

GESTÃO DA QUALIDADE: FERRAMENTAS DA QUALIDADE

AMANDA LETICIA PEREIRA MARQUES ¹

JÉSSICA ANDRESA DA SILVA COSTA ²

MARCOS TÚLIO DE CARVALHO ³

JOSÉ EDUARDO ⁴

RODRIGO OLIVA ⁵

RESUMO

Gestão da qualidade ferramentas da qualidade, teve como objetivo a identificação e solução do erro de simetria ocorrido na pinças de freio da mangas de eixo onde era usinada. Para a solução do mesmo foi efetuado um estudo de caso onde foi detalhado tudo que ocorria no processo e em qual operação tinha a incidência do erro, para achar a possível causa raiz foi usada a matriz MASP (Método de análise e solução de problema) e dentro das 6 etapas do mesmo foi utilizado ferramentas da qualidade como: Fluxograma, 5W2H, *Ishikawa*, *Brainstorming*, dentre outras ferramentas. Para a solução do erro de simetria foi instalado o *Air-Check* na operação onde foi encontrado o índice de maior problema e após essa instalação a empresa conseguiu eliminar grande parte do problema, mas para que o resultado positivo seja disseminado e melhorado, será necessário investir e expandir as melhorias em outras maquinas.

PALAVRA-CHAVE: Ferramentas da qualidade, erro de simetria, Pinças de freio da manga de eixo.

INTRODUÇÃO

Na atual situação de mercado globalizado, é exigido das organizações, que cada vez mais estas, reduzam seus custos de produção, e ofereçam produtos de alta confiabilidade, se contrário, às mesmas perderão seu poder de competitividade, e como consequência serem penalizadas com a extinção de sua participação no mercado. No ramo de produção de componentes automotivos não é diferente, pois a alta competitividade, inovações tecnológicas cada vez mais constantes e clientes cada dia mais sofisticados pressionam estas indústrias no que diz respeito à redução de custos.

Reduzir custos, mantendo a mesma qualidade de seus produtos e produtividade de seus processos, é o grande desafio da indústria moderna. Neste contexto, um estudo a fim de revelar

¹ Graduando em Engenharia de Produção.

² Graduando em Engenharia de Produção.

³ Graduando em Engenharia de Produção.

⁴ Licenciado em matemática, especialista em Engenharia de Produção, especialista em Educação Profissional e Mestre em Matemática Profissional.

⁵ Graduado em Engenharia Mecânica, Pós Graduado em Gestão Empresarial, Mestre em Engenharia Mecânica Automotiva – Confiabilidade.

as causas do alto índice de refugo por erro de simetria das pinças de freio na linha de usinagem da Manga de Eixo da OMR Componentes Automotivos Ltda., pode oferecer ferramentas úteis e simples, como exemplo o Diagrama de Causa e Efeito, para que a mesma possa buscar soluções viáveis e eficazes para tal problema.

Seu desenvolvimento, em 2018, foi muito importante para que a empresa encontre alternativas que possam reduzir custos, no que diz respeito ao refugo de usinagem da linha da Manga de Eixo, e o principal, que é oferecer produtos que atendam às expectativas de seus clientes.

O objetivo deste trabalho será o de apresentar a investigação realizada para a eliminação das causas de erros de simetria das pinças de freio, utilizando as ferramentas da qualidade e melhorias de processo. Será apresentado o Método de Análise e Solução de Problemas, o MASP/PDCA, e *Poka-Yoke*, processo a prova de erros, utilizados como armas poderosas para redução das perdas no processo, tornando-o mais produtivo.

2 ORGANIZAÇÃO EM ESTUDO

A empresa foi constituída em 1919 em Rezzato na Itália com a razão social 'Filli Tirini' e iniciou sua própria atividade na construção de máquinas para usinagem de mármore, passando sucessivamente a produzir equipamentos para o setor têxtil e, durante o período bélico para o exército.

Em 1955, assume o nome OMR, “Officine Meccaniche Rezzatesi”, e, no mesmo período, puxada pela OM (hoje IVECO) que fabricava tratores, veículos industriais, comerciais e automóveis, a sociedade opta pela usinagem de componentes para o setor de veículos industriais. Na metade dos anos 80, um decisivo desenvolvimento no seu crescimento veio por meio de significativos investimentos voltados para a renovação dos processos com instalações de elevadíssimo conteúdo tecnológico, atitudes necessárias para satisfazer às exigências e expectativas crescentes dos clientes. Graças ao alto nível de confiança atingido no mercado pela qualidade dos processos, dos produtos e dos serviços prestados aos clientes, a OMR se torna líder de componentes automotivos.

A relação de parceria com as mais importantes montadoras de veículos, acompanhada por uma contínua atualização tecnológica das instalações e maquinário, e de um constante melhoramento da organização empresarial, permitiu passar, sucessivamente, de terceirizado a fornecedor de um produto projetado em codesign com o cliente e realizado completamente pela OMR. Após a vasta experiência adquirida e o grande processo de globalização em curso, em 1999, a OMR atravessa o Oceano Atlântico trazendo a sua tecnologia italiana para a América do Sul. Desde então, vem crescendo muito, aumentando também seu espaço no mercado interno e externo.

Situada na Rua Ricardo Mediolli, nº100, bairro das Indústrias, a OMR, atualmente, está instalada em terreno próprio. Conta com cerca de 670 funcionários, ocupando os seguintes cargos: engenheiros, operadores de produção, gestores, analistas de qualidade, mecânicos de manutenção, eletricitas, programadores, etc.

Os seguintes produtos são uma amostra do que é produzido pela empresa:

Bloco de motores; Cabeçote de motores; Suportes em geral; Discos e tambores de freio, Manga de eixo; Volante do Motor, Carter para máquinas agrícolas; Montagem de componentes, etc.

Estes são alguns dos principais fornecedores:

- Teksid Brasil, Sada Siderurgia; Fundimig, Indústrias Alga; Rima; Omr Itália, Nemak.

E seus principais clientes:

- Grupo Fiat, Volkswagen, Benteler, Dana, OMR Itália, GM, Nematik, Honda.

É certificada pela DNV, ISO / IATF 16949: 2016, para ter a competência de produzir e fornecer com qualidade os produtos citados.

A linha de usinagem da manga de eixo a qual será estudada está disposta em um layout do produto ou de fluxo onde os equipamentos ou os processos de trabalho são dispostos de acordo com as etapas progressivas de produção. Os equipamentos são dedicados a uma linha específica de produção, equipamentos duplicados são empregados para evitar retrocesso, e é possível de se obter um movimento de fluxo de material em linha reta (CHASE 2006).

São dois tornos CNC verticais dispostos paralelamente, e outros seis centros de usinagem disposta em linha reta com os tornos e paralelos entre si, ANEXO 1.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Gestão da Qualidade

Segundo Falconi¹, um produto ou serviço de qualidade é aquele que atende perfeitamente, de forma confiável, de forma acessível, de forma segura e no tempo certo às necessidades do cliente. Ou seja, um projeto perfeito, sem defeitos, de baixo custo, seguro para o cliente, entregue no prazo certo, local certo e na quantidade certa.

Entretanto, para Paladini², qualidade, além de ser considerada como falta de defeitos no produto ou serviço prestado, identifica-se com capacidade de fabricação e requisito mínimo de funcionamento.

O defeito aparece sempre pela confrontação de cada característica de qualidade a seu respectivo padrão. Defeitos relacionados às características funcionais impactam sobre o produto porque envolvem características vitais para que o produto desempenhe sua função básica, inviabilizando seu uso, por isso o esforço em evitá-lo.

3.1.1 Ferramentas para solução de problemas MASP/PDCA

Nota-se então a importância do domínio das ferramentas de gestão da qualidade para um uso eficaz de metodologias para a solução de problemas. Sendo assim, utilizando a ferramenta MASP, através do ciclo PDCA, a Organização poderão garantir a sua competitividade atingindo assim seus objetivos, tomando decisões, baseadas em fatos e dados previamente comprovados como causas raiz dos problemas (WERKEMA, 1995). O MASP tem como objetivo principal: eliminar a possibilidade de reincidência de uma determinada anomalia, agindo sempre de acordo com a filosofia da melhoria contínua (CAMPOS, 2004). Segundo Rooney e Hopen (2004), a principal diferença entre a solução estruturada de um problema e outros métodos é a identificação de sua causa raiz, pois se esta não for erradicada, o problema retornará.

De acordo com Arioli (1998), o MASP consiste em uma ferramenta eficiente para gerar e implantar melhorias, envolvendo uma equipe para tomar decisões, almejando à qualidade dos produtos e serviços. Segundo Ferreira (2010), este método para ser implantado deve seguir várias etapas, são elas: identificação do problema, observação, análise, planejamento da ação,

¹ CAMPOS, Vicente Falconi. *TQC-Controle da Qualidade Total (no estilo japonês)*, 8° ed. Minas Gerais: Editora FALCONI, 2004.

² PALADINI, Edson Pacheco. *Gestão da Qualidade: teoria e prática*. 2° ed. São Paulo: Editora ATLAS, 2012.

ação, verificação, padronização e conclusão. Ao seguir por todas as fases do ciclo PDCA, através das ferramentas da qualidade, o sistema de produção atinge um nível de qualidade superior, onde o surgimento de novos problemas será encarado como oportunidade de melhoria (TUBINO, 2009). Cada etapa, para ser executada, necessita de uma ou mais ferramentas da qualidade e de um grupo de pessoas inseridas em um projeto de trabalho com um objetivo de atingir uma meta. Afirma Corrêa (2004) que o fundamental é ter pessoas capacitadas e envolvidas, pois as ferramentas da qualidade apenas apóiam e auxiliam na tomada das decisões.

O ANEXO 2 apresenta todas as etapas deste processo, tomando por base no PDCA, onde deve ser inserido num ciclo de melhoria contínua. Neste contexto CAMPOS (2004), observou que na aplicação do PDCA são utilizadas muitas ferramentas neste processo: Gráfico de Pareto, folha de verificação, estratificação, 5W 2H, diagrama de causa e efeito (ou Diagrama de Ishikawa), gráficos estatísticos, diagrama de dispersão, fluxogramas, *Brainstorming* etc.

3.1.2 Técnicas de Gestão da Qualidade

3.1.2.1 *Brainstorming*

Esta ferramenta é também chamada de “tempestade de idéias”, onde um grupo de pessoas expressa suas idéias livremente, sem críticas, e de forma rápida. Este grupo deve conter entre cinco e doze componentes, participando voluntariamente. A finalidade é divulgá-las e detalhá-las em um contexto sem inibições, para que se tenha uma variedade de opiniões.

O *Brainstorming* é útil quando se deseja gerar em curto prazo uma grande quantidade de idéias sobre um assunto a serem resolvidas, possíveis causas de um problema, abordagens a serem usadas, ou ações a serem tomadas. (MARSHALL JÚNIOR, 2003)

3.1.2.2 Cartas de Controle

Cartas de Controle ou Gráfico de Controle é mais uma ferramenta, visual, estatística, utilizada para avaliar a estabilidade ou as flutuações de um processo, distinguindo as variações em razão das causas assinaláveis ou especiais das variações casuais inerentes ao processo. As variações casuais repetem-se aleatoriamente dentro de limites previsíveis. As variações decorrentes de causas especiais necessitam de tratamento especial. É necessário, então, identificar, investigar e colocar sob controle alguns fatores que afetam o processo. (BALLESTERO-ALVAREZ, 2001)

Carta de controle é um tipo específico de gráfico de controle que serve para acompanhar a variabilidade de um processo, identificando suas causas comuns (intrínsecas ao processo) e especiais (aleatórias).

As causas comuns estão relacionadas ao funcionamento do próprio sistema (por exemplo, projeto e equipamentos), enquanto as causas especiais refletem ocorrências fora dos limites de controle (por exemplo, falha humana, queda de energia e matéria-prima não - conforme). (MARSHALL JÚNIOR, 2003)

De acordo com Paranhos Filho (2012), cartas de controle têm o objetivo de acompanhar as variações do processo, analisando o comportamento de características críticas do produto e propiciando ao gestor uma informação muito importante que é a tendência do processo.

3.1.2.3 Digrama de Causa e Efeito

Também chamado de diagrama de *Ishikawa* ou espinha de peixe (por causa de seu formato), o diagrama de causa – efeito é usado para demonstrar a relação entre as causas e os efeitos de um processo. Aplica-se esse diagrama quando o efeito de um processo é problemático, isso é, quando o processo não gera o efeito desejado. Buscam-se, então, as causas, analisando o que se convencionou a se chamar de 6MS – medição, materiais, mão de obra, máquinas, métodos, e meio ambiente. Nem sempre é necessário analisar todos esses aspectos, e isso vai depender das especificações de cada processo. (PEARSON EDUCATION DO BRASIL, 2011)

É uma ferramenta de representação das possíveis causas que levam a um determinado efeito.

As causas são agrupadas por categorias e as semelhanças previamente estabelecidas, ou percebidas durante o processo de classificação. A grande vantagem é que se pode atuar de modo mais específico e direcionado no detalhamento das causas possíveis.

