

ANÁLISE DAS FALHAS NO SETOR DE USINAGEM: ESTUDO DE CASO EM UMA EMPRESA FABRICANTE DE MÁQUINAS

Gabriel Berwanger¹
Cleusa Teresinha Anschau²
Keila Daiane Ferrari Orso³

RESUMO

Este trabalho aborda as falhas ocorridas no processo de usinagem em uma empresa fabricante de máquinas industriais, tema devido ao impacto direto de erros dimensionais e furações incorretas exercem sobre retrabalhos dentro da indústria, o objetivo geral é identificar as falhas no setor de usinagem de uma empresa fabricante de máquinas visando a diminuição de retrabalho. A pesquisa foi desenvolvida por meio de um estudo de caso, utilizando observações diretas do processo, e medições de peças como instrumentos de coleta de dados. Para análise, aplicou-se o Diagrama de Ishikawa, permitindo a identificação dos fatores relacionados à mão de obra, métodos, máquinas, materiais, medição e ambiente que contribuem para a ocorrência das falhas. Os resultados evidenciaram que a ausência de treinamentos, e falta de conferência durante a usinagem estão entre os principais responsáveis pelas não conformidades. A partir das causas, foi possível propor ações corretivas voltadas à melhoria do processo, incluindo treinamentos, mudança na ficha técnica e reforço no controle de qualidade.

Palavras-chave: Usinagem. Qualidade. Diagrama de Ishikawa. PDCA. 5W2H.

1 INTRODUÇÃO

A usinagem é reconhecida como um dos processos de fabricação mais utilizados na indústria, caracterizando-se pela remoção controlada de material de peças brutas por meio de máquinas-ferramenta, até que sejam obtidas formas, dimensões e acabamentos específicos. Ferraresi (1977) destaca que a usinagem é um método tradicional da indústria metalmeccânica, baseado na utilização de ferramentas de corte que conferem geometria adequada às peças. Ao longo da história, esse processo evoluiu consideravelmente, especialmente após a Revolução Industrial, quando o aperfeiçoamento das máquinas-ferramenta proporcionou maior precisão e padronização (Machado *et al.*, 2011).

A usinagem de precisão assume papel fundamental para setores industriais que demandam elevados padrões de confiabilidade. Segundo Groover (2012), a fabricação de peças com tolerâncias reduzidas e alto nível de acabamento superficial é indispensável em áreas como a aeroespacial e a automotiva, onde desvios mínimos podem comprometer a segurança ou o

¹ Graduando em Engenharia de Produção (UCEFF, 2025). E-mail: Gabriel.berwanger16@gmail.com

² Docente da UCEFF Faculdades. E-mail: cleusaanschau@uceff.edu.br.

³ Docente da UCEFF Faculdades. E-mail: keila@uceff.edu.br

desempenho do produto. Shigley *et al.* (2011) afirma que a usinagem de precisão possibilita a fabricação de componentes, que podem ser substituídos por outros sem a necessidade de ajuste, condição essencial para processos de montagem em larga escala e para a manutenção da padronização.

A qualidade na usinagem, não se restringe ao cumprimento das dimensões especificadas. Ela envolve a busca pela estabilidade dos processos, a redução de variabilidades e a confiabilidade dos resultados. Segundo Juran e Godfrey (1999) a qualidade deve ser entendida como “adequação ao uso”, ou seja, o produto precisa cumprir a função para a qual foi projetado de maneira consistente.

Apesar de ser um processo antigo, a usinagem está suscetível a falhas que afetam diretamente o desempenho produtivo. Slack *et al.* (2009) aponta que problemas como medidas fora da tolerância, desgaste prematuro das ferramentas e erros de parametrização podem comprometer a eficiência do processo e gerar custos adicionais com retrabalho ou descarte de peças. Groover (2012) ressalta que condições inadequadas de corte, como velocidades excessivas ou lubrificação deficiente, potencializam defeitos no acabamento e reduzem a vida útil das ferramentas. Dessa forma, compreender as origens das falhas e adotar práticas de prevenção é tão estratégico quanto o domínio das técnicas de fabricação.

Diante de exposto, pergunta-se: **Quais são as falhas no setor de usinagem em uma empresa fabricante de máquinas?**

Nesse sentido, o objetivo geral é identificar as falhas no setor de usinagem de uma empresa fabricante de máquinas visando a diminuição de retrabalho. Como objetivos específicos destacam-se: aplicar ferramenta de qualidade no setor de usinagem da empresa, descrever as causas principais das falhas relacionadas às furações incorretas através do Diagrama de Ishikawa e criar um plano de melhoria continua.

O Diagrama de Ishikawa, também conhecido como diagrama de causa e efeito, é a ferramenta eficaz para esse tipo de análise, pois possibilita a identificação de fatores que contribuem para a ocorrência de não conformidades e auxiliar na proposição de soluções (Montgomery, 2004).

A empresa em estudo tem apresentado falhas recorrentes em seu processo de usinagem, contendo peças fora das especificações dimensionais ou com furações incorretas. Essas não conformidades impactam diretamente a montagem das máquinas, tendo não percebido a falha na montagem e percebendo posteriormente, gerando retrabalho desmontagem e remontagem, aumento de custos produtivos e atrasos no fluxo da produção. Diante a isso, surge a necessidade

de compreender as causas dessas falhas e propor ações corretivas com o objetivo de melhorar o processo.

Dessa forma, a pesquisa justifica-se pela importância em compreender as falhas que ocorrem no processo de usinagem, uma vez que peças produzidas fora das especificações podem gerar retrabalho, aumento de custos e atrasos na produção.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 USINAGEM

A usinagem é um dos processos de fabricação mais utilizados na indústria, caracterizando-se pela remoção controlada de material de peças brutas por meio de máquinas-ferramenta, até que se obtenham formas, dimensões e acabamentos específicos. Conforme Ferraresi (1977, p. 32), trata-se de um dos métodos mais antigos da indústria metalmeccânica, “baseado na utilização de ferramentas de corte que conferem geometria adequada às peças”.

