



ANÁLISE E PREVENÇÃO DE ERROS NA DOBRA DE MATERIAIS EM MÁQUINAS CNC: ESTUDO DE CASO NA OTIMIZAÇÃO DE PROCESSOS NA PRODUÇÃO METALÚRGICA.

LAIZA SILVA LIRA

YGOR GEANN DOS SANTOS LEITE

RESUMO

Erros na produção de materiais em máquinas CNC podem comprometer a qualidade de itens como embalagens e suportes metálicos. Esses problemas ocorrem com maior frequência em turnos com pouca supervisão. Para solucionar essa questão, foram implantados dispositivos Poka-Yoke, que asseguram a realização correta das dobras, independentemente da presença da equipe de controle de qualidade. Diante disso, o estudo tem como objetivo analisar a eficácia desses dispositivos na prevenção de falhas de dobra e na otimização do processo produtivo, garantindo a qualidade das peças fabricadas. A pesquisa utilizou uma abordagem mista, integrando análises qualitativas e quantitativas, por meio de observações diretas e comparações dos índices de defeitos antes e depois da implantação dos dispositivos. Os resultados mostraram que, na empresa analisada, a adoção do Poka-Yoke reduziu significativamente os erros de dobra, aumentou a eficiência da produção e assegurou a manutenção da qualidade mesmo sem supervisão contínua. Assim, essa estratégia revelou-se eficaz tanto na melhoria do processo quanto na padronização da qualidade.

Palavras-chave: Poka-Yoke, qualidade, otimização.

1. INTRODUÇÃO

O Poka-Yoke é uma técnica originada no Japão, desenvolvida por Shigeo Shingo dentro do Sistema Toyota de Produção, com o objetivo de prevenir erros humanos nos processos industriais. O termo pode ser traduzido como "à prova de erros" ou "à prova de falhas", sendo aplicado por meio de dispositivos ou métodos que tornam impossível ou muito difícil a ocorrência de equívocos durante a produção. O conceito parte do princípio de que, ao invés de corrigir erros depois que ocorrem, o ideal é evitá-los desde o início, garantindo a qualidade do produto de forma contínua e automática. Esses dispositivos podem atuar de diferentes formas, como bloqueando a continuidade de um processo caso algo esteja incorreto, ou alertando o operador sobre a necessidade de correção antes da finalização.

A empresa analisada atua no setor metalúrgico, com foco na produção de embalagens e suportes metálicos para diversos segmentos industriais. Sua linha de produção é composta por máquinas CNC (Comando Numérico Computadorizado), que garantem maior precisão e repetibilidade nas operações de corte e dobra. Contudo, a empresa vinha enfrentando desafios relacionados à inconsistência na qualidade das peças fabricadas, especialmente durante os turnos com menor presença de supervisores técnicos, o que comprometia a eficiência e a padronização do processo produtivo.

Como evitar falhas nas dobras realizadas por máquinas CNC durante os turnos com pouca ou nenhuma supervisão?

O objetivo geral deste estudo é analisar a eficácia dos dispositivos Poka-Yoke na prevenção de erros de dobra em máquinas CNC. Especificamente, busca-se: (1) identificar os principais



erros recorrentes nas operações de dobra antes da implantação dos dispositivos; (2) avaliar a redução de falhas após a implementação do Poka-Yoke; e (3) verificar o impacto da ferramenta na produtividade e na padronização da qualidade das peças produzidas.

A pesquisa adota uma abordagem metodológica mista, combinando técnicas qualitativas e quantitativas. Foram realizadas observações in loco no ambiente de produção, coleta de dados referentes a defeitos antes e depois da instalação dos dispositivos Poka-Yoke, além de entrevistas com colaboradores da linha de produção e supervisores da qualidade. A análise dos dados foi feita por meio da comparação estatística dos índices de erro e da avaliação qualitativa das percepções dos envolvidos.

A fundamentação teórica deste estudo apoia-se nos princípios da Gestão da Qualidade Total (TQM), que preza pela melhoria contínua e pela participação de todos os envolvidos no processo produtivo. Os dispositivos Poka-Yoke, parte integrante desse sistema, são mecanismos à prova de erros que visam eliminar falhas humanas no processo de produção. Além disso, são utilizadas ferramentas da qualidade como base para a análise e acompanhamento dos resultados, permitindo uma visão sistemática das melhorias implementadas.

Justifica-se a realização deste estudo pela necessidade de aprimorar os processos industriais da empresa, minimizando erros que comprometem a produtividade e aumentam os custos operacionais. A ausência de um sistema confiável para prevenção de falhas durante os turnos com menor supervisão demandava soluções práticas e eficientes, como o Poka-Yoke, para garantir a conformidade dos produtos sem depender exclusivamente da intervenção humana.

A relevância desta pesquisa está em demonstrar, de forma aplicada, como a implementação de mecanismos simples pode gerar impactos significativos na qualidade e na eficiência de processos industriais. Os resultados obtidos podem servir de referência para outras empresas do setor que enfrentam desafios semelhantes, contribuindo para a disseminação de boas práticas de gestão da qualidade no ambiente fabril.

2. CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA

A empresa em estudo pertence ao setor industrial e está sediada em Manaus/AM, operando de forma independente, sem filiais. Fundada em 1977, iniciou suas atividades no segmento madeireiro, mas ao longo dos anos passou por um processo de transformação e diversificação. Em 2013, deu um passo importante ao ingressar na fabricação de embalagens metálicas, ampliando significativamente seu portfólio de produtos. Desde então, tem investido continuamente em tecnologia, modernização das linhas de produção e melhoria da infraestrutura, consolidando sua presença no mercado regional e nacional.