Em linhas gerais, são as seguintes etapas de elaboração do diagrama de causa e efeito:

- Discussão do assunto a ser analisado pelo grupo, contemplando seu processo, como ocorre, onde ocorre, áreas envolvidas e escopo.
- Descrição do efeito (problema ou condição específica) no lado direito do diagrama.
- Levantamento das possíveis causas e seu agrupamento por categorias no diagrama.
- Análise do diagrama elaborado e coleta de dados para determinar a frequência de ocorrência das diferentes causas. (MARSHALL JÚNIOR, 2003)

Diagrama de causa e efeito mostra relacionamentos hipotéticos entre as causas potenciais e o problema sob estudo. Uma vez que é construído, a análise continuaria para encontrar quais das causas potenciais estavam, na verdade, contribuindo para o problema. (CHASE, 2006)

3.1.2.4 “Cinco Por quês?”.

Os “cinco por quês?” é uma técnica utilizada para encontrar a causa raiz de um defeito ou problema. É uma importante ferramenta para exercitar idéias e principalmente retirar as pessoas da zona de conforto. Apesar de ser chamada de “cinco por quês?”, não necessariamente deverá ser feitas as cinco perguntas para se chegar a causa raiz, podendo ser mais ou menos de cinco, dependendo do efeito que esta sendo analisado. (RIBEIRO, 2005)

A técnica dos 5 porquês parte da premissa que depois de questionar por 5 vezes o porque um problema está ocorrendo, sempre fazendo referencia a resposta anterior será determinada a causa raiz deste problema (WERKEMA, 1995).

3.1.2.5 Fluxograma

Fluxograma é uma representação gráfica que permite a fácil visualização dos passos de um processo. Apresenta a seqüência lógica e de encadeamento de atividades e decisões, de modo a se obter uma visão integrada do fluxo de um processo técnico, administrativo ou gerencial, o que permite a realização de análise crítica para detecção de falhas e de oportunidades de melhorias.

O fluxograma utiliza símbolos padronizados, que facilitam a representação dos processos. (MARSHALL JÚNIOR, 2003)

Ele serve para descrever processos, por isso é tão útil ao controle de qualidade. Lembra-se de quando falamos sobre controlar o processo, por que o controle do produto não previne o erro? Pois bem, para controlar um processo é preciso conhecê-lo, e o fluxograma é a ferramenta certa para isso.

Os símbolos usados no desenho de um fluxograma são padronizados, ou seja, qualquer pessoa que os conheça é capaz de compreender o funcionamento do processo, tão somente examinando os símbolos constantes em sua representação gráfica.

Sua maior vantagem é propiciar visão completa do processo e delimitar cada uma das suas etapas. Quando há necessidade de buscar a causa de uma não conformidade, nada melhor

do que poder localizá-la exatamente na etapa onde ela se encontra. (PEARSON EDUCATION DO BRASIL, 2011)

Essa ferramenta é empregada para representar de forma seqüencial as etapas de um processo de produção, sendo uma fonte de oportunidades de melhorias para o processo, pois fornece um detalhamento das atividades, concedendo um entendimento global do fluxo produtivo, de suas falhas e gargalos.

3.1.2.6 Folha de Verificação

A folha de verificação é uma ferramenta usada para quantificar a frequência com que certos eventos ocorrem num período certo de tempo. A folha de verificação pode ser analisada horizontalmente, como ocorre normalmente, e também verticalmente, quando se deseja analisar o impacto do período de tempo considerado. No entanto, a folha de verificação não considera pesos ou ainda níveis de importância relativa entre os eventos, o que pode ser fundamental para uma análise mais apurada. (MARSHALL JÚNIOR, 2003)

Folha de verificação é uma planilha previamente preparada para coletar dados relativos à não conformidade de um produto ou serviço. (PEARSON EDUCATION DO BRASIL, 2011)

Folha de verificação tem o objetivo de gerar uma massa clara de dados, que facilite a análise e o tratamento posterior. Para tanto, é necessário que os dados obtidos correspondam à necessidade da empresa. Três pontos são importantes na coleta de dados:

- Ter um objetivo bem definido;
- Obter confiabilidade nas medições;
- Registrar os dados de forma clara e objetiva;

As folhas não seguem um padrão definido, o importante é que cada empresa desenvolva seu formulário de registro de dados que permita que, além dos dados, seja registrado também o responsável pelas medições e registros, bem como quando estas medições ocorreram. É indispensável que os responsáveis pela coleta de dados tenham treinamento necessário para a correta utilização dessa ferramenta. (BALLESTERO-ALVAREZ, 2001)

3.1.2.7 5W2H

Esta ferramenta é utilizada principalmente no mapeamento e padronização de processos, na elaboração de planos de ação e no estabelecimento de procedimentos associados a

indicadores. É de cunho basicamente gerencial e busca o fácil entendimento através da definição de responsabilidades, métodos, prazos, objetivos e recursos associados.

O 5W2H representa as iniciais das perguntas, em inglês, *why?*(por que?), *what?*(o que?), *where?*(onde?), *when?*(quando?), *who?*(quem?), *how?*(como?) e *how much?*(quanto custa?).(MARSHALL JÚNIOR, 2003)

3.1.3 Capabilidade do Processo

De acordo com Montgomery (2009), CP (Capacidade do Processo) é o desempenho do mesmo, quando estiver operando sob controle, ou seja, somente com a variabilidade natural, um sistema de causas casuais. Outra maneira de expressar a capacidade do processo é em termos de índices.

Chase (2006), afirma que o índice de CP é utilizado para medir o quão bem o processo é capaz de produzir em relação às especificações do projeto. O índice de capacidade mostra como o produto está sendo produzido em relação à faixa especificada pelos limites do projeto, quanto mais fora do centro estiver, maiores as chances de produzir itens não conforme. De acordo com o conhecimento sobre distribuição normal, sabe-se que 99,7% da curva em forma de sino estão dentro de ± 3 sigmas e os limites de tolerância estão mais três sigmas acima dos limites de controle.

Para Montgomery (2009) o cálculo dos índices é executado da seguinte forma:

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

RCp - Razão da Capacidade de Processo;

LSE e LIE - limites superior e inferior de especificação;

σ – Desvio padrão calculado a partir da amostragem

O numerador de RCp é a largura dos limites de especificação e 6σ a largura do processo. RCp tem uma interpretação natural:

Se o RCp = 1, $1/RCp$ equivale a 100% da largura das especificações usadas pelo processo.

Exemplo: Se RCp = 1,55, $1/1,55 = 0,645$, então a largura da especificação usada pelo processo será de 64,5%.

Esta primeira equação considera que o processo esteja centralizado na dimensão nominal do projeto. Se for ocorrido fora do centro, sua capacidade real será menor que o

indicado pelo RCp. Ele deve ser considerado como uma capacidade potencial. Se o processo não estiver centralizado, outra medida de capacidade real será usada, a chamada RCpk, que é definida a seguir:

$$RC_{pk} = \min. \left[\frac{LSE - \mu \text{ ou } \mu - LIE}{3\sigma} \right]$$

RCpk - Razão da Capacidade de Processo;

LSE e LIE - Limites superior e inferior de especificação;

μ - Média populacional;

σ - Desvio padrão estimado

É a razão unilateral da capacidade do processo, que é calculada relativa ao limite de especificação mais próximo da média do processo. Alguns valores são listados na tabela a seguir conforme Montgomery (2009) relacionando itens não conforme para um processo normalmente distribuído, sob controle estatístico:

TABELA 1

Fração não conforme dos índices de RCp

Índices	Alvo	Fração não conforme	Partes por milhão
RCp = 1,33	Alvo mínimo aceitável	1/1,33= 0,75%	7500
RCp= 1,66	Alvo mínimo para resistência, segurança ou características críticas.	1/1,66= 0,60%	6000
RCpk= 2,00	Processos internos e aqueles nos fornecedores.	1/2,0= 0,50%	5000

Fonte: MONTGOMERY (2009)

Para Chase (2006), a capacidade do processo é expressa apenas pelo índice Cpk, na posição da média e na extremidade do processo em relação às especificações do projeto. Como a média pode se deslocar em qualquer direção, a direção de deslocamento e sua distancia das especificações do projeto, definem o limite sobre a capacidade do processo. A direção do deslocamento é em direção ao número menor.

$$C_{pk} = \min \left[\frac{\text{média-LTI ou LTS-média}}{3\sigma} \right]$$

Cpk - Índice de Capacidade do Processo

LTI e LTS - Limites de tolerância superior e inferior de especificação;

Media- Média do processo

σ - Desvio padrão calculado a partir da amostragem

Conforme a TAB. 2 de fração de unidades defeituosa calculada por *Birch*, temos:

TABELA 2
Fração defeituosa do índice C_{pk}

Limites do Projeto	Peças Defeituosas	Fração Defeituosa
$\pm 1\sigma$	317 por mil	0,3173
$\pm 2\sigma$	45 por mil	0,0455
$\pm 3\sigma$	2,7 por mil	0,0027
$\pm 4\sigma$	63 por milhão	0,000063
$\pm 5\sigma$	574 por bilhão	0,00000574
$\pm 6\sigma$	2 por bilhão	0,00000002

Fonte: CHASE, (2006)

3.1.4 *Poka-Yoke* ou Dispositivo a Prova de Falhas

Para Shingeo Shingo, os métodos de CEQ (Controle Estatístico da Qualidade) não evitavam os defeitos, apesar de fornecerem informações que indicassem quando o defeito iria ocorrer. A maneira de evitar que estes defeitos acontecessem era introduzir controles dentro do processo. Segundo Shingeo, os defeitos acontecem porque as pessoas cometem erros. Estes controles consistem em procedimentos livres de falhas ou instrumentos chamados *Poka-Yoke* (Dispositivo à prova de erro). O *Poka-Yoke* inclui itens como lista de verificação ou ferramentas especiais que evitam que o trabalhador cometa erros que levem a defeitos antes de começar o processo ou forneça um *feedback* rápido das anormalidades no processo para que o trabalhador tenha tempo de consertá-los. (CHASE 2006)

Segundo AIAG (*Automotive Industry Action Group* 2011), a correta utilização das técnicas de dispositivos a prova de erro nos processos trazem os seguintes benefícios: Confiança no processo e em sua produção simplifica a gestão de inventários, permite a redução do estoque de segurança e *buffer*, reduz ou elimina o desperdício, aumenta a satisfação dos clientes,

aumenta o lucro devido à redução de custos associada à produção de material não conforme e garantia.

As metas dos dispositivos a prova de erro na indústria são:

- Primária: Prevenir erros de acontecerem.
- Secundária: Se acontecerem os erros- o erro é descoberto rapidamente e o trabalhador terá a chance de corrigi-lo imediatamente ou não permitir a continuação do processo.

De acordo com AIAG (2011), quando trabalhamos com dispositivo a prova de erros eficaz dentro de um processo existente, é importante primeiro determinar se a falha do produto que você deseja eliminar é detectada durante o processo ou pode ser antecipada. Isto é importante porque determina o tipo de dados que você precisa para iniciar seus esforços. Os dispositivos a prova de erro existentes, ANEXO 3 no processo podem ser categorizados de duas maneiras:

- Dispositivos a prova de erro Reativo: detecta o erro durante o processo para que seja corrigido antes de passar para o processo seguinte.
- Dispositivos a prova de erro Proativo: elimina o erro antes que ele aconteça.

3.2 Tolerâncias Geométrica

De acordo com a ABNT- NBR6409:1997, Tolerâncias Geométricas são utilizadas para garantir características funcionais, de montagem e processo de fabricação. A tolerância geométrica para um elemento estipula o campo de tolerância em que ele deve estar localizado. A posição teórica de um elemento deve ser indicada como cota básica, “entre quadrado”, e os elementos de referencia são entendidos como de forma ideal, perfeita. Mas na verdade, os elementos de referencia devem ser precisos, já que é quase impossível atingir essa perfeição.

O elemento de referencia deve ser representado por uma letra maiúscula entre quadrado e conectado por uma linha, a um triangulo cheio ou vazio. Essa mesma letra deve ser indicada no quadro de tolerância.

3.2.1 Tolerância de simetria de uma linha ou um eixo

Simetria é uma condição em que o ponto médio de quaisquer elementos opostos ou correspondentemente - situados de duas ou mais superfícies características são congruentes com o eixo central ou plano de referência primária. (ASME Y14.5M-1994)

O campo de tolerância é limitado por duas retas paralelas, ou dois planos paralelos, afastados de uma distância “t”, e posicionados simetricamente em relação à linha de referência ou plano de referência, no nosso caso uma linha de referência, e especificada em uma única direção. (ABNT-NBR6409:1997). O ANEXO 4 exemplifica a tolerância de simetria.

4 METODOLOGIA DA PESQUISA

4.1 Delineamento da Pesquisa

Os dados foram coletados na empresa OMR Componentes Automotivos Ltda., junto aos responsáveis e colaboradores que trabalham na linha de usinagem da manga de eixo (Figura - cuja peça faz parte do sistema de suspensão, direção e frenagem do automóvel), por meio de registros históricos da Qualidade de processo e Metrologia. Foi realizada a coleta de dados em

cada um dos turnos de trabalho na semana 35 de 2018. Os dados coletados para análise foram apresentados em forma de relatório, auxiliado por tabelas.