Ao longo da história, esse processo evoluiu consideravelmente, especialmente após a Revolução Industrial, quando o aperfeiçoamento das máquinas-ferramenta proporcionou maior precisão e padronização dos processos (Machado *et al.*, 2011).

O setor de usinagem da empresa estudada transforma matérias-primas, como aço inox, alumínio, polietileno e carbono, em peças para montagem de suas máquinas. Essas peças seguem para etapas subsequentes, como montagem e testes, garantindo que o produto final atenda às especificações do projeto. Contudo, observou-se que parte das peças são encaminhadas sem conferência adequada pelo operador, ocasionando não conformidades, como furações ausentes ou incorretas. Tais falhas comprometem a montagem, geram retrabalho, atrasos no cronograma e aumento dos custos de produção. Entre os processos mais comuns de usinagem destacam-se no Quadro 1:

Quadro 1- Tipos de processo de Usinagem

Processo	Conceito	Autor
Torneamento	Utilizado principalmente para peças cilíndricas, permitindo a remoção precisa de material e obtenção do diâmetro desejado	Diniz; Marcondes; Coppini, 2018
Fresamento	Empregado na fabricação de superfícies planas e perfis complexos, garantindo acabamento uniforme	Diniz; Marcondes; Coppini, 2018
Furação	Aplicado na execução de orifícios com dimensões e tolerâncias específicas, sendo essencial para montagem de peças	Diniz; Marcondes; Coppini, 2018

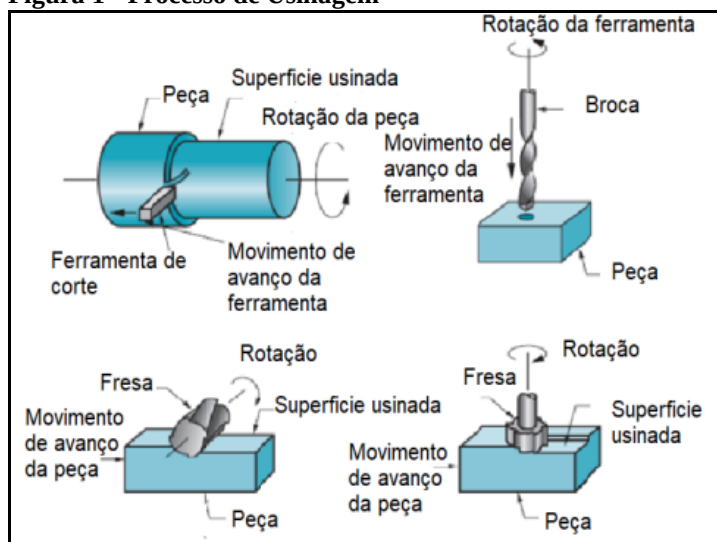
Retificação	Voltada para alto grau de acabamento e precisão dimensional, especialmente em superfícies críticas	Diniz; Marcondes; Coppini, 2018
-------------	--	---------------------------------

Fonte: Adaptado de Diniz; Marcondes; Coppini (2018).

A usinagem exerce papel estratégico na fabricação de máquinas, garantindo a conformidade dimensional e a qualidade superficial das peças produzidas. Apesar de sua importância, está sujeita a falhas que podem comprometer o produto final, como furações incorretas, medidas fora da tolerância, desgaste prematuro das ferramentas e condições inadequadas de corte (Machado *et al.*, 2011).

Portanto, compreender os fundamentos da usinagem e aplicar medidas preventivas é essencial para a melhoria contínua do processo industrial. A Figura 1, demonstra o processo de usinagem.

Figura 1 - Processo de Usinagem



Fonte: Adaptado de Groover (2014).

A Figura 1 apresenta de como é um processo de usinagem, observando a interação entre a peça, a ferramenta de corte e a máquina-ferramenta. Esse modelo ilustra como ocorre a remoção do material, permitindo que a peça atinja as dimensões e o acabamento especificados.

Já na Figura 2 é possível visualizar uma peça já usinada, conforme imagem a seguir.

Figura 2 – Peça conforme desenho técnico



Fonte: Jecom (2024).

Contudo para se ter o resultado da peça, é necessário o desenho técnico com todos os detalhes da peça em si, ele é como se fosse um guia para ser modelada a peça conforme demonstrado na Figura 2. É por meio dele que se estabelecem as tolerâncias dimensionais, as formas geométricas e os requisitos de qualidade superficial. Segundo Souza e Back (2017), o desenho técnico industrial constitui a principal linguagem gráfica da engenharia, garantindo que os profissionais envolvidos no processo fabril compreendam de maneira uniforme as especificações do produto.

2.2 QUALIDADE NA INDÚSTRIA

A qualidade na indústria é um tema abordado por diferentes autores. Juran (1992) conceitua qualidade como a adequação ao uso, destacando que o produto deve atender às necessidades do cliente e cumprir sua função de maneira eficiente. Deming (1990) enfatiza a melhoria contínua e o papel fundamental da gestão no alcance da qualidade, defendendo que grande parte dos problemas de desempenho das empresas decorre da administração, e não dos trabalhadores. Crosby (1994) define qualidade como “conformidade com os requisitos”, defendendo o princípio do “zero defeito” como meta para reduzir falhas e melhorar a eficiência dos processos.

No contexto da manufatura, o controle de qualidade se torna essencial para assegurar que os produtos atendam às especificações técnicas e funcionais exigidas pelo mercado. Montgomery (2004) destaca que a aplicação de técnicas estatísticas de controle de processo é capaz de reduzir a variabilidade, aumentar a confiabilidade dos produtos e garantir a padronização da produção. Nas indústrias de máquinas, em especial no setor de usinagem, esse

controle assume papel estratégico, pois evita que falhas no processo de fabricação comprometam etapas posteriores, como a montagem e o funcionamento dos equipamentos.

É importante considerar os custos da não qualidade, que englobam desperdícios provenientes de retrabalho, refugo e atrasos na entrega. Juran (1992) ressalta que esses custos, denominados “custos da má qualidade”, muitas vezes são superiores aos investimentos necessários para a prevenção de falhas. No ambiente industrial, pequenos erros, como uma furação incorreta ou esquecimento da mesma, geram a inutilização da peça e ainda demanda novo tempo de máquina e de mão de obra, resultando em prejuízos significativos para a produção.