Atualmente, a organização conta com um quadro de aproximadamente 300 colaboradores, distribuídos entre as áreas administrativa, produtiva e de suporte. Os principais setores incluem produção, engenharia, controle de qualidade, comercial, recursos humanos e financeiro. A estrutura de gestão é composta por um diretor geral, um supervisor e um líder de setor, que atuam de forma integrada para garantir a organização dos processos internos e o cumprimento das metas operacionais. A empresa busca manter um ambiente colaborativo e voltado para resultados, com foco na excelência operacional e no atendimento aos clientes.

A produção é voltada para diferentes modelos de embalagens metálicas, que atendem segmentos variados da indústria, como o químico, alimentício e farmacêutico. Apesar do



histórico de crescimento e da consolidação de sua estrutura, a empresa enfrenta desafios importantes no que diz respeito à gestão de processos e ao desenvolvimento das competências de seus colaboradores. Entre os principais problemas identificados estão os altos índices de produtos fora dos padrões de qualidade durante a produção, além da inexistência de um programa estruturado de capacitação e treinamentos. Essas falhas comprometem a eficiência das operações, aumentam o retrabalho e reduzem a competitividade da empresa no mercado.

Em resposta a esses desafios, a empresa tem adotado iniciativas voltadas à melhoria contínua, como a reavaliação dos processos produtivos e a busca por soluções inteligentes de controle de qualidade. A implementação de tecnologias e metodologias que visam a prevenção de erros, como os dispositivos Poka-Yoke, tem sido considerada uma estratégia promissora para garantir maior precisão nas etapas de fabricação. Ao mesmo tempo, a organização reconhece a necessidade de investir no capital humano, promovendo ações que incentivem o aprendizado e a qualificação dos profissionais.

Diante de um cenário de crescente concorrência e exigências por padrões de qualidade mais elevados, a empresa tem apostado em estratégias de aprimoramento contínuo para fortalecer sua posição no mercado nacional e, futuramente, expandir sua atuação para novos nichos e regiões. Essa visão de futuro, aliada à reestruturação interna, pode representar um diferencial competitivo e sustentável nos próximos anos.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 Gestão da Qualidade Total

A Gestão da Qualidade Total deixou de ser apenas uma prática desejável e passou a ser uma necessidade estratégica para empresas que buscam consistência e competitividade. Não se trata apenas de controlar falhas, mas de cultivar uma cultura organizacional voltada à excelência em todos os níveis. Segundo Vieira e Castro (2021), a TQM exige o envolvimento direto da liderança e o compromisso de todos os setores com a melhoria contínua. O ponto-chave está na participação ativa das pessoas, pois é o comportamento coletivo que sustenta qualquer sistema de qualidade duradouro. Sem esse alinhamento interno, qualquer ferramenta de controle perde força. Afinal, qualidade é uma decisão diária — não uma ação pontual.

É comum pensar que a Gestão da Qualidade Total se resume a normas ou auditorias, mas, na prática, ela se mostra muito mais abrangente. Envolve planejamento estratégico, relacionamento com fornecedores, capacitação de equipes e, principalmente, escuta ativa do cliente. De acordo com Moraes et al. (2022), o foco no cliente é a base do TQM, mas não apenas como consumidor final — ele está presente em cada elo do processo produtivo. Ou seja, cada setor tem um cliente interno que também deve ser satisfeito. Quando isso acontece de forma integrada, a qualidade deixa de ser um resultado e passa a ser parte do processo.

Um dos grandes desafios, no entanto, é manter a consistência ao longo do tempo. Muitas empresas até iniciam um programa de qualidade com entusiasmo, mas acabam abandonando por falta de indicadores bem definidos ou de uma liderança comprometida. Santos e Almeida (2020) reforçam que, sem dados concretos para guiar as decisões, a TQM corre o risco de virar discurso vazio. Os indicadores de desempenho precisam estar claros, alinhados aos objetivos estratégicos e, acima de tudo, atualizados com frequência. Não adianta coletar dados que ninguém analisa ou que não geram ações. Qualidade também é saber o que medir — e por quê.



Outro ponto que merece atenção é o papel da tecnologia no apoio à Gestão da Qualidade Total. Ferramentas digitais vêm permitindo diagnósticos mais precisos, rastreabilidade em tempo real e maior agilidade na tomada de decisões. Segundo Oliveira e Ramos (2023), a digitalização da qualidade não substitui o fator humano, mas amplia sua capacidade de atuação. Softwares de BI, dashboards automatizados e sistemas integrados de gestão são liados valiosos, principalmente quando a empresa cresce e os processos se tornam mais complexos. No entanto, a tecnologia só faz sentido quando resolve problemas reais e é bem compreendida por quem a utiliza.

A relação entre TQM e cultura organizacional também é decisiva. Qualidade não é algo que se impõe; é algo que se constrói no dia a dia, com exemplos, coerência e clareza de propósito. De acordo com Lima (2024), empresas que alcançam bons resultados em qualidade são aquelas que conseguem alinhar valores, práticas e metas. Isso significa que o comprometimento com a excelência precisa estar presente desde o treinamento inicial até a avaliação de desempenho. Não adianta exigir qualidade se a cultura interna favorece atalhos, pressa ou resultados a qualquer custo. A cultura é o termômetro silencioso da gestão — e ela fala mais do que os manuais.

Importante lembrar que a Gestão da Qualidade Total não é um destino, mas um caminho em constante construção. O mercado muda, as expectativas dos clientes evoluem e os processos precisam acompanhar. Como destacam Farias e Cunha (2025), TQM não é uma fórmula pronta, mas uma filosofia que se adapta às necessidades e características de cada organização. Ter humildade para rever processos, escutar a equipe e inovar continuamente é o que torna uma empresa viva e preparada para o futuro. Em tempos de mudança acelerada, a qualidade continua sendo o diferencial que separa empresas comuns daquelas que realmente fazem a diferença.

