃO PRÁTICA DAS SETE FERRAMENTAS DA QUALIDADE.** *Interação - Revista De Ensino, Pesquisa E Extensão*, 16(16), 9 - 23. <https://doi.org/10.33836/interacao.v16i16.63>.

ROSSATO, F.; BOLIGDON, J.A.R.; MEDEIROS, F.S.B. **Estratégias para a implantação do programa 5s em uma cooperativa,** *Latin American Journal of Business Management*, Vol.7, Num.2, pp.27-49, 2016.

SANTOS FILHO, Paulo Sérgio dos. **Uma Visão geral da Eficiência Energética na indústria e contribuições das metodologias: Ciclo PDCA, 5W2H e WCM.** Monografia - Universidade Federal de Ouro Preto, 2021.

SELEME, R; STADLER, H. **Controle da qualidade: As ferramentas essenciais.** Curitiba: Intersaberes, 2012.

SILVA, C. O.; AGOSTINO, I. R. S.; SOUSA, S. R. de O.; COUTO, P. F.; DAHER, R. O. **A utilização do método PDCA para melhoria dos processos: um estudo de caso no carregamento de navios.** *Revista espacios*. 2017. Disponível em: <https://www.revistaespacios.com/a17v38n27/a17v38n27p09.pdf>. Acesso em: 10 jul. 2022.

SILVA, Débora Cristina da; GALDAMEZ, Dr. Edwin Vladimir Cardoza. **IMPLANTAÇÃO DA NORMA IATF 16949:2016 EM UMA INDÚSTRIA DE REFUSÃO E EXTRUSÃO DE ALUMÍNIO.** Maringá: Dissertação - Departamento de Engenharia de Produção, 2018.

SILVA, William Felipe da. **UTILIZAÇÃO DO MASP (MÉTODO DE ANÁLISE E SOLUÇÃO DE PROBLEMAS) NA MELHORIA DO FLUXO DE INFORMAÇÕES: UM ESTUDO DE CASO.** Marília: Monografia - Fundação de Ensino “Eurípides Soares da Rocha”, 2014.

SILVEIRA, Jaqueline da. **IMPLEMENTAÇÃO DA ISO 9001 COMO ESTRATÉGIA DE MELHORIA DAS OPERAÇÕES E DOS RESULTADOS FINANCEIROS: UM ESTUDO DE CASO EM UMA METALÚRGICA.** Santa Cruz do Sul: Dissertação - Universidade de Santa Cruz do Sul, 2013.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; HARLAND, C.; HARRISON, A.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**; Revisão técnica. São Paulo: Atlas, 2009.

SOLIGO, Lucas Pavani; NUNES, Deivid Marques. **APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DAS 8 DISCIPLINAS PARA REDUÇÃO DE UMA NÃO CONFORMIDADE EM UMA EMPRESA DO SETOR AUTOMOTIVO.** Vitória: Brazilian Journal Of Production Engineering, 2021.

SOUZA, Jefferson Mariano de. **PDCA and Lean Manufacturing: Case Study in Appliance of Quality Process in Alfa Graphics.** Londrina: A Faculdade Anhanguera de Santa Bárbara, 2016.

STAINZACK, Julio Cesar. **APLICAÇÃO DA FERRAMENTA A3 NA ÁREA DE SUPORTE DO PRODUTO: UM ESTUDO DE CASO EM UMA EMPRESA DA REGIÃO SUL DO PAÍS.** Curitiba: Monografia - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2018.

TESTONI, Manuela. **ANÁLISE DA IMPLEMENTAÇÃO DO DMAIC DO LEAN SEIS SIGMA NA REDUÇÃO DE DESPERDÍCIOS DE LOGÍSTICA INTERNA DE UMA EMPRESA DO SETOR AUTOMOTIVO.** Florianópolis: Dissertação - UFSC, 2021.

TORRES, Karen Lopes *et al.* **APLICAÇÃO DO CICLO PDCA EM OBRA DE EDIFICAÇÃO RESIDENCIAL DE PEQUENO PORTE EM GOVERNADOR VALADARES.** Governador Valadares: Dissertação - Universidade Vale do Rio Doce, 2017.

TRESOLDI, Tiago Henrique. **APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DMAIC PARA MELHORIA DE DESEMPENHO DE UMA EQUIPE DE VENDAS DO SETOR DE CALÇADOS E CONFECÇÕES.** Ituiutaba: Monografia - Universidade Federal de Uberlândia, 2019.

VARGAS, Diego Leandro. **RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS UTILIZANDO A METODOLOGIA 8D: ESTUDO DE CASO DE UMA INDÚSTRIA DO SETOR SUCROALCOOLEIRO.** Aracaju: SEMPROD, 2017.

VASCONCELOS, Sarah Aragão. **ADEQUAÇÃO DE UMA MONTADORA AUTOMOBILÍSTICA À NORMA BRASILEIRA ISO 9001:2015.** Vitória: Brazilian Journal Of Production Engineering, 2020.

WERKEMA, M.C.C. **As ferramentas da qualidade no gerenciamento de processos.** 2. ed. Belo Horizonte: UFMG; Fundação Christiano Ottoni, 1995.

YAN, Ching-chow. The evolution of quality concepts and the related quality management. Capítulo de livro. IntechOpen, 2017. DOI: 10.5772/67211.

YEN-TSANG, Chen; CSILLAG, João Mário; CATTINI JUNIOR, Orlando. **Melhoria contínua continua? Conceitos, Vertentes e Tendências**. Rio de Janeiro: EnANPAD, 2012.