2.2.1 Ferramentas Da Qualidade

As ferramentas da qualidade são recursos fundamentais para a análise, diagnóstico e melhoria de processos industriais, permitindo identificar problemas e implementar soluções. Entre elas, sendo as principais estão sete ferramentas da qualidade: Diagrama de Ishikawa, histograma, folha de verificação, fluxograma, Gráfico de Pareto, carta de controle e diagrama de dispersão (Ishikawa, 1985; Montgomery, 2004; Juran, 1992).

O Diagrama de Ishikawa, também chamado de diagrama de causa e efeito ou espinha de peixe, auxilia na identificação das causas que levam a um problema específico, organizando os fatores em categorias como métodos, máquinas, materiais, mão de obra, meio ambiente e medição (Ishikawa, 1985). Já o histograma apresenta a distribuição de frequências de um determinado fenômeno, permitindo visualizar padrões e variações de forma clara e objetiva (Montgomery, 2004).

A folha de verificação é utilizada para coletar e registrar dados de maneira padronizada, facilitando a análise de ocorrências e permitindo comparações ao longo do tempo (Juran, 1992). O fluxograma representa graficamente o fluxo de processos ou operações, evidenciando etapas críticas e potenciais pontos de falha, sendo uma ferramenta essencial para mapear processos (Ishikawa, 1985). O gráfico de Pareto, baseado no princípio 80/20, auxilia na identificação das causas mais relevantes de problemas, permitindo priorizar esforços de melhoria (Juran, 1992).

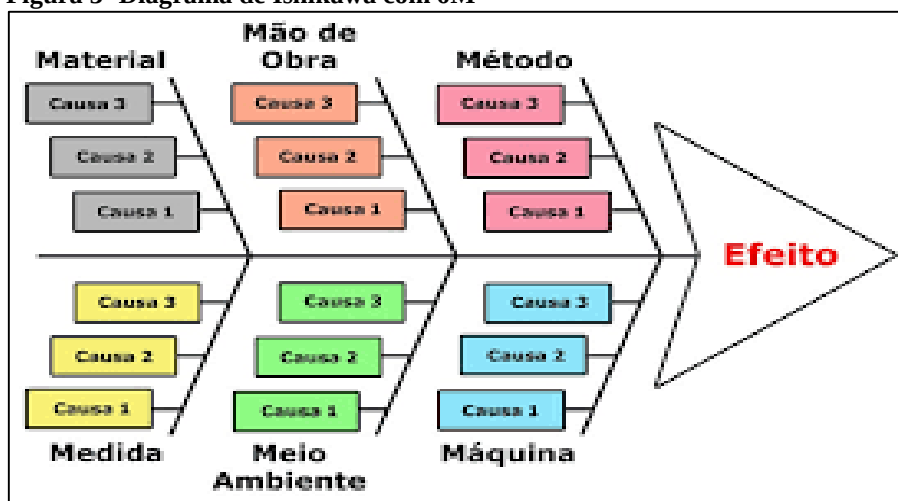
A carta de controle é utilizada para monitorar a variabilidade de processos ao longo do tempo, possibilitando identificar situações fora de controle e prevenir falhas futuras. Por fim, o diagrama de dispersão estabelece relações entre duas variáveis, auxiliando na identificação de correlações que podem influenciar a qualidade do produto ou processo (Montgomery, 2004).

A utilização dessas ferramentas, mesmo de forma básica, é essencial para o diagnóstico de problemas em processos industriais. Elas permitem que gestores e operadores compreendam as causas de não conformidades, tomem decisões fundamentadas e implementem ações corretivas que promovam a melhoria contínua e a redução de desperdícios. Em setores como o de usinagem, onde pequenas falhas podem gerar retrabalho e custos elevados, essas ferramentas tornam-se instrumentos estratégicos para a manutenção da qualidade e eficiência da produção.

2.2.2 Diagrama de Ishikawa

O Diagrama de Ishikawa, também conhecido como diagrama de causa e efeito ou espinha de peixe, é uma ferramenta da qualidade criada por Kaoru Ishikawa na década de 1960. Seu objetivo principal é identificar, organizar e analisar de forma visual as possíveis causas de um problema, permitindo que equipes de produção compreendam melhor os fatores que contribuem para não conformidades (Ishikawa, 1985).

Figura 3- Diagrama de Ishikawa com 6M



Fonte: Adaptado de HostMídia (2025).

Conforme a Figura 3, essa ferramenta se caracteriza pela divisão das causas em categorias, denominadas 6M: Máquinas, Métodos, Materiais, Mão de Obra, Medição e Meio Ambiente. Cada categoria representa uma causa de falhas, possibilitando que os problemas sejam estruturados. Segundo, na Prática (2024), o Diagrama de Ishikawa “ajuda as pessoas a identificar possíveis causas para problemas” e permite “analisar os processos em diferentes perspectivas, relacionando causas potenciais para um determinado cenário”.

A aplicação do diagrama é relevante no ramo industrial, como a usinagem, onde falhas dimensionais ou de furação podem gerar retrabalho. Ao estruturar visualmente as causas das

não conformidades, a equipe consegue priorizar ações corretivas e preventivas, melhorar os procedimentos operacionais e garantir maior confiabilidade às peças produzidas (Juran, 1992; Montgomery, 2009).

2.2.3 Ciclo PDCA

O ciclo PDCA é uma metodologia de gestão utilizada para promover a melhoria contínua dos processos. Segundo Campos (2004), o PDCA é composto por quatro etapas *Plan* (planejar), *Do* (executar), *Check* (verificar) e *Act* (agir) que devem ser seguidas para garantir maior eficiência e controle das atividades. A Figura 4 demonstra de forma estrutura o ciclo PDCA.

Figura 4 – Estrutura do ciclo PDCA



Fonte: Voitto (2023).

Conforme a Figura 4, o ciclo funciona de um modo repetitivo onde, após cada fase no projeto, retoma-se na etapa de planejamento para análise de resultados.