3.2 Poka-Yoke

O conceito de Poka-yoke, criado no Japão, segue sendo uma das soluções mais práticas e eficazes dentro da gestão da qualidade. Trata-se de mecanismos simples, aplicados diretamente no processo produtivo, com o objetivo de evitar falhas humanas ou impedir que elas avancem nas etapas seguintes. Segundo Costa e Ferreira (2021), o grande valor do Poka-yoke está na sua capacidade de atuar como uma barreira preventiva, tornando o erro quase impossível de acontecer — ou, ao menos, fácil de ser detectado. Em um ambiente industrial acelerado, isso representa mais segurança, menos retrabalho e um fluxo muito mais confiável.

O que chama atenção nessa abordagem é sua simplicidade. Diferente de soluções robustas e caras, o Poka-yoke aposta em dispositivos intuitivos e de baixo custo, que tornam o processo à prova de erro. Para Lima e Santos (2020), essa simplicidade é justamente o que permite que ele seja adotado de forma rápida e com alto retorno. Um bom exemplo são sensores que só permitem o encaixe correto de peças ou alarmes que avisam em caso de operação fora do padrão. É esse tipo de solução que transforma a rotina na produção, especialmente em turnos com baixa supervisão.

Apesar de parecer uma solução técnica, o sucesso do Poka-yoke depende fortemente da cultura da empresa. É preciso enxergar o erro como uma oportunidade de melhoria, e não como falha individual. Segundo Almeida e Rocha (2023), quando o foco sai da punição e entra na prevenção, a equipe se envolve mais ativamente na identificação dos riscos e propõe



melhorias reais. Isso cria um ambiente mais saudável, colaborativo e produtivo. Não é apenas sobre consertar o problema, mas impedir que ele aconteça novamente — com inteligência e humildade.

Outro ponto importante é a personalização dos dispositivos. O que funciona em uma linha de produção pode ser inútil em outra. Por isso, como apontam Barros e Nascimento (2022), é essencial mapear os pontos críticos do processo antes de aplicar qualquer solução. O Poka-yoke não deve ser usado como enfeite ou por modismo — ele precisa responder a um risco específico. Esse cuidado no diagnóstico é o que garante que o dispositivo seja realmente eficaz e traga resultados concretos. Em outras palavras, a prevenção precisa ter propósito e contexto.

Com a digitalização industrial, os Poka-yokes vêm ganhando novas formas, combinando sensores inteligentes, automação e análise de dados em tempo real. Essa integração tecnológica tem ampliado a capacidade de resposta e a precisão das ações corretivas. De acordo com Moreira e Teixeira (2024), sistemas conectados permitem não apenas evitar erros, mas também entender suas causas com mais profundidade. Isso fortalece a base do ciclo PDCA e abre espaço para melhorias contínuas. Mesmo com todos os avanços, o princípio permanece o mesmo: eliminar o erro antes que ele se torne custo.

O Poka-yoke é uma ferramenta poderosa não apenas pela sua eficácia técnica, mas pelo impacto positivo que provoca na cultura da qualidade. Como reforçam Oliveira e Mendes (2025), trata-se de uma prática que traduz o compromisso da empresa com a excelência operacional. Ao proteger o processo dos erros mais comuns, ela libera energia para que a equipe se concentre na inovação e no aperfeiçoamento constante. E em um cenário onde cada minuto conta, evitar o retrabalho é mais do que economia — é inteligência estratégica.

3.3 Ferramentas da Qualidade

As ferramentas da qualidade são recursos sistemáticos utilizados para identificar, analisar e solucionar problemas nos processos produtivos e administrativos, promovendo melhorias contínuas. Ajudam as organizações a entender melhor as causas das falhas, controlar variáveis críticas e tomar decisões com base em dados concretos. Segundo Silva e Andrade (2021), essas ferramentas atuam como suporte prático à Gestão da Qualidade, oferecendo meios objetivos de monitorar o desempenho e propor ações corretivas eficazes. Seu uso adequado permite que as empresas reduzam desperdícios, aumentem a eficiência e fortaleçam a satisfação dos clientes, sendo fundamentais em programas como o TQM (Total Quality Management) e o Lean Manufacturing.

A análise SWOT é uma ferramenta estratégica que permite compreender o ambiente interno e externo de uma organização, identificando suas forças, fraquezas, oportunidades e ameaças. De acordo com Ferreira e Moraes (2020), essa ferramenta auxilia gestores na tomada de decisões mais assertivas, ao permitir a visualização clara dos fatores que favorecem ou prejudicam os objetivos da empresa. Na Gestão da Qualidade, a SWOT contribui para o planejamento de ações focadas na melhoria contínua, alinhando a visão estratégica à realidade operacional.

A Matriz G.U.T. (Gravidade, Urgência e Tendência) é amplamente utilizada para a priorização de problemas e ações dentro da rotina organizacional. Conforme Almeida e Souza (2021), essa ferramenta é eficaz porque permite avaliar os impactos das ocorrências sob diferentes perspectivas, facilitando a escolha do que deve ser resolvido primeiro. Na prática



da qualidade, seu uso é essencial para organizar demandas, reduzir riscos operacionais e concentrar esforços na resolução dos problemas mais críticos.