Foram relacionados os documentos da empresa com a literatura pesquisada, a fim de identificar como o problema afeta a empresa. E com a aplicação do MASP e das ferramentas da qualidade, propor soluções para eliminar as causas raiz.

Foi criado um time multifuncional com componentes pertencentes a áreas pertinentes ao processo como operacional, ferramentas, programação CNC, manutenção, dispositivos, qualidade e metrologia. Este time iniciou o trabalho listando os pontos de processamento e detalhando os sistemas e subsistemas, aprofundando nos conhecimentos da máquina e parâmetros do processo, avaliando as funções de cada item e os controles necessários, identificando qualquer desvio de funcionamento. Utilizando o *Brainstorming* para que cada componente através de sua experiência com o processo sugira hipóteses que causariam o inconveniente. Em seguida, foi utilizado o Diagrama de causa e efeito para organizar as sugestões, e a técnica dos “5 por quês?” para detalhar cada causa sugerida e assim sucessivamente até que seja revelada a causa raiz. Novamente foi utilizado o *Brainstorming* onde foi proposta soluções para a causa raiz, revelada anteriormente. Logo estas propostas foram avaliadas através da técnica de priorização chamada FIRE (Função, Investimento, Resultado e Exequibilidade), para que seja selecionada a melhor proposta de melhoria, que também foi calculado seu IBC, Índice Benefício/Custo. Após a seleção da melhor proposta, o planejamento para implantação foi feito por meio da técnica 5W2H e verificação dos resultados obtidos foram comparados com a atual.

5 ANALISE DOS DADOS

5.1 Estruturas de apoio à linha de usinagem da Manga de Eixo

A estrutura de gerenciamento da produção é do tipo centralizado, mantendo sob uma única gerencia o comando de toda a produção da unidade fabril. O setor de produção está subordinado a um Gerente de produção que responde ao Gestor da Planta, permitindo que a própria gestão de operações estabeleça as metas de produção, consultando a manutenção quanto à capacidade das máquinas e seus indicadores de disponibilidade.

As linhas de produção da empresa possuem um Líder responsável da área e responde diretamente ao seu supervisor. Abaixo do Líder de área, encontram-se os setores de apoio que tem por função básica o auxílio aos operadores de produção. O setor de apoio é formado por profissionais capacitados dentro das suas áreas de conhecimento como, metrologia, programação de centro de usinagem, qualidade, ferramentas de corte e Manutenção. O ANEXO 5 ilustra esta estrutura.

Dentro de cada área de apoio o especialista tem como uma das funções principais, solucionar problemas que abrangem várias dimensões como, disponibilidade, qualidade, segurança e meio ambiente. Faz parte da agenda semanal da equipe, uma reunião para tratar estes temas e distribuir as atividades para cada especialista. Toda atividade que visa implantar uma solução de um problema é amplamente analisada e envolve toda a equipe para que todos possam participar, utilizando métodos de análise para estudo dos problemas.

A usinagem da manga de eixo ANEXO 6 é realizada conforme o ANEXO 7, solicitado pelo cliente como ilustra o ANEXO 8.

5.2 Aplicação do Método de Análise e Solução de Problemas

5.2.1 Etapa de Identificação do Problema

Para a escolha do problema a ser analisado na linha de usinagem da manga de eixo, foi levantado todo o histórico de não conformidades no período de Agosto de 2018 até Dezembro de 2018. A fonte utilizada foi o banco de dados do C.A.R.E (*Customer Acceptance Review and Evaluation*- Revisão e Avaliação de Aceitação do Cliente) do sistema de gerenciamento da qualidade de processo onde todas as informações são apontadas por este setor.

De acordo com as informações apresentadas foi decidido então que o problema a ser estudado foi o erro de simetria das pinças, devido ao alto índice de não conformidades. O ANEXO 9 mostra o que se perde com a atual situação.

Além das perdas monetárias, ainda devem ser somadas as perdas de confiabilidade no mercado, qualidade, perdas motivacionais. O grupo foi distribuído conforme ANEXO 10.

5.2.2 Etapa de Observação

A observação é essencial para identificar e descobrir as características do problema. Para realização da observação foi estratificado todos os sistemas e subsistemas. Esta

estratificação foi realizada para entender como deve ser formada a equipe que deverá ser envolvida para o detalhamento da etapa 3 – Análise, e para a execução do plano de ação que será formado. O ANEXO 18 detalha os sistemas e subsistemas para identificar qual detalhe tem maior influência dentro do problema, erro de simetria das pinças. O ANEXO 11 ilustra os sistemas envolvidos no processo de usinagem da operação 30.

Nos próximos anexos serão mostradas as estratificações de todos os subsistemas para permitir uma melhor observação dos detalhes de falha para sairmos de um nível macro para um nível micro de detalhes. O ANEXO 12 detalha os subsistemas.

- ANEXO 13- Detalhamento do sistema de refrigeração
- ANEXO 14- Foto do sistema de refrigeração
- ANEXO 15- Detalhamento do sistema de ferramenta
- ANEXO 16- Foto do sistema de ferramenta
- ANEXO 17- Detalhamento do sistema de avanço do eixo X e Z
- ANEXO 18- Foto do sistema de avanço do eixo X e Z
- ANEXO 19- Detalhamento do sistema de blocagem
- ANEXO 20- Foto do sistema de blocagem
- ANEXO 21- Detalhamento do sistema pneumático
- ANEXO 22- Foto do sistema pneumático.

5.2.3 Etapa de Análise

Esta etapa é essencial para o método MASP, pois serão determinadas as principais causas dos problemas. Para a realização de uma análise mais técnica das falhas foram dispostos em anexos os detalhes do controle de cada sistema.

- ANEXO 23- Verificação e controle dos Sistemas de Ferramentas
- ANEXO 24- Verificação e controle dos Sistemas de Blocagem
- ANEXO 25- Verificação e controle dos Sistemas Pneumático
- ANEXO 26- Verificação e controle dos Sistemas de avanço dos eixos X e Z

- ANEXO 27- Verificação e controle dos Sistemas

Com base na estratificação do sistema que apresentou resultado negativo foi possível reduzir as causas para o item que falhou, com esta análise a literatura afirma que as causas mais prováveis são definidas e podem-se aplicar ferramentas para solução dos problemas.

Como o método define que se deve realizar uma análise das causas mais prováveis, com comprovação das hipóteses e verificação foram utilizadas a ferramenta Diagrama de Causa e Efeito e o Método dos “Cinco Porquês?”.

Como analisado na estratificação do sistema de bloqueio no diagrama de causa e efeito conforme demonstrado nos ANEXOS 28 e 29 foi detectado um mau funcionamento do sistema de bloqueio da manga de eixo.

5.2.4 Etapa do Plano de Ação

Esta etapa dedica-se a elaborar a estratégia de priorização das ações sobre a causa fundamental analisada na etapa anterior.

O primeiro plano de ação criado, ANEXO 30 foi elaborado sobre as ações de maior rapidez para serem solucionadas, ao curto prazo. Neste plano foi criadas ações de treinamento de toda a equipe de produção da área para o padrão redefinido, intensificar a limpeza do dispositivo antes da bloqueio da peça.

O segundo e último plano de ação, ANEXO 31 possui as ações de melhorias que devem ser implantadas para solucionar as causas. Este plano necessita de um tempo maior de execução e recursos maiores de investimento. Onde passará por um processo de aprovação interno na empresa. Para a seleção da melhor proposta de melhoria, foi utilizada a técnica de priorização chamada de FIRE (Função, Investimento, Resultado e Exequibilidade) onde a sugestão de maior produto será a escolhida.

Conforme a matriz de priorização FIRE, ANEXO 31 a melhor proposta foi instalar *Air-Check* no dispositivo de fixação. O *Air-Check* funcionará como um dispositivo a prova de erros de bloqueio, um *Poka-Yoke*, onde o processo de usinagem somente se iniciará, se a pressão de trabalho da máquina de 6 bar, for alcançada. Do contrário, a máquina cancela o processo, antes de iniciar usinagem e emite um sinal luminoso alertando o operador, e exigindo assim, que o mesmo verifique se todos os pontos de referência estão apoiados corretamente, sem a presença de limalhas, evitando que o erro siga para o processo seguinte.

Para o planejamento da implantação da melhoria selecionada anteriormente, foi utilizado novamente, a técnica do 5W+1H ANEXO 32.

5.2.5 Etapa de Ação

A execução deste plano teve um acompanhamento efetivo, através de reuniões semanais, de forma a verificar o andamento e as dificuldades de cada ação do plano. Devido ao *Know-how* de toda a equipe, as ações previstas tiveram um baixo custo, uma vez que os responsáveis procuraram formas de executá-las utilizando recursos internos da própria empresa, respeitando os requisitos das tarefas e o prazo estipulado.

E neste contexto, os setores de Manutenção, Metrologia, Qualidade, Produção, Programação, Ferramentas e Engenharia tiveram uma participação efetiva na execução das atividades.

5.2.6 Etapa da Verificação

Este inconveniente prejudica algumas diretrizes gerais da área de trabalho como qualidade, custo, atendimento e moral. Devido à alta porcentagem de peças defeituosas, paradas de máquinas, perda de produção, o centro de usinagem OMP-182 foi priorizado. Ocorre de forma intermitente, mas com alta frequência. O ANEXO 33 demonstra o histórico de não conformidades quanto à simetria das pinças de freio antes do *Air-Check*.

Foi realizado um breve estudo estatístico, onde foi coletado 30 dados, de hora em hora, para observarmos o comportamento do processo em relação à simetria das pinças de freio. O tamanho da amostra e a frequência de coleta foram definidos de acordo com o grau de dificuldade de medição da característica (medição por variável somente realizada em sala metrológica) e o mínimo de dados para aproximarmos de uma distribuição normal. O gráfico de controle e os histogramas apresentados em anexos permitem ter uma visão da estabilidade do processo antes e após a implantação da melhoria proposta.

Nos gráficos de controle é possível observar a posição da média e do limite superior de controle, antes e após a implantação da melhoria, ANEXOS 33,34,35 e 36.

Antes: UCL= 0,2700mm e MR= 0,0826mm

Após: UCL= 0,1359mm e MR= 0,0416mm

OBS.: Devido à característica estudada ser unilateral, ou seja, possuir apenas Limite Superior de Especificação, só é calculado seu UCL (Limite Superior de Controle).

Foi notória a melhoria dos índices de capacidade do processo após a implementação da melhoria. Os índices Cpk e Ppk que tem alvo de 1,66 para características críticas, de resistência e segurança (MONTGOMERY 2009), saltaram de 0,85 e 0,69, para 1,98 e 1,68 respectivamente. Sendo assim os índices de PPM que estavam elevados também reduziram drasticamente.

Será definido um ponto de corte para que seja observado e analisado o comportamento quanto aos números de não conformidades encontradas no C.A.R.E., e afirmarmos o quanto eficaz foram as ações tomadas.

5.2.7 Padronização

Para que o erro de blocagem não voltasse a se repetir, foi de suma importância fazer com que estas ações de melhoria fossem inseridas na rotina de produção, assim, todos os procedimentos e ações que foram criados pelo projeto farão parte do dia a dia dos operadores.

Para que seja feita a expansão da melhoria para as demais máquinas, foi calculado o índice Benefício/Custo (IB/C) conforme ANEXO 39.

Estes custos foram pesquisados e disponibilizados pelo técnico de dispositivos a partir de compras realizadas pelo mesmo anteriormente.

O IB/C ideal é um resultado >1 , porem os benefícios em longo prazo superam estes custos, se lembrarmos que estes benefícios são equivalentes a 01 ano de melhoria apenas e o sistema de *Air-Check* é de alta durabilidade.

5.2.8 Etapa de Conclusão

Para garantir o devido registro do problema, para posterior utilização como fonte de consulta e para treinamentos, este trabalho será divulgado e disponibilizado no arquivo de registros de projetos de MASP da empresa. Também será criado um cronograma para expansão horizontal das principais melhorias para as outras máquinas semelhantes no processo.

CONCLUSÃO

Foi observado após o final do trabalho apresentado, o grande poder para solução de problemas que as Ferramentas da Qualidade, MASP/PDCA aliadas à técnica do Poka-Yoke (Dispositivo à prova de erros) possui. O trabalho nos mostrou como estas ferramentas, extremamente simples, podem solucionar problemas aparentemente de alta complexidade reunindo os setores Asseguração da Qualidade, Qualidade de Processo, Programação, Metrologia, Ferramentas, Dispositivos, Matéria-Prima, Produção e Engenharia de Processos, e ao mesmo tempo motivando a criatividade dentro da empresa.