Quadro 2 – Explicação de cada fase do ciclo PDCA

Planejar	Implementar/Executar	Verificar	Agir
Antes de se executar o processo é preciso planejar as atividades, definir a meta e os métodos.	É a execução das tarefas de acordo com o que foi estipulado no plano, inclui também a coleta de dados para o controle do processo. O treinamento é requisito para a execução das tarefas.	É a fase de monitoramento, medição e avaliação. Os resultados da execução são comparados ao planejamento e os problemas são registrados. Se os resultados forem favoráveis, as tarefas	Fase em que se apontam soluções para os problemas encontrados.

		são mantidas, se ocorrer problema, deve-se:	
--	--	---	--

Fonte: Sebrae (2022).

Na etapa de planejamento, define-se o problema, estabelecem-se metas e elaboram-se planos de ação. Em seguida, na fase de execução, as ações são implementadas conforme o planejado. Já na etapa de verificação, os resultados obtidos são comparados com os objetivos estabelecidos, possibilitando a identificação de desvios. Por fim, na fase de ação, devem ser aplicadas correções e padronizações para consolidar os resultados positivos e prevenir a repetição de falhas (Werkema, 1995).

De acordo com Paladini (2012), o PDCA é essencial para a gestão da qualidade porque permite o acompanhamento contínuo dos processos, identificando oportunidades de melhoria e aumentando a confiabilidade dos produtos.

2.2.4 Método 5W2H

O método 5W2H é uma ferramenta de planejamento e gestão que tem como objetivo estruturar ações de forma clara, objetiva e prática, auxiliando na solução de problemas organizacionais. De acordo com Campos (2013), o 5W2H é um recurso simples, porém eficiente, por possibilitar o desdobramento sistemático de planos de ação, de modo a reduzir falhas de comunicação e aumentar a clareza no gerenciamento de tarefas.

Quadro 3 – Método 5W2H

5W					2H	
WHAT? (Oque)	WHY (Por quê?)	WHERE (Onde?)	WHEN (Quando?)	WHO (Quem?)	HOW (Como?)	HOW MUCH (Quanto?)
Oque será feito?	Por que será feito?	Onde será feito?	Quando será feito?	Pra quem será feito?	Como será feito?	Quanto custará para fazer?

Fonte: Fênix Educação (2024).

O Quadro 3 apresenta a aplicação da ferramenta 5W2H, que consiste em um plano de ação a partir de sete perguntas. Essa estrutura permite organizar de forma clara as ações necessárias para solucionar um problema, atribuindo responsabilidades, prazos e recursos. (Fênix Educação, 2023).

No setor de usinagem, o 5W2H pode ser aplicado para auxiliar na resolução de problemas de qualidade, como peças fora de especificação dimensional ou falhas no

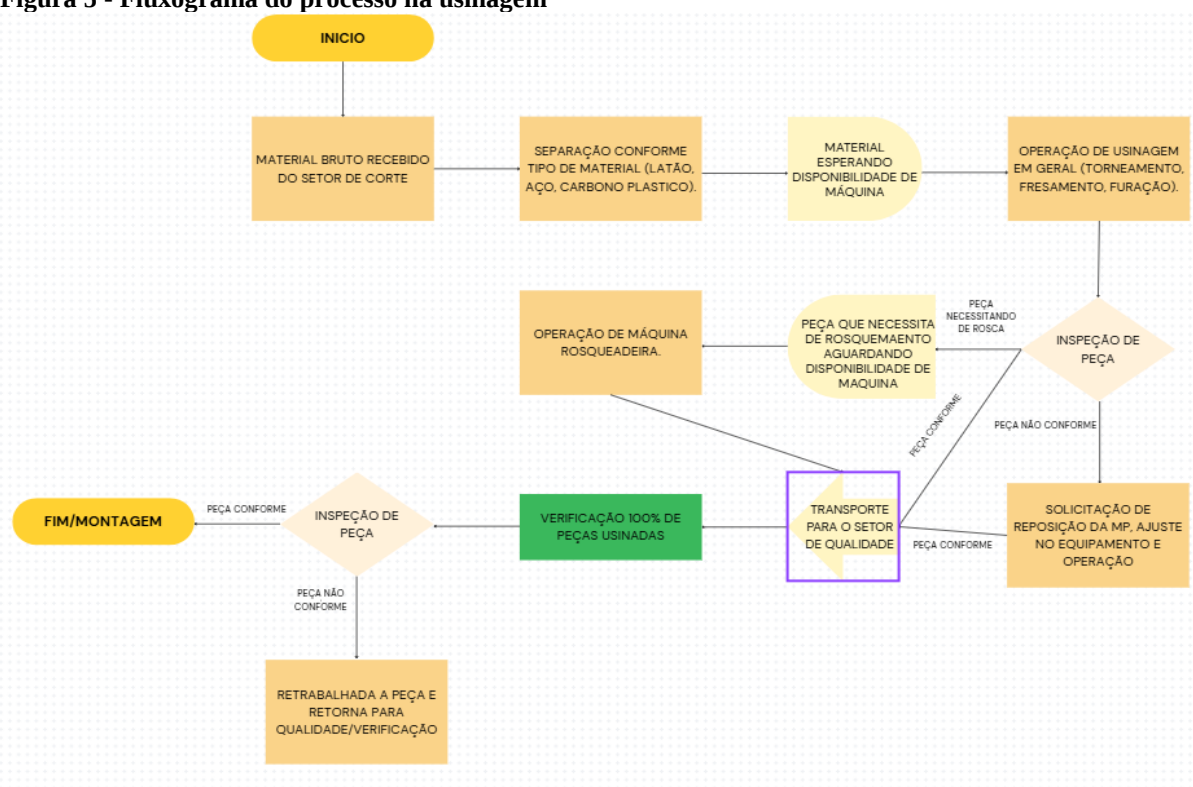
acabamento. Por meio de suas questões, o método permite identificar o que deve ser corrigido, a justificativa para a ação, quem será responsável pela execução, em que etapa do processo ocorrerá a melhoria e como ela será implementada. De acordo com Slack *et al.* (2009), ferramentas como o 5W2H são fundamentais para alinhar os planos de ação aos objetivos produtivos, reduzindo desperdícios e fortalecendo a padronização dos processos.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Este trabalho foi desenvolvido na forma de estudo de caso, voltado para o setor de usinagem de uma empresa fabricante de máquinas industriais. A escolha desse setor se deve ao fato de que nele foram identificadas não conformidades recorrentes em peças produzidas, relacionadas ao setor da usinagem.