O Gráfico de Pareto, baseado no princípio 80/20, é utilizado como indicador para identificar quais causas são responsáveis pela maior parte dos efeitos observados nos processos. Segundo Lima e Castro (2019), essa ferramenta permite visualizar, de forma clara, os itens mais relevantes dentro de um conjunto de dados, tornando a análise mais objetiva e eficiente. Na Gestão da Qualidade, o Pareto é útil para priorizar melhorias, identificar falhas recorrentes e otimizar os recursos aplicados na correção de não conformidades.

O Diagrama de Ishikawa, também conhecido como Diagrama de Causa e Efeito ou Espinha de Peixe, é utilizado para identificar as possíveis causas de um problema. De acordo com Pereira e Santos (2022), essa ferramenta é extremamente útil para estimular o raciocínio lógico e o trabalho em equipe durante a análise de falhas. Ao organizar visualmente as causas em categorias, o Ishikawa facilita a identificação da origem dos problemas e promove ações corretivas mais eficazes, sendo fundamental para diagnósticos profundos e soluções sustentáveis.

A ferramenta 5W2H é uma metodologia prática para a elaboração de planos de ação claros e objetivos. Segundo Oliveira e Mendes (2023), seu diferencial está na estruturação simples e direta, baseada em sete perguntas: o quê, por quê, onde, quando, quem, como e quanto custa. No contexto da qualidade, o 5W2H permite transformar decisões estratégicas em ações operacionais bem definidas, garantindo que cada etapa do plano seja compreendida, executada e monitorada de forma eficaz por todos os envolvidos.

4. METODOLOGIA

A pesquisa mista, também conhecida como metodologia híbrida, combina abordagens qualitativas e quantitativas em um mesmo estudo, buscando aproveitar o que há de melhor em ambas as estratégias. Segundo Creswell e Plano Clark (2021), essa abordagem permite uma compreensão mais ampla e profunda do fenômeno investigado, ao integrar dados numéricos com interpretações contextuais. Na prática, a pesquisa mista possibilita não só medir variáveis e tendências com precisão, como também entender motivações, percepções e experiências dos envolvidos, o que a torna especialmente valiosa em estudos organizacionais e na área da qualidade.

A análise SWOT será aplicada neste trabalho para mapear as forças, fraquezas, oportunidades e ameaças presentes na empresa em estudo. A partir dessa análise, será possível identificar áreas críticas que necessitam de melhorias, além de explorar oportunidades de inovação e crescimento. Essa ferramenta será usada para diagnosticar o atual cenário da organização e, assim, orientar as ações de melhoria contínua e ajustes nos processos produtivos.

A Matriz G.U.T. será utilizada para priorizar os problemas identificados durante o processo de análise. Através dessa ferramenta, será possível avaliar a gravidade, a urgência e a tendência de cada questão, ajudando a determinar quais problemas devem ser tratados primeiro. A Matriz G.U.T. proporcionará um direcionamento claro sobre onde focar os esforços e recursos, garantindo que as questões mais impactantes sejam abordadas com maior agilidade.

O Gráfico de Pareto será usado como um indicador para identificar as principais causas dos problemas encontrados na produção. A partir da aplicação dessa ferramenta, será possível

visualizar de forma clara e objetiva quais falhas ou deficiências têm o maior impacto na qualidade do produto. O Gráfico de Pareto ajudará a concentrar os esforços nas causas mais recorrentes, permitindo que a empresa direcione suas ações corretivas para as áreas que trarão maior retorno em termos de melhoria da qualidade.

O Diagrama de Ishikawa será utilizado para detalhar e investigar as causas raízes dos problemas encontrados na produção. Com essa ferramenta, será possível organizar as possíveis causas em categorias, facilitando a identificação dos fatores que contribuem para as falhas no processo. O Diagrama de Ishikawa ajudará a equipe a pensar de forma estruturada sobre as causas subjacentes dos problemas, proporcionando insights valiosos para a implementação de soluções eficazes e sustentáveis.

O 5W2H será empregado para desenvolver planos de ação claros e bem estruturados, a partir das soluções identificadas durante a análise dos problemas. Cada plano de ação será detalhado por meio das perguntas "O que?", "Por quê?", "Onde?", "Quando?", "Quem?", "Como?" e "Quanto custa?", garantindo que todas as etapas sejam compreendidas e executadas corretamente. Essa ferramenta será fundamental para assegurar que as ações corretivas sejam implementadas de maneira eficiente, com metas e responsabilidades bem definidas.

5. PROPOSTA DE MELHORIA

A seguir, será utilizada a ferramenta para análise e avaliação do contexto da organização, com o intuito de identificar seus pontos fortes, pontos fracos, oportunidades e ameaças. A aplicação desta metodologia visa proporcionar uma visão estratégica abrangente, permitindo que se desenvolvam estratégias mais eficazes para a melhoria contínua e a gestão da qualidade. A SWOT, ao analisar tanto o ambiente interno quanto externo da organização, facilita a tomada de decisões baseadas em dados concretos, fortalecendo o planejamento estratégico e contribuindo para a competitividade e sustentabilidade no mercado.