Após a implantação de algumas ações de melhorias nos dispositivos da Máquina OMP-237, as perdas foram reduzidas consideravelmente. Mas para que o resultado positivo seja disseminado e melhorado, será necessário investir e expandir as melhorias para as demais máquinas conforme o ANEXO 36, após o resultado positivo do monitoramento no C.A.R.E., além de elaborar um plano de treinamento em MASP/PDCA para os operadores, e que a técnica do Poka-Yoke seja utilizada com maior frequência, principalmente para novos projetos.

Para o estudante de engenharia, a aplicação do MASP neste trabalho possibilitou conhecer na prática, a execução de ações simples e criativas que contribuíram para o aumento de produtividade e o alcance das metas propostas conforme ANEXO 35, utilizando o próprio capital intelectual da empresa. Verificou-se também o quanto é importante analisarmos o sistema, pois nem sempre a culpa é do erro humano, mas na maioria dos casos, dos métodos utilizados.

Por fim, este trabalho, mostra que o Método para Análise e Solução de Problemas (MASP) é uma ferramenta poderosa e eficaz para a investigação e a solução de anomalias. Esta metodologia esta diretamente ligada a um processo de melhoria contínua em qualquer tipo de processos, possibilitando reduzir custos e atingir metas.

REFERÊNCIAS

ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas NBR6409:1997, “*Tolerâncias geométricas – Tolerâncias de forma, orientação, posição e batimento - Generalidades, símbolos, definições e indicações em desenho*”, Rio de Janeiro, 1997, 19pg. Disponível em: <http://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=4059>

AIAG (Automotive Industry Action Group), “*Guideline to Effective Error-Proofing*”.Version 1. Michigan-USA 2011, 219pg.

BALLESTERO-ALVAREZ, M.E.. *“Administração da qualidade e da produtividade: abordagens do processo administrativo.”* 1 ed. São Paulo:Atlas, 2001, 484p.

ARIOLI, E.E..*“Análise e solução de problemas: o método da qualidade total com dinâmica de grupo”*. 1 ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1998. 340 p.

ASME, The American Society of Mechanical Engineers. *“Dimensioning and Tolerancing”* Y14.5M-1994

CAMPOS, Vicente Falconi. *“TQC-Control da Qualidade Total (no estilo japonês)”*, 9º ed. Minas Gerais: Editora Falconi, 2014.

CHASE, Richard B.. *“Administração da produção para vantagem competitiva.”*; tradução R. Brian Taylor. – 10 ed.- Porto Alegre: Bookman ,2006.

CORRÊA, Henrique L.; CORRÊA Carlos A. *“Administração de Produção e Operações”*, São Paulo, Atlas,2004.

FERREIRA, Laura Maria Leite. SANTOS, Marítiza Wanzeler. SILVA, Monica Gomes. MOREIRA, Bruna Brandão. *Utilização do MASP, através do ciclo PDCA, para o tratamento do problema de altas taxas de mortalidade de aves no setor avícola*, Anais. XXX ENEGEP, 2010.

MONTGOMERY, Douglas C.. *“Estatística aplicada para engenheiros”*; tradução e revisão técnica Verônica Calado. – Rio de Janeiro: LTC, 2009.

PALADINI, Edson Pacheco. *“Gestão da Qualidade: teoria e prática”*. 2º ed. São Paulo: Editora ATLAS, 2012.

PARANHOS FILHO, Moacyr. *“Gestão da Produção Industrial”*. 1º ed. Curitiba: InterSaberes, 2012.

PEARSON EDUCATION DO BRASIL, *“Gestão da Qualidade”*, São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2011.

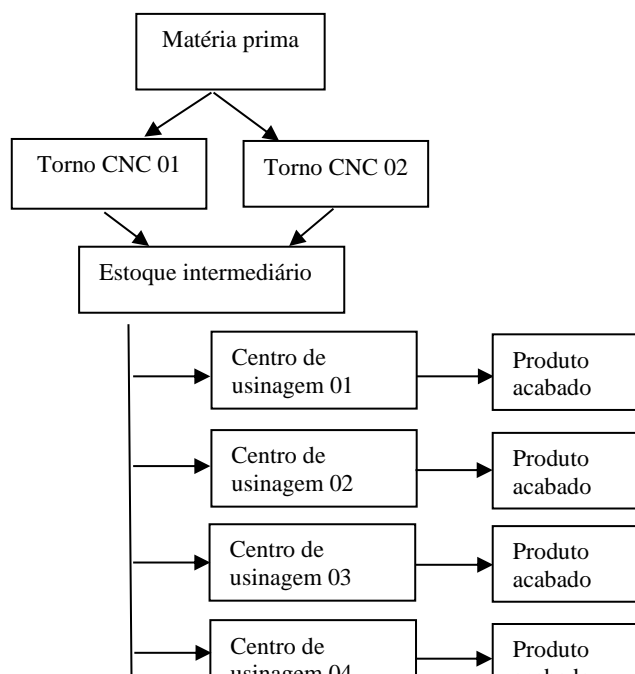
RIBEIRO, L.F.M.; *“Fundamentos e bases da Qualidade”*, Curso de Engenharia Mecânica, Departamento Tecnologia Unijuí- RS, 2005.

ROONEY, J.; HOPEN, D.; *“On the trial to a solution: part 2 – what is in? what is out? Defining your problem. The Journal for Quality and Participation”*, Vol. 27, No. 4, 2004.

WERKEMA, M.C.C.; *“As 7 ferramentas da Qualidade no gerenciamento de processos”*. Belo Horizonte – MG, EDG, 1995

TUBINO, DALVINO FERRARI. *“Manual de Planejamento e Controle da Produção”*. 2. ed. São Paulo, Atlas, 2009.

ANEXO 1











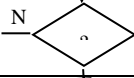


Produto acabado

Fonte: MARQUES, 2019

ANEXO 2

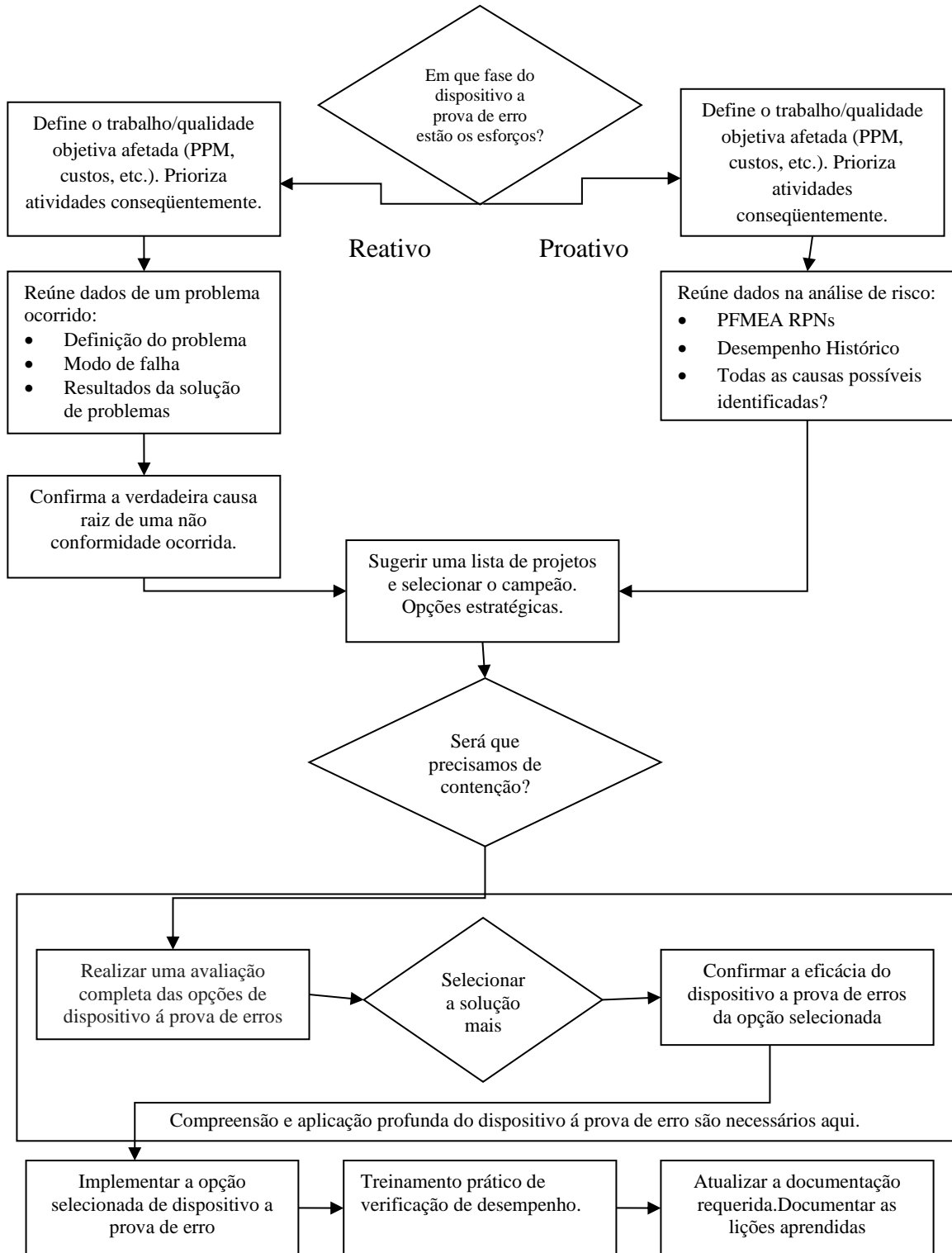
Etapas MASP

MÉTODO DE SOLUÇÃO DE PROBLEMAS- “QC-STORY”			
PDCA	FLUXOGRAMA	FASE	OBJETIVO
P		Identificação do problema	Definir e reconhecer sua importância, claramente o problema
		Observação	Investigar as características específicas do problema com uma visão ampla e sob vários pontos de vista.
		Análise	Descobrir as causas fundamentais.
		Plano de Ação	Conhecer um plano para bloquear as causas fundamentais.

D		Execução	Bloquear as causas fundamentais.
C		Verificação	Verificar se o bloqueio foi efetivo.
		(Bloqueio foi efetivo?).	
A		Padronização	Prevenir contra o reaparecimento do problema.
		Conclusão	Recapitular todo o processo de solução do problema para o trabalho futuro.

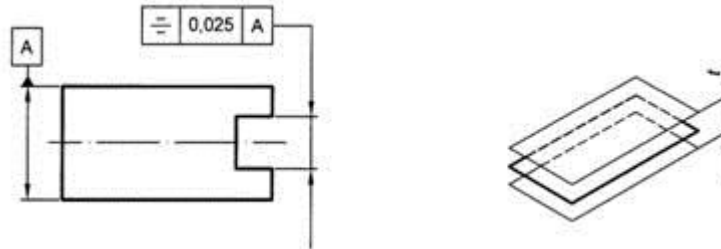
Fonte: CAMPOS, (2004).

Fluxograma de implantação de um dispositivo a prova de erro para um processo existente.



ANEXO 4

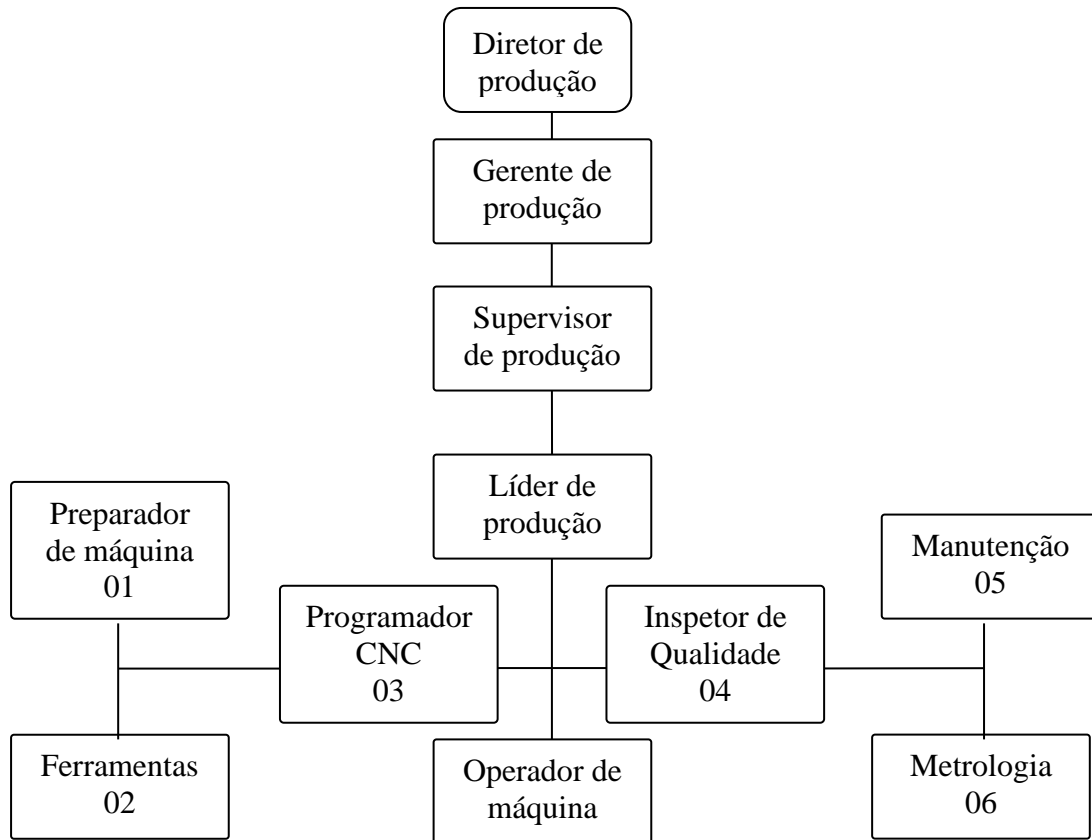
Exemplo de tolerância de simetria



Fonte : <http://www.monografias.com/trabajos75/dimension-tolerancia-geometricas/dimension-tolerancia-geometricas2.shtml>. Disponível em 10\05\2019.