Como instrumento de coleta de dados, foram utilizadas observações diretas do processo produtivo e verificações dimensionais realizadas com instrumentos de medição. Essas observações permitiram identificar falhas e reunir informações necessárias para análise posterior.

Figura 5 - Fluxograma do processo na usinagem



Fonte: Dados da pesquisa (2025).

A Figura 5 apresenta o fluxograma elaborado para descrever as principais etapas do processo de usinagem, desde a entrada do material bruto, até a inspeção final e destinação da peça para o setor de montagem. O fluxograma permite visualizar a sequência operacional, bem como os pontos em que ocorrem verificações de qualidade.

Para compreender as causas das não conformidades, foi aplicado o Diagrama de Ishikawa. Esse método classifica as possíveis causas de um problema em seis categorias: mão de obra, máquina, método, material, meio ambiente e medição. Cada um dos “M” foi analisado, relacionando os potenciais fontes de falhas. A Figura 6 apresenta o diagrama de Ishikawa aplicado ao setor de usinagem, destacando as possíveis causas das falhas nas peças.

Figura 6 – Espinha de peixe sobre falha na usinagem



Fonte: Dados da pesquisa (2025).

As causas foram organizadas nos seis grupos principais do Diagrama de Ishikawa, o que facilitou a visualização de onde estavam os principais problemas no setor de usinagem. Foram utilizando observações diretas do processo, análise das peças e medições dimensionais. A partir desses dados, foi possível identificar as falhas mais recorrentes.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

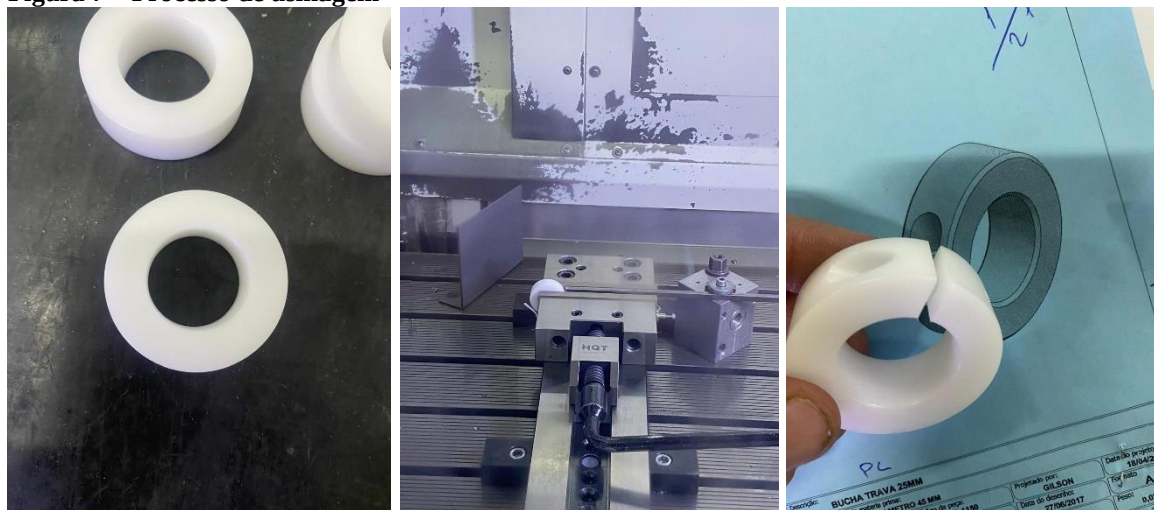
4.1 PROCESSO ATUAL

O processo de usinagem analisado inicia-se com o recebimento das peças brutas provenientes do setor de corte. Nessa etapa, os materiais chegam devidamente identificados conforme o tipo de matéria-prima, como aço carbono, alumínio ou polímero, e são destinados a uma prateleira que fica dentro do setor, onde aguardam liberação até serem trabalhadas.

As peças são destinadas às máquinas-ferramenta adequadas ao tipo de operação a ser executada. O setor conta com tornos, fresadoras e centros de usinagem CNC, sendo que cada equipamento é programado de acordo com o desenho técnico que a peça acompanha. As operações envolvem torneamento, furação, desbaste e acabamento, conforme a complexidade do componente.

Em alguns casos, o mesmo componente pode passar por diferentes máquinas, dependendo das dimensões, tolerâncias ou operações exigidas. Existem equipamentos destinados exclusivamente à execução de furos roscados, nos quais o operador realiza a fixação da peça e realiza o rosqueamento. A Figura a seguir demonstra a peça bruta, forma de fixação e peça finalizada.

Figura 7 – Processo de usinagem



Fonte: Dados da pesquisa (2025).

A Figura 7 apresenta uma peça bruta (poliacetal) fixada na máquina, apoiada sobre calços de apoio observa-se também a localização da peça, no qual a mesma precisa ficar 40 mm fora da fixação para ser trabalhada. Essas instruções ficam detalhadas tanto na máquina que trabalhara a peça, e também na ordem de produção. É possível visualizar a peça finalizada, já usinada conforme o desenho técnico.

Após as operações de usinagem, as peças seguem para o setor de qualidade, onde são realizadas medições dimensionais e verificações visuais conforme o desenho técnico. Os instrumentos utilizados incluem paquímetros, micrômetros e calibradores de rosca. As peças que atendem aos requisitos são liberadas para montagem ou estoque, enquanto as que apresentam não conformidades retornam para retrabalho.

4.2 APLICAÇÃO DO ISHIKAWA

Com base nas observações realizadas no setor de usinagem, identificou-se a necessidade de compreender de forma mais detalhada as causas das não conformidades nas peças produzidas. O diagrama foi elaborado a partir das informações coletadas durante o acompanhamento do processo e da observação direta das etapas produtivas. As principais falhas identificadas no setor referem-se a furações incorretas ou ausentes, roscas fora de especificação e peças fora de tolerância dimensional. Esses defeitos geram retrabalho, perda de tempo e aumento de custos, refletindo diretamente na produtividade e na confiabilidade do processo.