Quadro 01. Matriz SWOT

	FORÇAS	FRAQUEZAS
INTERNO	Adaptação tecnológica constante	Falta de supervisão contínua em todos os turnos
	Portfólio diversificado	Ausência de programa sistemático de capacitação
	Experiência consolidada no setor industrial	Dependência excessiva da inspeção final
	Estrutura organizacional integrada	Falhas recorrentes na etapa de dobra
	Comprometimento com qualidade e melhoria contínua	Baixa autonomia operacional sem dispositivos de prevenção
	OPORTUNIDADES	AMEAÇAS
EXTERNO	Ampliação de mercado com foco em qualidade certificada	Concorrência crescente com empresas automatizadas
	Incorporação de tecnologias da Indústria 4.0	Flutuação nos custos de matéria-prima metálica
	Parcerias com centros de pesquisa e universidades	Escassez de mão de obra técnica qualificada
	Expansão para novos nichos industriais	Exigências regulatórias cada vez mais rígidas
	Incentivos governamentais à inovação e à automação	Risco de obsolescência tecnológica rápida

Fonte: Elaborado pelos autores, 2025



A análise SWOT da empresa evidencia um cenário de potencial competitivo aliado a desafios operacionais significativos. A presença de equipamentos modernos, como as máquinas CNC, e a adoção de ferramentas de qualidade como o Poka-Yoke demonstram um compromisso com a melhoria contínua e a inovação. A diversificação do portfólio e a sólida estrutura organizacional também fortalecem a posição da empresa no mercado regional. No entanto, esses avanços esbarram em limitações internas, como a falta de capacitação dos operadores e a ausência de supervisão constante em todos os turnos, fatores que contribuem para falhas de dobra e desperdício de materiais. A deficiência de controle na origem do processo indica a necessidade de revisão dos procedimentos de qualidade e de investimento em treinamentos técnicos.

Por outro lado, as oportunidades externas reforçam a possibilidade de crescimento sustentável, principalmente com a expansão para novos mercados e a adoção de tecnologias emergentes da Indústria 4.0. A aproximação com instituições de ensino e centros de pesquisa pode trazer soluções inovadoras para os gargalos operacionais identificados. Contudo, o ambiente competitivo e a oscilação de insumos exigem agilidade e resiliência na gestão. Assim, é fundamental que a empresa alinhe suas estratégias internas ao cenário externo, fortalecendo sua cultura de prevenção de falhas e de valorização do capital humano como diferencial competitivo. A seguir apresenta-se a matriz G.U.T. como estratégia de priorização das fraquezas.

Quadro 02. Matriz G.U.T.

Lista de Problemas	G	U	T	Pontuação	Prioridade
Falta de supervisão contínua em todos os turnos	4	4	4	64	4°
Ausência de programa sistemático de capacitação	3	4	4	48	5°
Dependência excessiva da inspeção final	4	5	5	100	2°
Falhas recorrentes na etapa de dobra	4	4	5	80	3°
Baixa autonomia operacional sem dispositivos de prevenção	5	5	5	125	1°

Fonte: Elaborado pelos autores, 2025

A análise dos problemas operacionais relacionados à dobra de materiais em máquinas CNC revelou questões críticas que impactam diretamente a qualidade e a eficiência produtiva. A baixa autonomia operacional sem dispositivos de prevenção, classificada como a maior prioridade (pontuação 125), evidencia a necessidade de implementar soluções como o Poka-Yoke, que reduzem a dependência de decisões humanas em tarefas repetitivas. Na ausência desses mecanismos, os operadores ficam mais propensos a erros, especialmente em turnos com menor supervisão. Isso se agrava com a dependência excessiva da inspeção final (pontuação 100), um indicativo de que os controles de qualidade estão focados no fim do processo, quando as falhas já ocorreram, em vez de preveni-las desde o início.

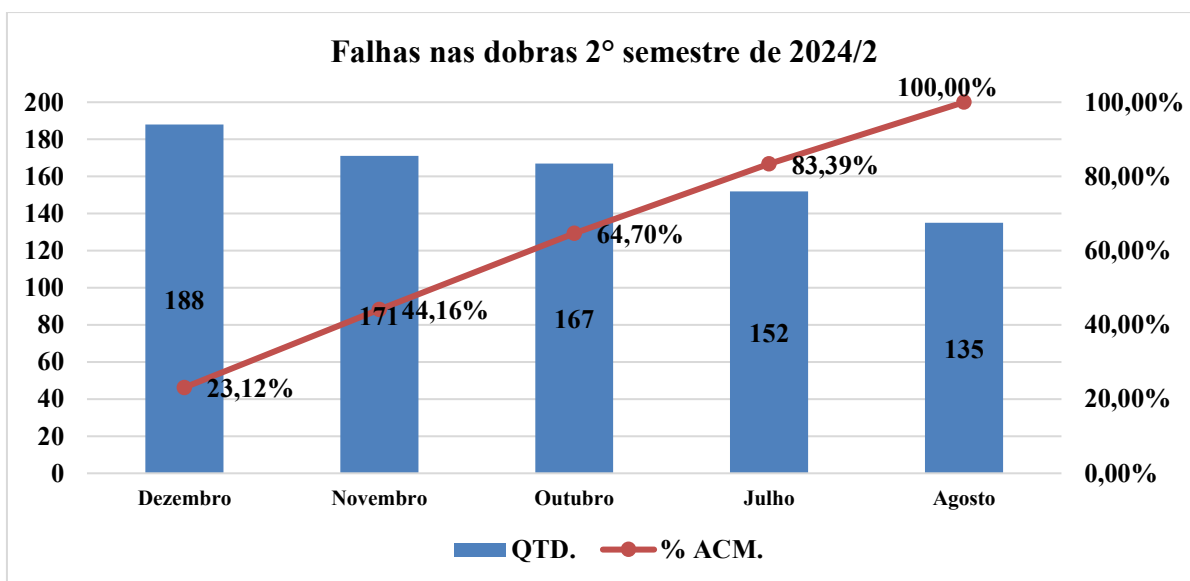
A falha recorrente na etapa de dobra (pontuação 80), juntamente com a falta de supervisão contínua (64) e a ausência de um programa sistemático de capacitação (48), demonstra que o



problema não está restrito à tecnologia, mas também à gestão de pessoas e processos. Operadores mal treinados, somados à falta de orientação técnica constante, aumentam a ocorrência de defeitos que poderiam ser evitados com instruções claras e rotinas bem definidas. Assim, a discussão aponta que a adoção de dispositivos à prova de erro deve vir acompanhada de estratégias integradas de capacitação e reestruturação do controle da produção, promovendo melhorias sustentáveis.