ANEXO 5

Estrutura de gerenciamento da produção



Fonte: OMR, 2019

ANEXO 6

Foto da Manga de Eixo



Fonte: OMR, 2019.

ANEXO 7

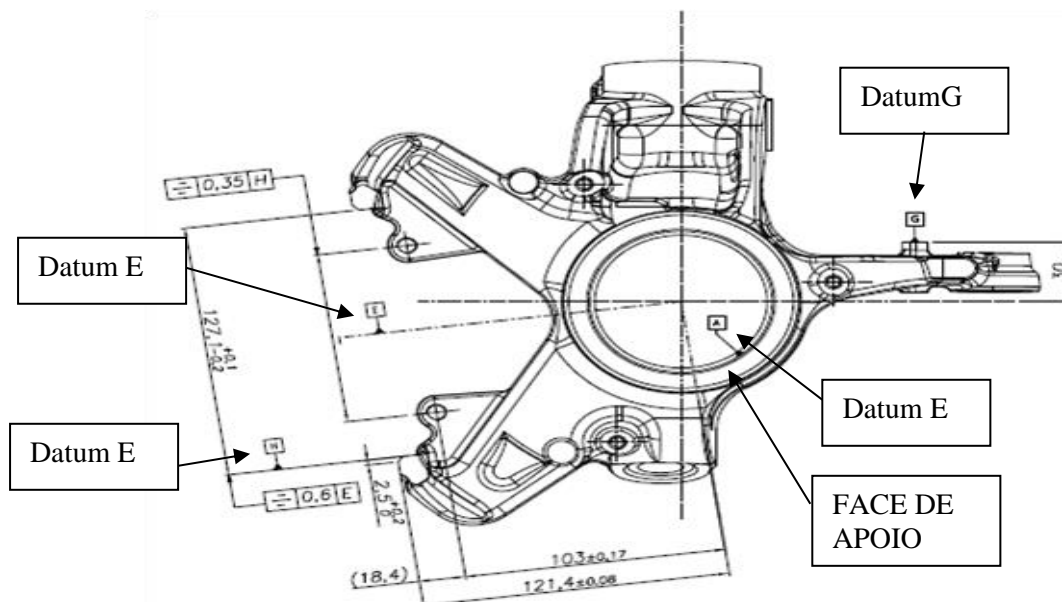
Como é realizada a seqüência de usinagem da manga de eixo.

Fase	Tipo de Máquina	Descrição da operação	Características críticas
Operação 10	Torno CNC Vertical	A peça bruta é blocada/fixada em uma placa onde será usinado o diâmetro central Referência A e face de apoio que serão as referencias para a usinagem na operação seguinte.	Pontos de referencia da matéria prima, diâmetro central Datum A.
Operação 20	Centro de Usinagem Universal	Usinagem das roscas, da face Datum G com dimensão de 30 mm que em conjunto com o diâmetro central a face de apoio, será referencias para a operação 30.	Posição das roscas, e Datum G.
Operação 30	Centro de Usinagem Universal	Usinagem das faces Datum H que resultam na Simetria de 0,350 mm e o chanfro de 2,5 mm.	Datum H

Fonte: MARQUES, 2019.

ANEXO 8

Pontos de referência da Manga de Eixo



Fonte: OMR, 2019.

ANEXO 9

Custos da não qualidade

Análise de condições e itens geradores de perdas antes do projeto		
Perdas	Qtde de horas Perdidas x valor/ (R\$)	Valor da Perda (R\$)
Parada de Máquina OMP-089	400,10 x 22,37	8.950,24
Parada de Máquina OMP-180	221,15 x 22,37	4.947,26
Parada de Máquina OMP-181	311,21 x 22,37	6.961,77
Parada de Máquina OMP-182	300,19 x 22,37	6.715,25
Parada de Máquina OMP-183	221,15 x 22,37	4.947,13
Parada de Máquina OMP-184	85,44 x 22,37	1.911,29
Parada de Máquina OMP-185	107,49 x 22,37	2.404,55
Parada de Máquina OMP-237	60,48 x 22,37	1.352,94
Mão-de-obra	1707,21 x 9,09	15.518,54
Serviços terceirizados Empresa APZ	-	26.800,00
Serviços terceirizados Empresa Heller	-	11.542,00
Compra de peças MECTROL do Brasil	-	26.250,00
Peças refugadas no C.A.R.E	-	37.064,00
Total	-	155.364,83

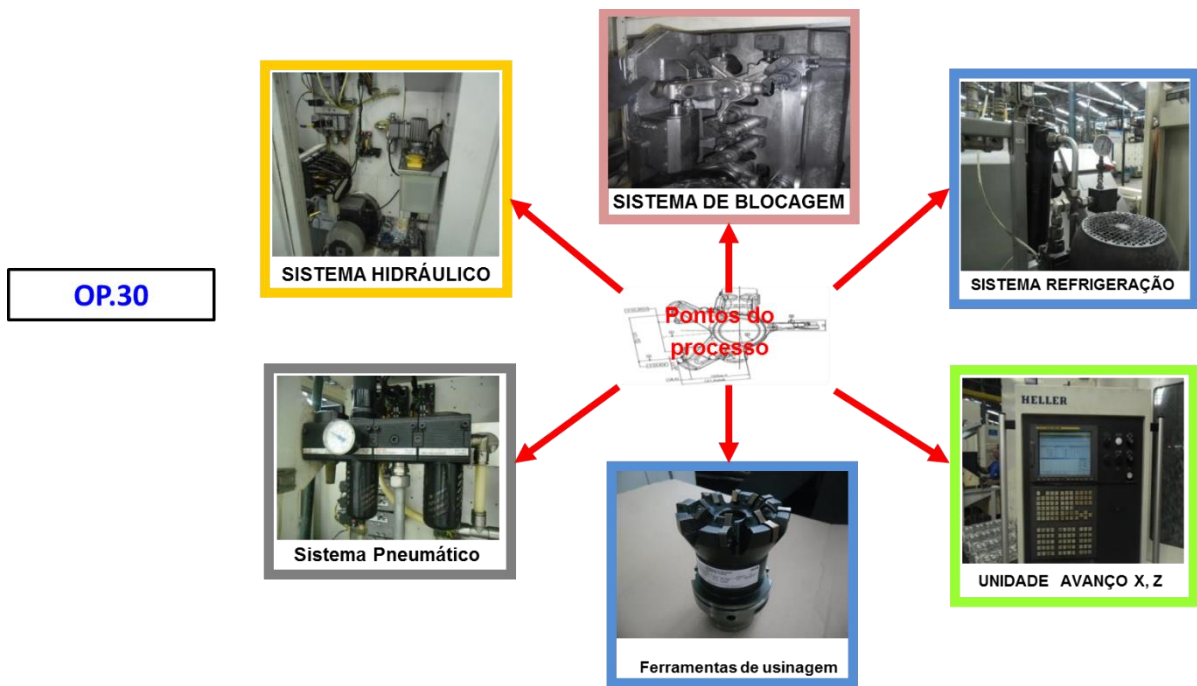
Fonte: OMR, 2019.

Responsável	Atividade	Prazo
Pablo Saint Clair (Líder Asseguração da Qualidade)	Conduzir as reuniões, analisar os dados coletados e designar as atividades a cada membro.	Semanalmente
Valdiney Lessa (Qualidade Processo)	Monitorar e coletar dados sobre a não conformidade no processo. Orientar e treinar os colaboradores quanto aos controles a serem realizados.	Semanalmente
Marcelo Miranda (Programador CNC)	Verificar atualização dos programas e parâmetros de usinagem.	Dez/2018
Eder Fernando (Metrologia)	Realizar medições e análises estatísticas da característica em questão. Disponibilizar os meios de controle para tal característica.	Dez/2018
Marcos Moreira (Ferramentas)	Verificar parâmetros e dimensões das ferramentas envolvidas na usinagem analisada.	Dez/2018
Alfredo (Dispositivos)	Analisar e avaliar possíveis desgastes dos pontos de apoio e fixação da peça.	Dez/2018
Anderson Portilho (Matéria-prima)	Analisar e avaliar possíveis rebarbas que prejudiquem o correto apoio da peça no dispositivo de blocagem.	Dez/2018
Ronier Barbosa (Produção)	Orientar os colaboradores quanto aos procedimentos de blocagem, trocas de ferramenta e limpeza do dispositivo de fixação.	Dez/2018
Edgar Teixeira (Engenharia de Processos)	Elaborar procedimentos de trabalho.	Dez/2018

Fonte: MARQUES, 2019

ANEXO 11

Sistemas envolvidos no processo de usinagem da operação 30.



Fonte: MARQUES, 2019.

ANEXO 12

Detalhamento dos subsistemas



Fonte: OMR, 2019.

ANEXO 13

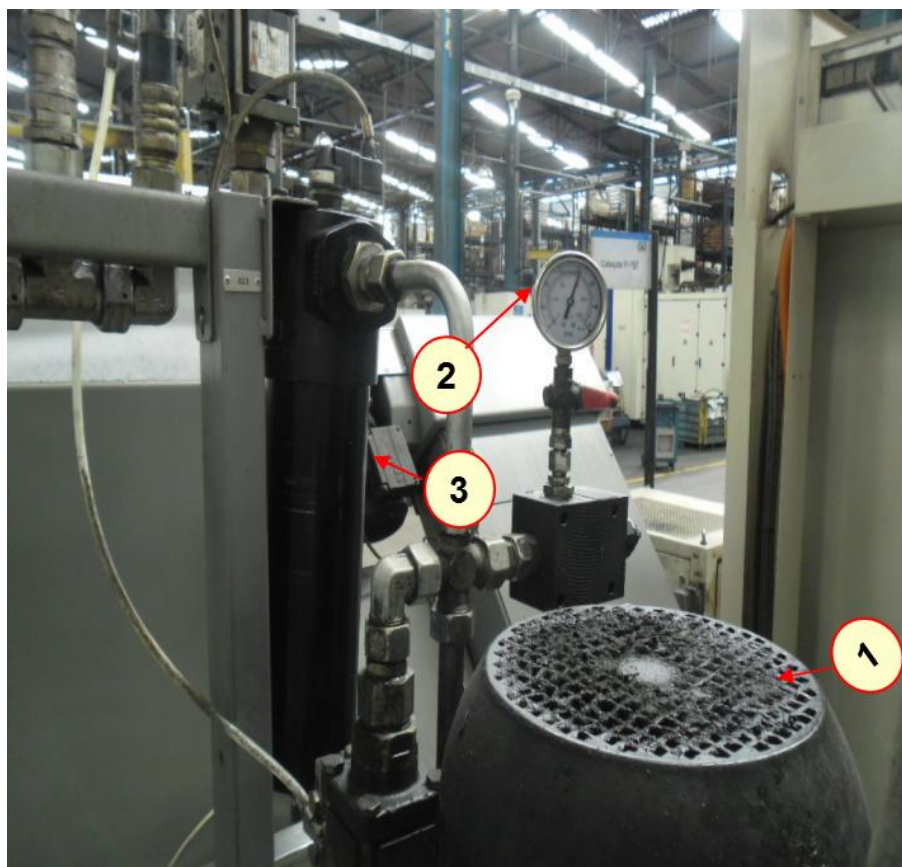
Detalhamento do sistema de refrigeração

Nome	Sistemas de Refrigeração
Objetivo	Refrigerar as ferramentas em contato com a peça
Função	Garantir a lubricidade e refrigerar a ferramenta durante o processo de usinagem
Componentes	1- Filtro, 2- Manômetro, 3-Filtro.
Princípio de Funcionamento	Um programa via máquina aciona a bomba, o líquido refrigerante do reservatório, passando pelas tubulações e filtros até chegar aos bicos, fazendo assim a refrigeração da ferramenta durante o contato com a peça.
Padrões operacionais	Verificar vazamentos na tubulação e reservatório
	Verificar condições do filtro
	Verificar pressão de trabalho
	Verificar concentração da emulsão

Fonte: MARQUES, 2019

ANEXO 14

Foto do sistema de refrigeração



Fonte: OMR, 2019.