Conforme a **Figura 6**, a análise do diagrama exposta no Quadro 4 permite destacar as seguintes causas potenciais:

Quadro 4 – Análise do diagrama Ishikawa

Mão de obra	Parte dos operadores apresenta pouca experiência na operação das máquinas e na leitura de desenhos técnicos, falta de conferência das peças. Ausência de um controle formal sobre a execução em diferentes turnos dificulta a responsabilização por falhas.
Máquina	Desgaste em ferramentas de corte, perda de zeramento das máquinas.
Método	Alguns desenhos técnicos apresentam ausência de cotas, exigindo cálculos adicionais e podendo ocorrer interpretações incorretas.
Material	Peças provenientes do setor de corte chegando fora das medidas especificadas, comprometendo o processo de usinagem.
Medição	Ausência de conferência periódica das dimensões durante a usinagem.
Meio ambiente	Ruído e temperatura do ambiente que podem interferir na atenção do operador.

Fonte: Dados da pesquisa (2025).

O Quadro 4 apresenta a análise do Diagrama de Ishikawa, permitindo visualizar de forma organizada as possíveis causas das falhas identificadas no processo de usinagem. A partir dessa estrutura, torna-se mais fácil compreender onde os problemas podem estar ocorrendo.

4.2.1 Análise da causa raiz

Após o levantamento das possíveis causas de falhas por meio do Diagrama de Ishikawa, foi realizada uma análise para identificar a causa raiz do problema. Observou-se que a maioria das não conformidades estava relacionada à falta de padronização no processo de medição e controle dimensional durante a usinagem.

Durante a produção, muitos operadores não realizavam medições periódicas após o ajuste inicial da máquina. Com esse comportamento abre-se brechas para seguirem o fluxo peças não conformes. Uma simples troca de peça, sendo está mal zerada, pode gerar uma não

conformidade, pois na usinagem cada mm pode comprometer uma peça, esses fatores contribuem para que as peças apresentem furações incorretas ou medidas fora da tolerância.

Outro fator foi a falta de conferência e revisão dos desenhos técnicos, que em alguns casos apresentavam ausência de cotas ou informações incompletas, exigindo interpretações por parte dos operadores e aumentando a probabilidade de erro.

Com base nessa análise, concluiu-se que a causa raiz principal das falhas está relacionada ao **fator humano (mão de obra)**, mais especificamente à falta de treinamento e de padronização nos procedimentos de inspeção e usinagem.

4.3 CICLO PDCA

No caso da empresa estudada, o ciclo PDCA foi pensado com o objetivo de reduzir as não conformidades nas peças usinadas, especialmente as furações incorretas e medidas fora da tolerância.

Quadro 5 – Aplicando PDCA

Etapa	Descrição	Ações realizadas	Resultados Esperados
Planejar	Identificar as causas das não conformidades e definir metas de melhoria.	Análise do processo por meio do Diagrama de Ishikawa; Elaboração de um procedimento padrão de inspeção e plano de treinamento.	Identificação das falhas no processo e um plano de ação.
Executar	Implementar as ações planejadas.	Treinamento dos operadores em leitura e interpretação de desenhos técnicos; Implantação do novo procedimento de conferência; Inclusão de campo de identificação do operador nas fichas de produção.	Operadores treinados; Padronização das verificações e Rastreabilidade aprimorados.
Verificar	Monitorar e avaliar os resultados das ações.	Acompanhamento semanal dos relatórios de não conformidade e comparação com o período anterior.	Redução significativa no número de peças reprovadas na inspeção final.
Agir	Padronizar as melhorias.	Inclusão definitiva do procedimento no manual interno; Treinamentos semestrais; Acompanhamento contínuo de indicadores de qualidade.	Padronização do processo e da melhoria contínua no setor de usinagem.

Fonte: Dados de pesquisa (2025).

Conforme o Quadro 5 na etapa planejar, foi analisado o processo por meio do Diagrama de Ishikawa, permitindo identificar as possíveis causas das não conformidades e elaborar um plano de treinamento para os operadores.

Em executar, essas ações serão colocadas em prática, com a realização dos treinamentos, o reforço da conferência durante a produção e a inclusão do campo de identificação do operador nas fichas de produção.

Na fase verificar, os resultados serão acompanhados semanalmente por meio dos relatórios de não conformidades, que serão feitos pela equipe da qualidade, todas as peças usinadas passam pelo setor de qualidade antes de serem direcionadas a montagem, comparando o desempenho antes e depois das ações.

Por fim, na etapa agir, as melhorias que apresentaram resultado serão padronizadas, integradas ao manual interno e mantidas com treinamentos periódicos e monitoramento contínuo.

4.3.1 5W2H

Para complementar o ciclo PDCA, foi desenvolvido um plano de ação utilizando a ferramenta 5W2H.

Quadro 6 – Plano de ação 5W2H para redução de não conformidades

5W2H	DESCRIÇÃO
<i>What</i>	Treinamento com os operadores do setor de usinagem sobre leitura e interpretação de desenho técnico, e uso correto de instrumentos de medição.
<i>Why</i>	Para reduzir as não conformidades das peças usinadas.
<i>Where</i>	No setor de usinagem da empresa, abrangendo todos os turnos de produção.
<i>When</i>	Durante o período de implementação do plano de melhoria, com treinamentos.
<i>Who</i>	Setor da Qualidade, em parceria com Líderes de Turno.
<i>How</i>	Por meio de reuniões, aplicação de instruções operacionais por meio do plano de treinamento.
<i>How Much</i>	Custo estimado baixo, será feito durante o turno de trabalho.

Fonte: Dados de pesquisa (2025).

A partir do plano de ação, observa-se que se faz necessário a implementação de um plano de treinamento contínuo.