Na sequência deste estudo, será desenvolvido o Gráfico de Pareto como ferramenta complementar de análise e indicador de desempenho. Essa ferramenta da qualidade permite identificar visualmente quais são os principais problemas que afetam o processo produtivo, priorizando aqueles que causam maior impacto nos resultados. A aplicação do Gráfico de Pareto será baseada nos dados previamente levantados e classificados segundo a metodologia GUT, possibilitando uma representação clara das falhas mais recorrentes e suas respectivas frequências. Com isso, será possível concentrar esforços nas causas mais significativas, promovendo ações corretivas mais eficazes e contribuindo para a melhoria contínua do processo de dobra em máquinas CNC.

Figura 01. Gráfico de Pareto



Fonte: Elaborado pelos autores, 2025

A análise dos dados de falhas nas dobras ocorridas no segundo semestre de 2024 revela um cenário preocupante para a gestão da qualidade na produção. Dezembro se destaca como o mês com maior número absoluto de ocorrências (188), representando 23,12% do total, o que sugere que, mesmo com possíveis ações corretivas anteriores, o controle ainda não foi eficaz. Somado a isso, os meses de novembro e outubro também apresentam índices elevados, com 171 (21,03%) e 167 (20,54%) falhas, respectivamente, consolidando um acúmulo significativo de não conformidades em um curto intervalo de tempo.

O percentual acumulado de 64,70% até outubro indica que mais da metade dos problemas concentraram-se em apenas três meses, apontando para uma possível relação com variáveis sazonais, operacionais ou gerenciais. Esse padrão reforça a necessidade de um controle mais



rigoroso e contínuo das etapas de dobra, sobretudo nos períodos com menor supervisão técnica. A introdução e aprimoramento de dispositivos Poka-Yoke pode atuar de forma preventiva nessas situações, reduzindo a ocorrência de erros e promovendo maior estabilidade no processo. Com isso, os dados servem como base concreta para priorizar intervenções estratégicas que impactem diretamente a eficiência produtiva e a qualidade final das peças.

Na sequência deste estudo, será utilizada a ferramenta do Diagrama de Ishikawa, também conhecido como diagrama de causa e efeito ou espinha de peixe, com o objetivo de identificar de forma estruturada as possíveis causas raízes das falhas na etapa de dobra dos materiais. Essa ferramenta é amplamente empregada na gestão da qualidade por permitir uma análise visual e sistemática dos fatores que contribuem para determinado problema, classificando-os em categorias como mão de obra, máquina, método, material, meio ambiente e medição. A partir dessa abordagem, será possível compreender melhor os elementos que influenciam negativamente o processo e direcionar ações corretivas mais eficazes, promovendo a melhoria contínua e a padronização da produção.

Quadro 03. Diagrama de Ishikawa

Problema	Baixa autonomia operacional sem dispositivos de prevenção
Mão de Obra	Operadores inexperientes em condições de falha
	Dependência de supervisão para tomada de decisão
Método	Ausência de padronização no processo de dobra
	Falta de instruções visuais claras para operadores
Máquina	Equipamentos sem sensores de segurança ou bloqueio
	Interfaces pouco intuitivas para operação autônoma
Material	Matéria-prima com variações que dificultam o ajuste automático
	Ausência de codificação de peças para facilitar a identificação

Fonte: Elaborado pelos autores, 2025

A análise do problema de "Baixa autonomia operacional sem dispositivos de prevenção" revela uma série de causas que impactam diretamente a eficiência e a qualidade do processo produtivo. A falta de padronização nos métodos e a ausência de dispositivos de segurança nas máquinas são fatores que tornam a operação mais suscetível a falhas, exigindo constante supervisão para garantir a conformidade. Além disso, a dependência de operadores menos experientes e a variação nos materiais utilizados dificultam a implementação de um sistema autônomo que minimize erros. Esses aspectos comprometem a autonomia operacional, aumentando a carga de trabalho dos supervisores e impactando negativamente a produtividade. A baixa autonomia também gera uma maior dependência da inspeção final, o que, por sua vez, retarda o processo e eleva os custos operacionais. A presença de variáveis como a falta de treinamento contínuo e a complexidade no ajuste das máquinas e materiais precisam ser abordadas de maneira urgente para garantir uma operação mais autossustentável e eficiente.

Para priorizar as ações corretivas e otimizar o impacto das melhorias propostas, será utilizada a Matriz GUT (Gravidade, Urgência e Tendência). Essa ferramenta ajudará a classificar as causas de acordo com sua importância e o impacto que têm sobre o processo, orientando a empresa a tomar as decisões mais eficazes e focadas nas áreas que demandam maior atenção.



Quadro 04. Matriz G.U.T.

Lista de Problemas	G	U	T	Pontuação	Prioridade
Operadores inexperientes em condições de falha	3	3	4	36	6°
Dependência de supervisão para tomada de decisão	4	4	5	80	3°
Ausência de padronização no processo de dobra	5	5	5	125	1°
Falta de instruções visuais claras para operadores	3	3	3	9	8°
Equipamentos sem sensores de segurança ou bloqueio	2	3	3	18	7°
Interfaces pouco intuitivas para operação autônoma	4	5	5	100	2°
Matéria-prima com variações que dificultam o ajuste automático	4	4	4	64	4°
Ausência de codificação de peças para facilitar a identificação	3	4	4	48	5°

Fonte: Elaborado pelos autores, 2025

A análise dos problemas identificados demonstra que a ausência de padronização no processo de dobra é um dos principais fatores que contribui para as falhas recorrentes na produção. A falta de um processo padronizado dificulta a implementação de práticas consistentes e a repetibilidade das operações, gerando uma variabilidade na produção. Nesse contexto, a criação de dispositivos Poka-Yoke pode ser altamente eficaz, pois eles garantem que as etapas do processo sejam seguidas corretamente, independentemente da experiência do operador, assegurando a qualidade e consistência das peças fabricadas. Além disso, a utilização desses dispositivos pode eliminar a necessidade de intervenções manuais constantes, aumentando a eficiência do processo.