ANEXO 15

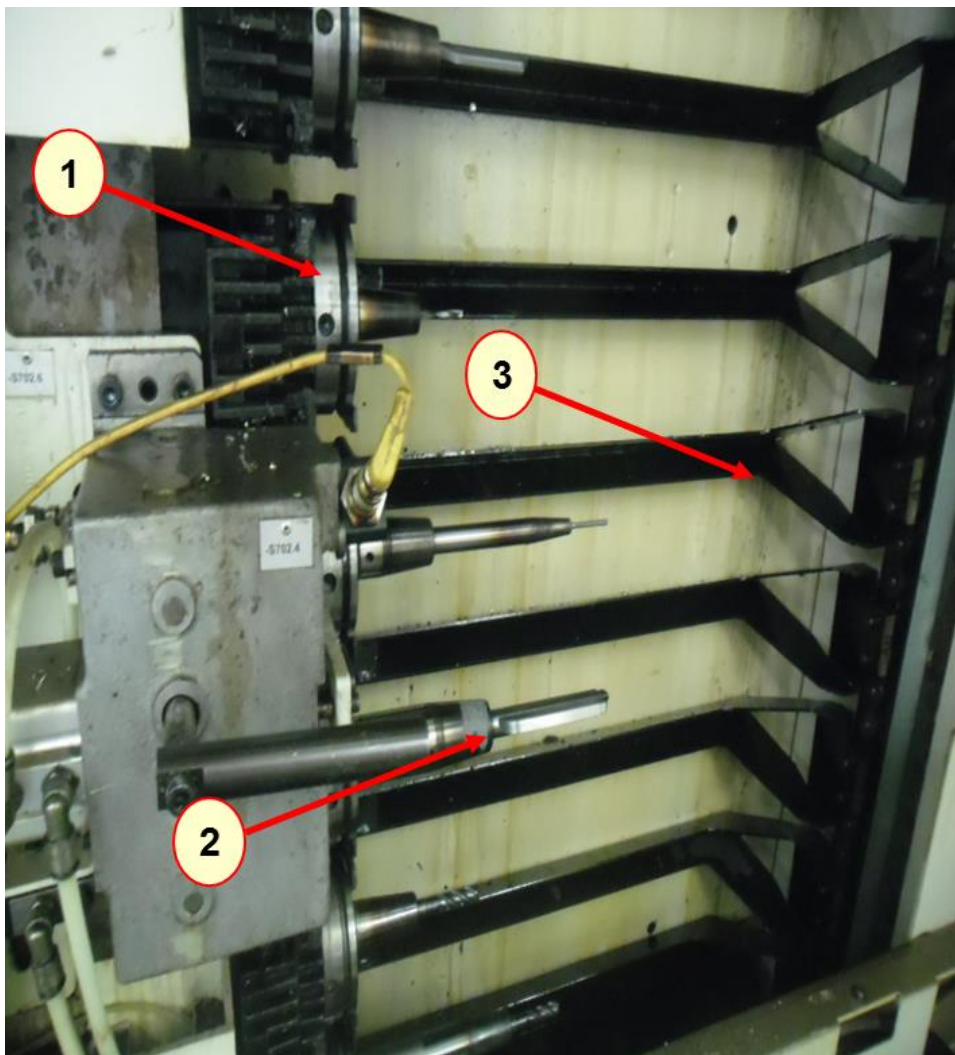
Detalhamento do sistema de ferramenta

Nome	Sistemas Torre de Ferramentas
Objetivo	Armazenar as ferramentas de corte
Função	Posicionar as ferramentas de acordo com a ordem de cada operação.
Componentes	1- Mandril, 2- Troca de ferramenta, 3- Pote da ferramenta
Princípio de Funcionamento	Cada ferramenta fica posicionada na torre respeitando uma numeração, ao receber o sinal eletrônico do programa CNC a torre posiciona a ferramenta adequada à operação com a altura predeterminada e na seqüência correta.
Padrões operacionais	Verificar integridade dos componentes da torre e principalmente dos componentes dos VDIs.
	Verificar a montagem das ferramentas na própria.
	Verificação de Batimento da ferramenta
	Verificação do ciclo de troca de ferramenta
	Visual e limpeza
	Tolerância de construção da ferramenta

Fonte: OMR, 2019.

ANEXO 16

Foto do Sistema de Ferramenta



Fonte: OMR, 2019.

ANEXO 17

Detalhamento do sistema de avanço do eixo X e Z

Nome	Sistemas de Avanço eixo X e Z
Objetivo	Deslocar componentes carro\torre no interior do centro de usinagem
Função	Transmitir movimentos lineares às ferramentas de corte.
Componentes	1- Teclado, 2- tela, 3- processador, 4- Fuso.
Princípio de Funcionamento	Através da interface CNC, os motores recebem os comandos para transmitir movimentos circulares ao fuso de esferas que por sua vez transmiti movimento linear ao carro.
Padrões operacionais	Verificar funcionamento
	Verificar alinhamento da régua
	Verificar folgas
	Verificar lubrificação

Fonte: OMR, 2019.

ANEXO 18

Sistema de Avanço do eixo X e Z



Fonte: OMR, 2019.

ANEXO 19

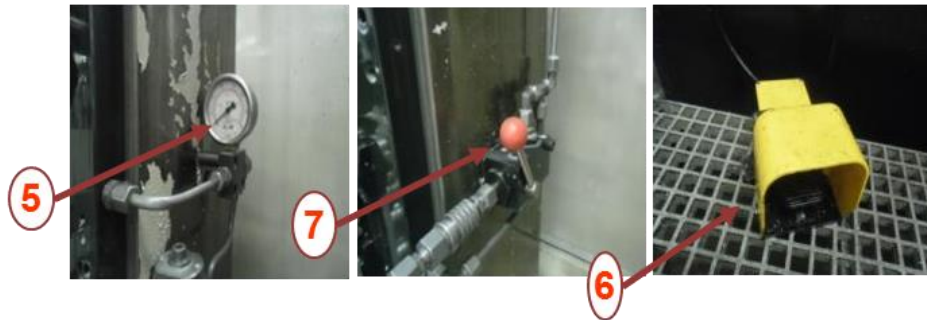
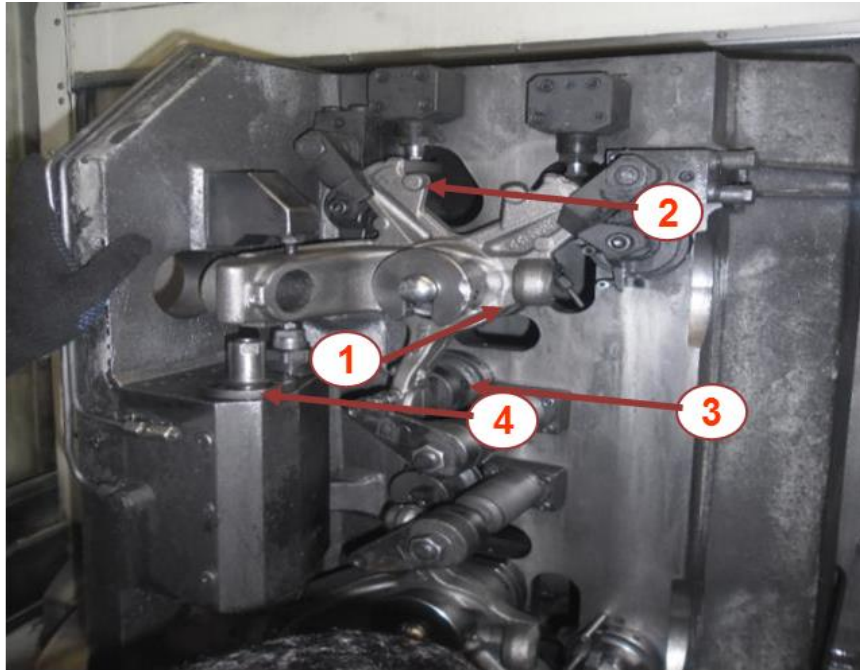
Detalhamento do sistema de blocagem

Nome	Sistema de Blocação
Objetivo	Fixar a peça durante a usinagem.
Função	Garantir que a peça se mantenha fixa contra os apoios sem uma posição pré-determinada de acordo com as referencias bruto/usinado.
Componentes	1- Dispositivo, 2- Pontos de apoio, 3- Garras de Fixação, 4- Cilindros de Acionamento, 5- Manômetro, 6- Pedal para acionamento hidráulico, 7- Engate rápido.
Princípio de Funcionamento	A peça usinada na primeira operação é encaixada no dispositivo de maneira que os pontos de apoio da peça fiquem totalmente em contato com os apoios do dispositivo, em seguida é realizada a blocação da peça através do acionamento do pedal, fazendo com que as garras do dispositivo exerçam uma força suficiente para que a peça se mantenha fixa durante a usinagem.
Padrões operacionais	Verificar integridade e possíveis desgastes dos pontos de apoio.
	Verificar limpeza dos pontos de apoio antes da blocação da peça.
	Verificar pressão de fixação do dispositivo de 40 bar.

Fonte: OMR, 2019.

ANEXO 20

Foto do sistema de blocação



Fonte: OMR, 2019.

ANEXO 21

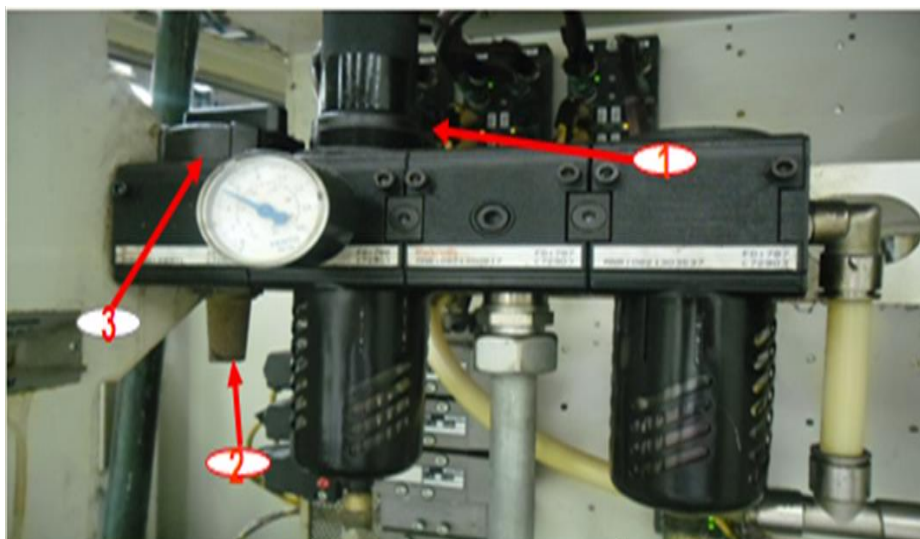
Detalhamento do sistema pneumático

Nome	Sistema pneumático
Objetivo	Gerenciar a distribuição de ar no sistema do centro de usinagem
Função	Limpar, e afixar sistemas de acoplamento.
Componentes	1- Válvula, 2- mangueira, 3- Bico de Sopro.
Princípio de Funcionamento	O ar é direcionado através do sistema pneumático para partes onde é necessária limpeza, como acoplamento da ferramenta de corte, pallets e mesas dos centros de usinagem.
Padrões operacionais	Verificar funcionamento das válvulas
	Verificar integridade das mangueiras
	Verificar entupimento e direcionamento dos bicos
	Verificar a pressão de trabalho 6 bar.

Fonte: OMR, 2019.

ANEXO 22

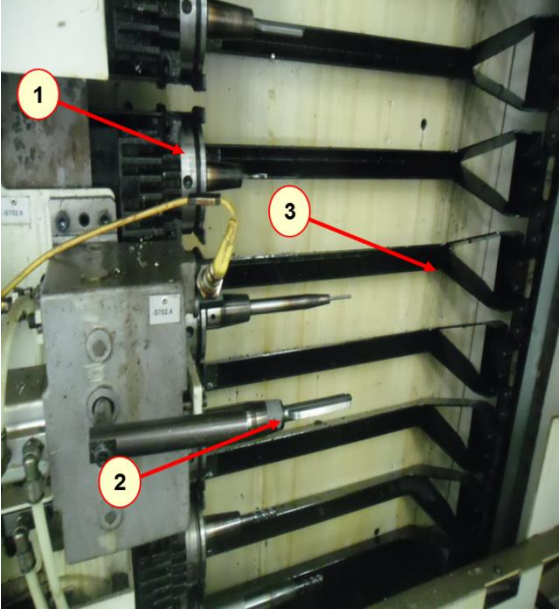
Foto do sistema pneumático



Fonte: OMR, 2019

ANEXO 23

Verificação e controle dos Sistemas Ferramentas

Seção	Detalhes do Controle		
Ferramenta de Usinagem			
Item Verificado			
1.Mandril			
2.Unidade troca de ferramenta			
3.Pote de Ferramenta			
Métodos de Checagem	Resultados	Ações de melhoria se houver resultado negativo	Conseqüência se a melhoria não for feita
Medição de batimento	Não encontrado problema	Não requer	Usinagem de peças com diâmetro maior que o especificado e quebra de ferramenta de corte.
Ciclo de troca de ferramenta	Não encontrado problema	Não requer	Colisão entre o braço trocador com a ferramenta
Visual/ Limpeza	Não encontrado problema	Não requer	Sujeira no cone da ferramenta ocasionando acoplamento incorreto
Tolerância de construção da ferramenta	Não encontrado problema	Não requer	Variação do chanfro de 2,5mm devido à variação das dimensões de construção da ferramenta

Fonte: OMR, 2019.