4.4 PLANO DE TREINAMENTO E IMPLANTAÇÕES

Com base nas causas identificadas por meio do Diagrama de Ishikawa, foi elaborado um plano de treinamento para os operadores do setor de usinagem. O objetivo central desse plano é melhorar o desempenho dos colaboradores e reduzir as não conformidades nas peças produzidas pelo setor da usinagem.

4.4.1 Leitura de desenho técnico

Durante a análise do setor de usinagem, foi identificado que muitos erros acontecem devido à falta de atenção na leitura do desenho técnico. Muitas peças tem lado específico, e caso o operador não entender o desenho, poderá gerar peças “mortas”, pois não terá como retrabalha-la. Outros casos as peças seguem o fluxo faltando rosca, ou faltando furação, gerando setup do equipamento para retrabalha-las.

Para resolver esse problema, foi elaborado um plano de treinamento de leitura e interpretação de desenho técnico, mostrando na prática sobre as 3 vistas do desenho, sinalização de rosca, e entendimento se a peça possui um lado específico, conforme a Figura 8.

Figura 8 – Desenho técnico e diferença de peça conforme vista

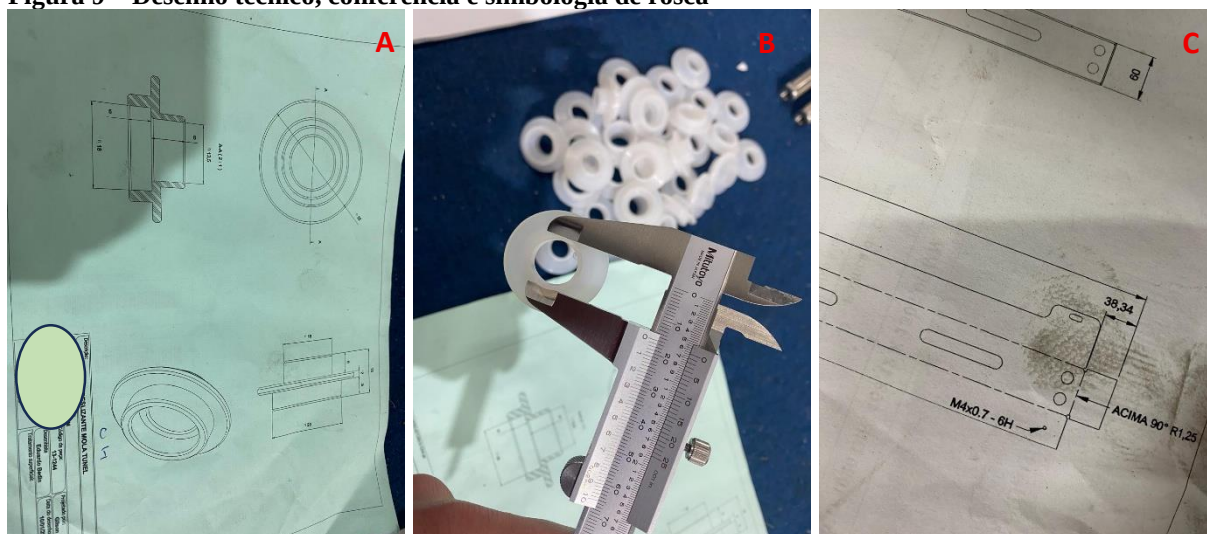


Fonte: Dados da pesquisa (2025).

Na Figura 8 é possível visualizar duas peças, contando com as mesmas medidas e furações, porém sendo uma de lado direito e outra de esquerdo, reforçando a importância de atenção ao desenho técnico.

Também será reforçada a importância de conferir as medidas durante o processo, para garantir que as peças estejam dentro das dimensões especificadas.

Figura 9 – Desenho técnico, conferência e simbologia de rosca



Fonte: Dados de pesquisa (2025).

Conforme a Figura 9, a figura A contém o desenho técnico da peça a ser produzida, contendo todas as cotações necessárias para a produção, figura B demonstra a conferência, no qual os operadores devêm realizar após a produção de cada peça, e a figura C, representa furação com rosca, e tamanho do macho na peça.

Durante o treinamento, os operadores poderão praticar a medição de peças reais e aprendendo a identificar possíveis erros. Também será reforçada a importância de realizar medições periódicas durante a usinagem, evitando que a máquina continue produzindo peças incorretas em caso de desgaste da ferramenta ou perda de zeramento.

O treinamento será conduzido pela equipe da qualidade, contando com desenhos e peças reais, que estão no dia a dia dos colaboradores.

4.4.2 Mudança na ficha técnica

Atualmente a empresa não utiliza apontamento de produção, somente o roteiro de onde a peça irá passar, conforme a Figura 10.

Figura 10 - Atual ficha de uma peça e ideia de melhoria

Ordem de Produção com PDF / DWG

Ordem Produção: 181954

Cliente: [Redacted] Data Entrega: 21/07/2025

Item Produzido

Nr. OP	Item	Nr. Lote	Data
181954	347-2811 - EIXO DA RODINHA MENOR	43558	14/07/2025

Composição do Item

Item	Descrição	Política de Ordem	Unid.	Tipo	Quantidade	P. Liquid
81-14	ACO SAE 1045 REDONDO TREFILADO 25 MM	Fus. Mes	KG	M.P.	0.400000	0,800

Processos de Fabricação do Item

SERRA FITA WELSH OW 4230/95

Seq. 1 [Barcode] [Redacted]

Obs: DESBASTAR E AJUSTAR

Seq. 2 [Barcode] [Redacted]

Obs: FRESAR

Seq. 3 [Barcode] [Redacted]

Obs: ENVIAR PARA ALMOXARIFADO COD. GLV. 8851-4672

Fonte: Dados de pesquisa (2025).

Conforme a Figura 10, cada ordem de produção possui um roteiro. A produção da peça na Figura 10, por exemplo começa na serra, desbaste e ajustar na usinagem e seguindo para a fresa, porém não permite identificar quem executou cada atividade. Dessa forma, quando ocorre uma não conformidade, torna-se difícil determinar o responsável pela etapa em que a falha foi gerada, dificultando a orientação, correção e prevenção do problema.