Outro fator crítico está na dependência de supervisão para tomada de decisão e nas interfaces pouco intuitivas para a operação autônoma. A falta de ferramentas que permitam aos operadores tomarem decisões de forma autônoma leva à necessidade constante de supervisão, o que compromete a eficiência operacional. A implementação de Poka-Yoke pode ajudar a reduzir essa dependência ao incorporar dispositivos de alerta ou bloqueio, que permitem que os operadores sigam corretamente o processo sem a intervenção direta de supervisores. Esses dispositivos tornam o processo mais autossuficiente, ao mesmo tempo que mantêm a qualidade e a padronização das operações.

6. PLANEJAMENTO DA PROPOSTA

O planejamento da proposta será estruturado por meio da metodologia 5W2H, uma ferramenta eficiente para a organização e execução de projetos. Essa abordagem permitirá definir de maneira clara e objetiva o que precisa ser feito (What), por quem (Who), onde (Where), quando (When), por que (Why), como será feito (How) e qual será o custo envolvido (How much). Ao aplicar o 5W2H, será possível garantir que todas as etapas do planejamento sejam contempladas, promovendo a clareza nas responsabilidades e prazos, e assegurando que os recursos necessários sejam alocados de maneira adequada. Essa metodologia proporcionará um controle mais eficaz sobre a execução da proposta, permitindo



um acompanhamento contínuo e ajustes rápidos caso sejam necessários.

Quadro 05. 5W2H

O QUÊ?	POR QUÊ?	QUEM?	QUANDO?	ONDE?	COMO?	QUANTO?
Ausência de padronização no processo de dobra	A padronização do processo é essencial para garantir a consistência e a qualidade das peças, reduzindo a variação que impacta diretamente na produtividade e nos custos operacionais.	Gestor de produção	Início: 08.09.25 Fim: 15.12.25	Na linha de produção, especificamente nas estações de dobra de peças em máquinas CNC.	A instalação de sensores de bloqueio e dispositivos de calibração nas máquinas CNC, que impedirão a execução do processo caso a peça não esteja alinhada com os parâmetros definidos.	compra de dispositivos Poka-Yoke, que serão orçados com o setor financeiro, e o custo com treinamento da equipe, estimado em R\$ 10.000,00.
Interfaces pouco intuitivas para operação autônoma	Redesign das interfaces das máquinas CNC, simplificando a operação e tornando-as mais intuitivas, com recursos visuais que ajudem os operadores a entenderem rapidamente o status do processo.	Gestor de produção	Início: 08.09.25 Fim: 15.12.25	Nas interfaces das máquinas CNC na linha de produção.	A instalação de interfaces mais amigáveis e a integração de telas sensíveis ao toque com alertas visuais e sonoros para guiar os operadores durante o processo.	Custo estimado de R\$ 15.000,00 para atualização de software e treinamento de operadores.
Dependência de supervisão para tomada de decisão	Instalação de sistemas automáticos de controle de qualidade e bloqueio de erros, permitindo a operação autônoma sem a necessidade constante de supervisão.	Gestor de produção	Início: 08.09.25 Fim: 15.12.25	Nas máquinas CNC e nos pontos críticos do processo de dobra.	Instalação de dispositivos Poka-Yoke que bloqueiam a continuidade do processo se alguma falha for detectada, além de alertas automáticos para os supervisores.	R\$ 20.000,00, com uma previsão de retorno a partir de três meses, devido à redução de falhas e aumento da eficiência.

Fonte: Elaborado pelos autores, 2025

A análise detalhada dos três principais fatores que contribuem para a baixa autonomia operacional na etapa de dobra revelou a necessidade urgente de intervenções práticas, com foco na prevenção de falhas humanas e operacionais. A ausência de padronização no



processo, por exemplo, compromete diretamente a consistência da produção e aumenta o retrabalho. Já as interfaces pouco intuitivas dificultam a operação independente dos equipamentos, exigindo constante apoio de supervisores. Por fim, a dependência de supervisão para decisões rotineiras sobre o processo produtivo demonstra a falta de sistemas de apoio à decisão e de dispositivos que garantam maior controle direto por parte dos operadores.

Diante desse cenário, a proposta de solução será estruturada com base na ferramenta 5W2H, visando estabelecer um plano de ação claro, objetivo e funcional. Essa metodologia permite organizar as etapas necessárias para implementar os dispositivos Poka-Yoke, modernizar as interfaces operacionais e reduzir a dependência de supervisores, promovendo assim uma produção mais autônoma, padronizada e eficiente. A utilização do 5W2H garante que todas as ações estejam alinhadas com os objetivos estratégicos da empresa, otimizando tempo, recursos e promovendo um ambiente produtivo mais seguro e confiável.

7. RESULTADOS ESPERADOS

Com a implementação das ações propostas, espera-se uma significativa redução nas falhas no processo de dobra, especialmente aquelas decorrentes da falta de padronização e da baixa autonomia operacional. A introdução de dispositivos Poka-Yoke atuará como um mecanismo de prevenção de erros, proporcionando maior controle sobre a qualidade do produto final e diminuindo o índice de retrabalho. Essa melhoria direta no processo refletirá no aumento da eficiência produtiva e no cumprimento mais rigoroso dos prazos de entrega, gerando impactos positivos na satisfação dos clientes.