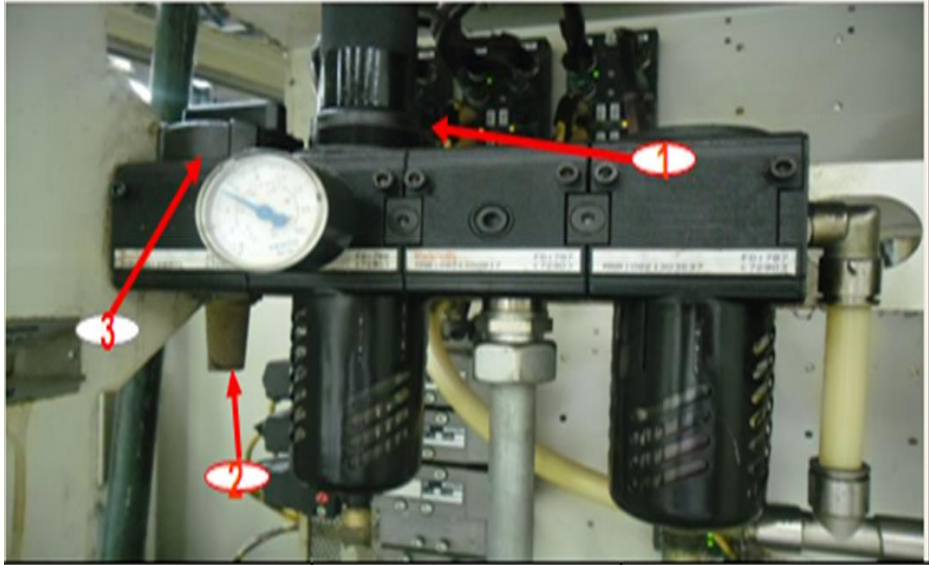
ANEXO 24

Verificação e controle dos Sistemas de Bloagem

Seção	Detalhes do Controle		
Sistema de Blocação			
Item Verificado			
1. Pontos de Apoio			
2. Garra de fixação			
3. Cilindro Hidráulico			
4. Manômetro			
5. Pedal de acionamento			
6. Engate			
Métodos de Checagem	Resultados	Ações de melhoria se houver resultado negativo	Consequência se a melhoria não for feita
Pontos de apoio através de relógio comparador	Não encontrado problema	Não requer	Usinagem de peças fora de tolerância e deslocadas
Visual quanto à fixação incorreta da peça	Negativo Face de apoio da peça não apóia corretamente após a blocagem.	Requer plano de ação	Vibração durante usinagem e perda de referencia da usinagem, colisão de máquina e danos à geometria da máquina.
Verificação das dimensões do dispositivo/ micrometro	Não encontrado problema	Não requer	Dificuldade para blocar a peça
Verificação de vazamentos de óleo/ visual	Não encontrado problema	Não requer	Baixo nível de óleo lubrificante, e baixo nível de fluido hidráulico, comprometendo a pressão de blocagem.

Fonte: OMR, 2019.

Verificação e controle do Sistema Pneumático.

Seção	Detalhes do Controle		
Sistema Pneumático			
Item Verificado			
Válvula			
Mangueira			
Bico de Sopro			
Métodos de Checagem	Resultados	Ações de melhoria se houver resultado negativo	Conseqüência se a melhoria não for feita
Verificar funcionamento das válvulas	Não encontrado problema	Não requer	Interrupção de ciclos de usinagem
Verificar a integridade das mangueiras	Mangueira integra	Não requer	Pressão insuficiente no sistema
Verificar entupimento e direcionamento dos bicos	Funcionamento normal	Não requer	Dificuldade de limpeza do dispositivo
Verificar a pressão de trabalho (6 bar)	Encontrado 6 bar	Não requer	Interrupção de ciclos de usinagem

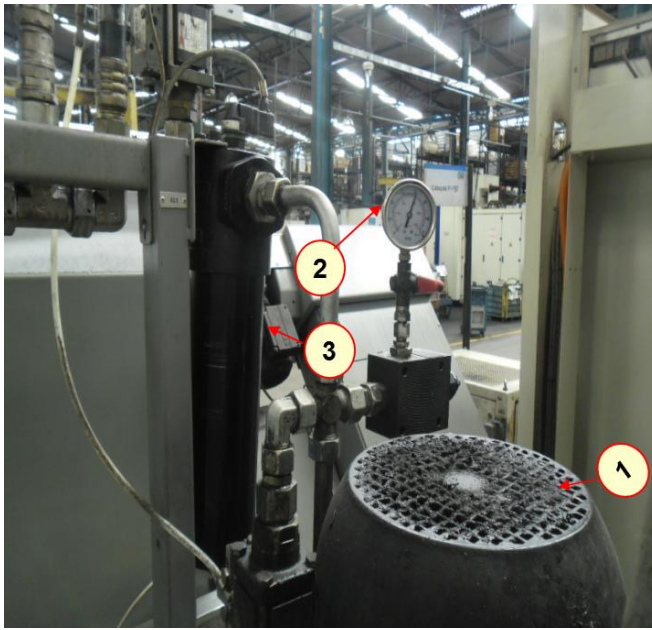
Fonte: OMR, 2019.

Verificação e controle do Sistema de Avanço do Eixo X, Y e Z.

Seção	Detalhes do Controle		
Sistema de Avanço do eixo X e Z			
Item Verificado			
Vibração			
Proteções			
Velocidade de avanço			
Programação			
Métodos de Checagem	Resultados	Ações de melhoria se houver resultado negativo	Consequência se a melhoria não for feita
Movimento manual	Não encontrado problema	Não requer	Quebra de ferramenta e instabilidade de dimensões
Visual	Não encontrado problema	Não requer	Desgaste prematuro de componentes
Através do programa de usinagem	Não encontrado problema	Não requer	Usinagem irregular/ quebra de ferramentas

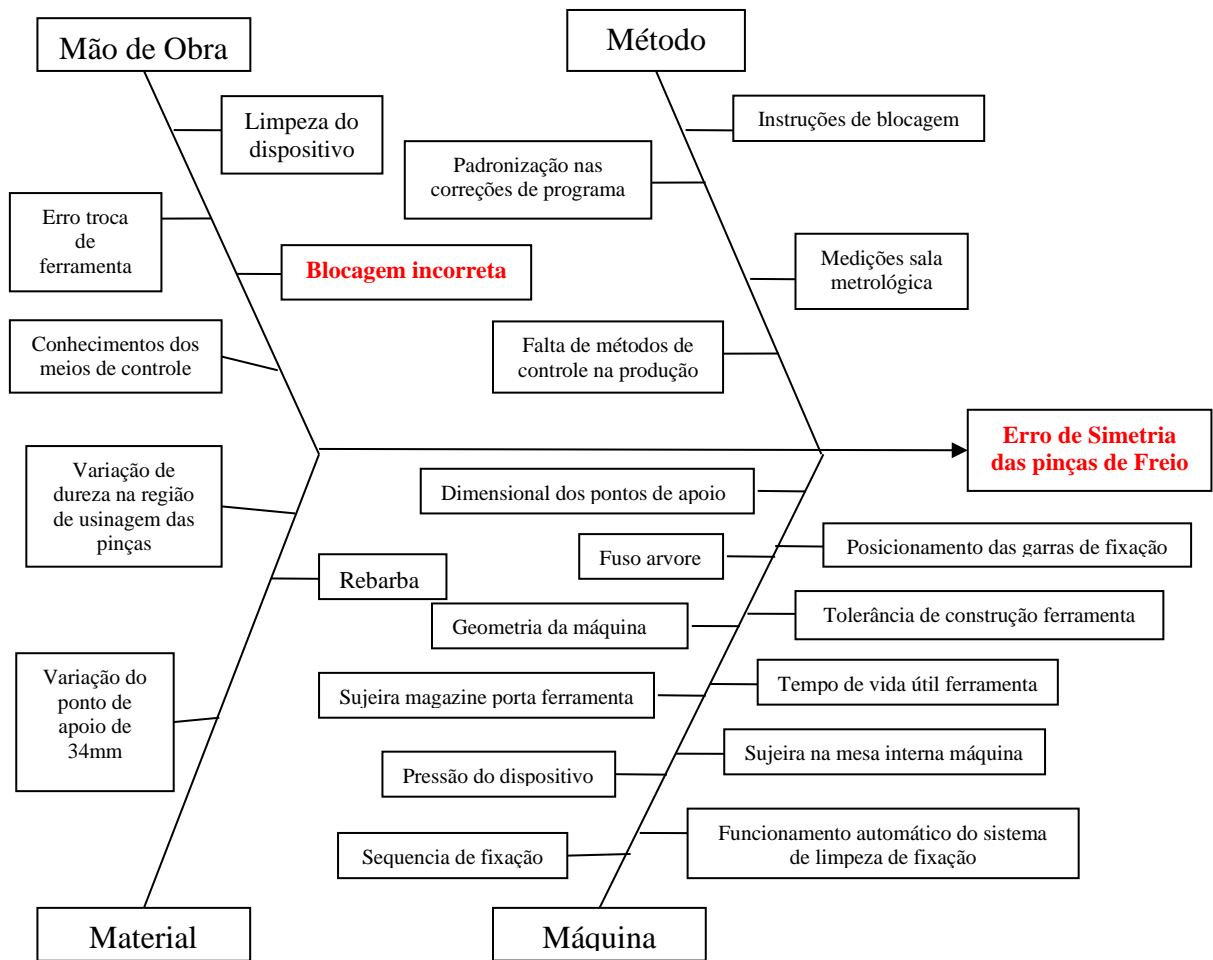
Fonte: OMR, 2019.

Verificação e controle dos Sistemas

Seção	Detalhes do Controle		
Sistema de refrigeração			
Item Verificado			
Concentração de óleo			
Manômetro			
Filtro			
Métodos de Checagem	Resultados	Ações de melhoria se houver resultado negativo	Consequência se a melhoria não for feita
Medição da concentração do líquido refrigerante	Não encontrado problema	Não requer	Dificuldade de usinagem/deficiência na refrigeração
Visual	Não encontrado problema	Não requer	Não visualização de perda de pressão da bomba
Troca preventiva	Não encontrado problema	Não requer	Passagem de sujeiras gerando entupimento

Fonte: OMR, 2019.

Diagrama de causa e efeito do erro de simetria das pinças



Fonte: OMR, 2019.

Cinco porquês para o erro de blocagem

Técnica dos “Cinco Por quês?” para o erro de blocagem.					
Perguntas	Por quê?	Por quê?	Por quê?	Por quê?	Por quê?
	Erro de blocagem	Acumulo limalha na face de apoio do dispositivo	Operador faz uma limpeza deficiente do dispositivo	Não é possível uma visualização satisfatória da peça após a blocagem	Fechamento automático das portas de segurança da máquina
Respostas	Excesso de limalhas na face de apoio do dispositivo/peça.	Limpeza deficiente do dispositivo de fixação pelo operador da máquina.	Visualização da peça após a blocagem e antes da usinagem.	Fechamento automático das portas de segurança da máquina.	Proteger a integridade física do operador da máquina.

Fonte: OMR, 2019.

ANEXO 30

1º Plano de Ação 5W+1H – Ações de maior rapidez

1º Plano de Ação – Ações de maior rapidez					
O que? (What?)	Quem? (Who?)	Quando? (When?)	Onde? (Where?)	Por quê? (Why?)	Como? (How?)
Treinamento de toda equipe de produção envolvida sobre limpeza do dispositivo	Roberto César (Produção)	1º semana de novembro/2018	Bordo de máquina.	Para minimizar o erro de blocagem.	Conscientizando e demonstrando a importância da limpeza do dispositivo.

Fonte: OMR, 2019.

ANEXO 31

Matriz de priorização de melhorias FIRE.

Proposta	Função	Invest.	Resultado	Exeq.	F x I x R x E
Abrir janelas nas portas de segurança da máquina	2	5	1	5	50
Instalação de bicos de jatos de óleo refrigerante sobre o dispositivo	2	3	1	4	24
Instalação de <i>Air-Check</i> no dispositivo de fixação	5	2	5	3	150

Fonte: OMR, 2019.

ANEXO 32

Plano de ação para instalação do *Air-Check*

2º Plano de Ação – Ações de longo prazo e maior investimento					
O que? <i>(What?)</i>	Quem? <i>(Who?)</i>	Quando? <i>(When?)</i>	Onde? <i>(Where?)</i>	Por quê? <i>(Why?)</i>	Como? <i>(How?)</i>
Instalação de <i>Air-Check</i> no dispositivo de fixação.	Alfredo (Dispositivos)	1º semana de dezembro/2018, devido a um período de férias coletivas, sem que prejudique a produção.	Na face de apoio da peça e na face onde apóia o Datum G, na máquina OMP-237 que é equipada com sistema preparado para <i>Air-Check</i> .	Para eliminar o erro de blocagem.	Utilizando materiais e equipamentos disponíveis na própria empresa.