A proposta de melhoria consiste em atualizar a ficha técnica para incluir um campo de identificação do operador em cada fase do processo. Com isso, será possível rastrear a execução individual de cada etapa, facilitando o acompanhamento do trabalho, a orientação dos colaboradores e a implementação de ações corretivas. A rastreabilidade contribui para reduzir erros e fortalecer a responsabilidade operacional dentro do setor de usinagem.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho teve como objetivo identificar as falhas no setor de usinagem de uma empresa fabricante de máquinas, buscando reduzir o retrabalho. Durante a análise do processo, observou-se que os principais problemas estavam relacionados a furações incorretas, dimensões fora da tolerância e falta de conferência das peças durante a produção.

O uso do Diagrama de Ishikawa ajudou a compreender as possíveis causas dessas falhas, agrupadas nos seis fatores: mão de obra, método, máquina, material, meio ambiente e medição. Entre esses fatores, o que mais se destacou foi a mão de obra, principalmente pela falta de treinamento e padronização das atividades.

Foi elaborado um plano de ação que incluiu a criação de um plano de treinamento, com foco na leitura de desenho técnico e na importância da conferência durante o processo, além da mudança na ficha técnica com a inclusão do nome do operador.

Como limitações do estudo, destaca-se que a análise foi concentrada em apenas um setor da empresa e a falta de dados históricos completos sobre retrabalho, o que dificultou uma avaliação mais precisa dos resultados.

Para estudos futuros, recomenda-se a aplicação das ferramentas da qualidade em outros setores da empresa, o uso de indicadores quantitativos para medir os ganhos reais, criação de gráficos representando quanto a empresa perde em retrabalho, sendo facilmente visível para todos os colaboradores e a avaliação do impacto dos treinamentos no longo prazo.

REFERÊNCIAS

CAMPOS, Vicente Falconi. **TQC – Controle da Qualidade Total (no estilo japonês)**. 8. ed. Nova Lima: Falconi, 2004.

CAMPOS, Vicente Falconi. **TQC: Controle da Qualidade Total (no estilo japonês)**. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2013.

CROSBY, Philip B. *Qualidade é investimento*. 3. ed. Rio de Janeiro: José Olympio, 1994.
 DEMING, W. Edwards. **Qualidade: a revolução da administração**. Rio de Janeiro: Marques-Saraiva, 1990.

DINIZ, Anselmo Eduardo; MARCONDES, Flávio César; COPPINI, Nivaldo Luiz. **Tecnologia da Usinagem dos Materiais**. 6. ed. São Paulo: Artliber, 2018.

DINIZ, Anselmo Eduardo; MARCONDES, Francisco Carlos; COPPINI, Nivaldo Luiz. **Tecnologia da Usinagem dos Materiais**. 9. ed. São Paulo: Artliber, 2013.

FÊNIX EDUCAÇÃO. **Ferramenta 5W2H: como aplicar na sua empresa**. Blog Fênix Educação, 2023. Disponível em: <https://www.fenixeducacao.org.br/blog/ferramenta-5w2h>. Acesso em: 24 ago. 2025.

FERRARESI, Dino. **Fundamentos da Usinagem dos Metais**. São Paulo: Edgard Blücher, 1977.

GROOVER, M. P. **Introdução aos Processos de Fabricação**. Rio de Janeiro: Grupo Editora Nacional, 2014.

GROOVER, Mikell P. **Fundamentals of modern manufacturing: materials, processes, and systems**. 5. ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2012.

HOSTMÍDIA. **Diagrama de Ishikawa: O que é, utilidade e como usar?** Disponível em: <https://www.hostmidia.com.br/blog/diagrama-de-ishikawa/>. Acesso em: 23 ago. 2025.

ISHIKAWA, Kaoru. **Controle de qualidade total: à maneira japonesa**. São Paulo: Campus, 1993.

ISHIKAWA, Kaoru. Guia para a Qualidade: **Diagrama de Causa e Efeito e outras Ferramentas da Qualidade**. São Paulo: Qualitymark, 1985.

JEICOM. **Peça usinada conforme desenho técnico**. 2024. Disponível em: <https://www.jecom.com.br>. Acesso em: 17 ago. 2025.

JURAN, J. M.; GODFREY, A. B. **Juran's Quality Handbook**. 5. ed. New York: McGraw-Hill, 1999.

JURAN, Joseph M. **Juran na liderança pela qualidade: um guia para executivos**. São Paulo: Pioneira, 1992.

MACHADO, Álisson Rocha; SILVA, Marcelo Brito da; COELHO, Reginaldo Teixeira; MONTGOMERY, Douglas C. **Introdução ao Controle Estatístico da Qualidade**. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2004.

MONTGOMERY, Douglas C. **Introdução ao controle estatístico da qualidade**. 7. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2021.

NA PRÁTICA. **Diagrama de Ishikawa: o que é e como usar**. 2024. Disponível em: <https://www.napratica.org.br/diagrama-de-ishikawa/>. Acesso em: 7 dez. 2025.

PALADINI, Edson Pacheco. **Gestão da Qualidade: Teoria e Prática**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2012.

SEBRAE. **Saiba o que é e como funciona a metodologia PDCA**. 2022. Disponível em: <https://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/4-etapas-do-pdca-melhoram-gestao-dos-processos-e-qualidade-do-produto,9083438af1c92410VgnVCM100000b272010aRCRD>. Acesso em: 24 ago. 2025.

SHIGLEY, Joseph E.; MISCHKE, Charles R.; BUDYNAS, Richard G. **Projeto de engenharia mecânica de Shigley**. 8. ed. Porto Alegre: AMGH, 2011.

SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert. **Administração da produção**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

SOUZA, A.; BACK, N. **Desenho técnico moderno**. 12. ed. São Paulo: Blucher, 2017.

VOITTO. Ciclo PDCA: **Entenda o que é, qual a utilidade e como funciona!**. Disponível em: <https://voitto.com.br/blog/artigo/o-que-e-o-ciclo-pdca>. Acesso em: 23 ago. 2025.

WERKEMA, Maria Cristina Catarino. **Ferramentas Estatísticas Básicas para o Gerenciamento de Processos**. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 1995.