Além disso, a padronização das atividades e a criação de instruções visuais claras contribuirão para uma maior segurança e autonomia dos operadores, reduzindo a dependência constante da supervisão. Isso permitirá à equipe técnica focar em atividades estratégicas e corretivas de maior valor agregado, enquanto os operadores executarão suas funções com mais confiança e assertividade. O ambiente de trabalho se tornará mais dinâmico, organizado e menos suscetível a erros humanos, o que também contribui para o bem-estar e a motivação dos colaboradores.

A modernização das interfaces operacionais e a adoção de tecnologias mais intuitivas resultarão em um processo mais acessível e adaptável, inclusive para operadores com menor experiência. Essa acessibilidade facilitará o treinamento de novos profissionais e a integração de equipes, tornando o processo produtivo mais resiliente. A longo prazo, espera-se um fortalecimento da cultura da qualidade dentro da organização, promovendo uma mentalidade voltada para a melhoria contínua e a excelência operacional.

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante das análises realizadas ao longo deste estudo, foi possível identificar falhas significativas no processo de dobra, as quais comprometem diretamente a qualidade do produto final e a eficiência produtiva da empresa. Por meio da utilização de ferramentas da qualidade como a matriz GUT, o Gráfico de Pareto, o Diagrama de Ishikawa e o 5W2H, foi possível não apenas mapear os principais problemas, mas também propor soluções objetivas e viáveis, com foco na prevenção de erros e na melhoria contínua dos processos.

A proposta de implementação de dispositivos Poka-Yoke, aliada à padronização de



procedimentos e à modernização das interfaces operacionais, representa um avanço importante na busca por maior autonomia dos operadores e na redução da dependência de supervisão constante. Tais ações, ao serem devidamente aplicadas, poderão transformar o ambiente produtivo em um espaço mais seguro, eficiente e alinhado aos princípios da qualidade total, impactando positivamente os indicadores de desempenho da organização.

Portanto, conclui-se que a adoção de uma abordagem estruturada e baseada em dados para a solução de problemas é essencial para garantir a competitividade e a sustentabilidade dos processos industriais. A aplicação das ferramentas da qualidade não apenas promove melhorias pontuais, mas também fortalece a cultura organizacional voltada para a excelência, engajando todos os níveis da empresa na busca por melhores resultados e maior valor agregado aos seus produtos e serviços.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, S. M.; SOUZA, F. S. Matriz G.U.T.: priorização de problemas e tomada de decisões. *Revista de Administração e Estratégia*, v. 19, n. 4, p. 21-34, 2021.

BARROS, T. S.; NASCIMENTO, M. S. Poka-Yoke na prática: soluções simples e eficientes para a qualidade. *Revista Brasileira de Engenharia de Produção*, v. 15, n. 2, p. 78-89, 2022.

CASTRO, A. R.; VIEIRA, C. M. Gestão da Qualidade Total: um estudo sobre os desafios da implementação. *Revista Brasileira de Gestão Empresarial*, v. 23, n. 5, p. 103-116, 2021.

FARIAS, L. M.; CUNHA, D. P. A filosofia da Gestão da Qualidade Total nas organizações. *Revista de Administração Empresarial*, v. 19, n. 1, p. 80-93, 2025.

FERREIRA, L. P.; MORAES, C. D. Análise SWOT na gestão da qualidade: uma abordagem estratégica. *Revista de Administração da Produção*, v. 8, n. 1, p. 17-29, 2020.

LIMA, J. C. Gestão da qualidade e cultura organizacional. *Revista de Gestão e Qualidade*, v. 25, n. 2, p. 55-67, 2024.

MORAES, D. M.; SILVA, F. P.; PEREIRA, L. J. A importância do foco no cliente na Gestão da Qualidade Total. *Revista de Marketing e Gestão Empresarial*, v. 18, n. 2, p. 53-68, 2022.

MOREIRA, F. D.; TEIXEIRA, R. A. A integração da digitalização com Poka-Yoke na indústria. *Revista Brasileira de Automação e Tecnologia*, v. 24, n. 3, p. 102-115, 2024.

OLIVEIRA, G. F.; MENDES, S. T. A ferramenta 5W2H na implementação de ações corretivas. *Revista de Qualidade Empresarial*, v. 17, n. 4, p. 89-101, 2023.

OLIVEIRA, T. M.; RAMOS, J. P. Digitalização da qualidade: tendências e desafios. *Revista de Tecnologia e Gestão Empresarial*, v. 25, n. 1, p. 120-133, 2023.

PEREIRA, S. J.; SANTOS, M. F. O Diagrama de Ishikawa na análise de falhas organizacionais. *Revista de Engenharia de Produção*, v. 10, n. 1, p. 34-47, 2022.

SANTOS, L. F.; ALMEIDA, A. P. A importância dos indicadores na Gestão da Qualidade Total. *Revista Brasileira de Administração*, v. 22, n. 6, p. 76-88, 2020.

SILVA, R. S.; ANDRADE, V. L. Ferramentas da qualidade no contexto organizacional: uma análise crítica. *Revista de Gestão e Produção*, v. 20, n. 3, p. 112-125, 2021.

VIEIRA, A. S.; CASTRO, R. L. O envolvimento da liderança na Gestão da Qualidade Total.



InovaGest

Journal of Science,
Technology, Management
and Social Studies

Revista de Administração e Negócios, v. 17, n. 4, p. 60-72, 2021.