Fonte: OMR, 2019.

ANEXO 33

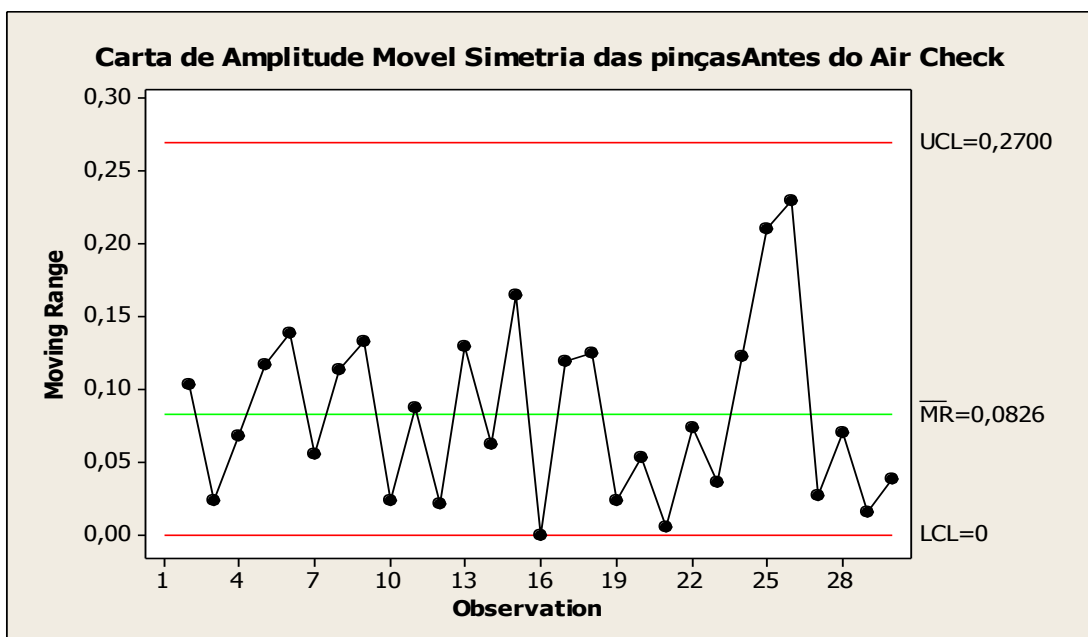
Histórico de não conformidades quanto á simetria das pinças de freio antes do Air-Check.



Fonte: OMR, 2019.

ANEXO 34

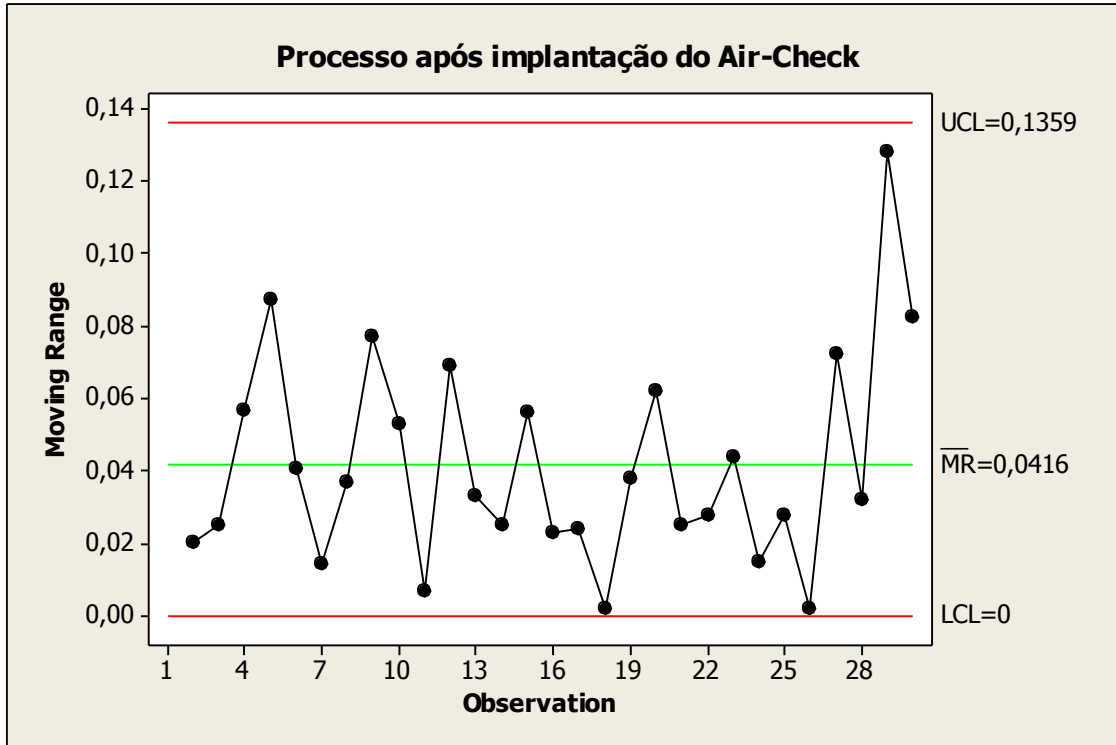
Variabilidade do processo antes do *Poka-Yoke*.



Fonte: OMR, 2019.

ANEXO 35

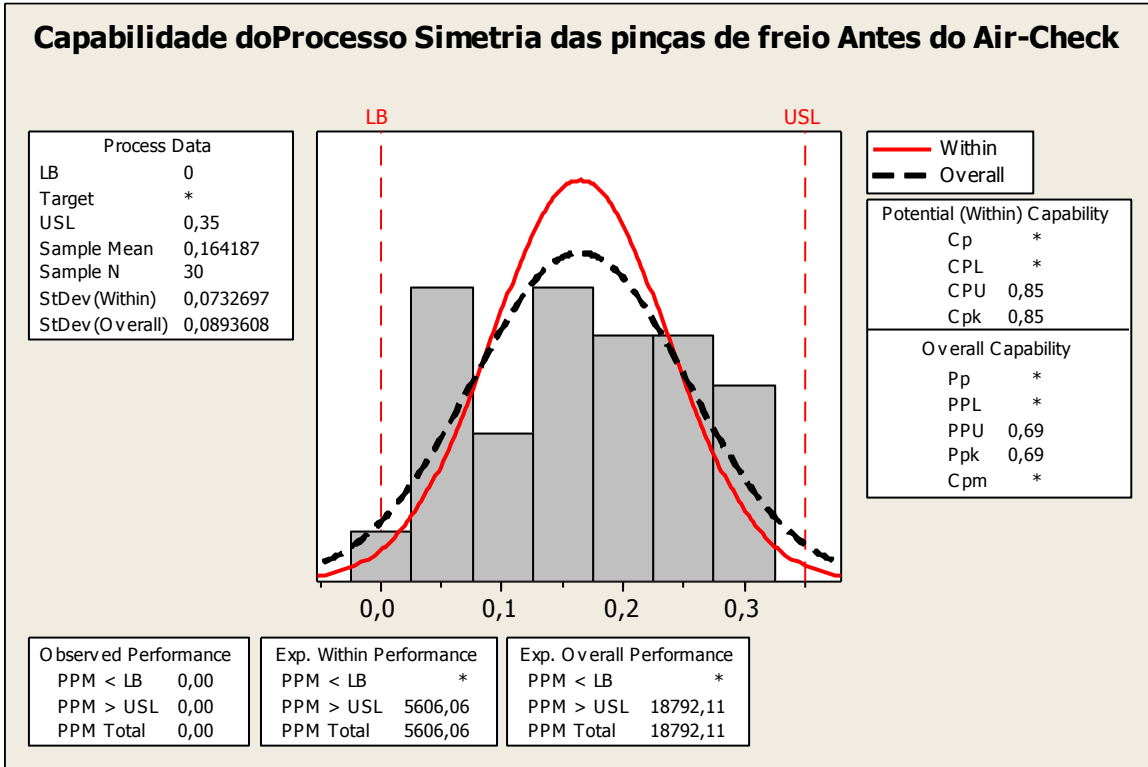
Variabilidade do processo após o *Poka-Yoke*.



Fonte: OMR, 2019.

ANEXO 36

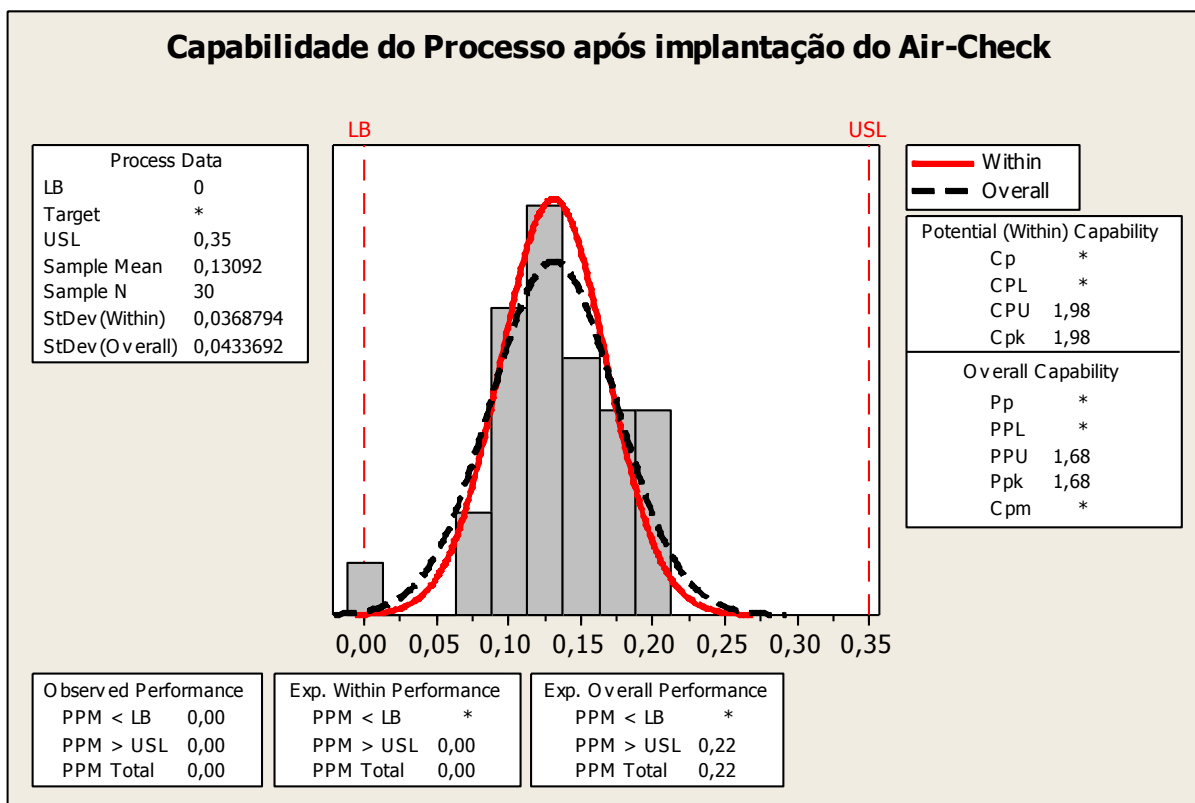
Capacidade do processo antes da implantação do Poka-Yoke



Fonte: OMR, 2019.

ANEXO 37

Capabilidade do Processo após a implementação do *Poka-Yoke*.



Fonte: OMR, 2019.

ANEXO 38

Custos de implantação do Air-Check para expansão da melhoria.

Análise de Custos para expansão nos 08 centros de usinagem		
Material	desenho	Valor (R\$)
Apoio Des. 00873608-002	1S0407255/256-G	960,00
União macho cod.GE4-LL/M6x1	1S0407255/256-G	512,40
União de redução cód.GR6-4LL	1S0407255/256-G	289,80
Conexão Banjo Cód.SWVE4-LLM	1S0407255/256-G	840,00
TÊ IGUAL cód. T4-LL	1S0407255/256-G	1033,20
Cruzeta IGUAL Cód. K4-LL	1S0407255/256-G	470,40
Tubo de Aço diam. 4mm	1S0407255/256-G	117,00
Flange de centragem 00.873672.D	1S0407255/256-G	4080,00
Flange de centragem 00.873672.1.D	1S0407255/256-G	4081,00
Flange de centragem 00.873672.32.2D	1S0407255/256-G	8160,00
Sistema Air-Check	1S0407255/256-G	146,597,01
Total	-	167.140,81

Fonte: OMR, 2019.

ANEXO 39

Cálculo do IB/C.

Cálculo do IB/C	
Custo Total R\$	Benefício Total R\$
167.140,81	155.364,83
IB/C= 0,93	

Fonte: OMR, 2019.