



## **COTAS DIMENSIONAIS FORA DO ESPECIFICADO CONSTANTE GERENCIAMENTO E CONTROLE DAS COTAS DIMENSIONAIS DO PRODUTO ACABADO: UM ESTUDO DE CASO EM UMA EMPRESA NO POLO INDUSTRIAL DE MANAUS.**

ELLEN SOFHIA FERREIRA DE SOUZA

LAERTE DA SILVA GUEDES

YGOR GEANN DOS SANTOS LEITE

### **RESUMO**

Para atender às expectativas dos clientes, é extremamente necessário desenvolver um produto funcional, o que requer um rigoroso controle dimensional do produto acabado. Dessa forma, o presente artigo tem como objetivo analisar os fatores que possam estar influenciando o surgimento de fenômenos responsáveis por ocasionar problemas de qualidade no processo produtivo. O estudo será conduzido por meio de ferramentas estratégicas voltadas à identificação e resolução da causa raiz, com a implementação de um plano de ação estruturado para execução das intervenções necessárias. Os resultados demonstram que o setor de origem opera com equipamentos defasados, que ocasionam desvios nas cotas dimensionais e comprometem a qualidade do produto acabado. Diante disso, torna-se necessária a substituição dos equipamentos antigos e o desenvolvimento de uma sistemática eficaz de manutenção preventiva. A inovação dos equipamentos produtivos mostra-se indispensável para garantir a fabricação de produtos que mantenham sua qualidade funcional, assegurando desempenho total, satisfação do cliente e competitividade tanto no mercado nacional quanto internacional.

Palavras-chave: Gestão. Dimensionamento. Precisão. Metrologia. Qualidade.

### **1. INTRODUÇÃO**

A precisão dimensional tem se tornado um requisito indispensável em ambientes industriais que buscam competitividade, especialmente no Polo Industrial de Manaus, onde a diversidade de produtos e a exigência por conformidade técnica são elevadas. A crescente demanda por produtos com alta confiabilidade reforça a necessidade de controle rigoroso das características dimensionais para assegurar desempenho e segurança. Nesse cenário, falhas no gerenciamento dessas cotas comprometem não apenas o produto final, mas também a eficiência operacional e a satisfação do cliente. Por isso, estudos voltados à identificação e ao controle de desvios dimensionais têm ganhado protagonismo dentro das práticas de gestão da qualidade

A empresa analisada neste estudo é uma indústria de médio porte localizada no Polo Industrial de Manaus, atuante há mais de dez anos na fabricação de componentes plásticos e metálicos para linhas de eletroeletrônicos. Seu processo produtivo envolve tecnologias de moldagem por injeção, corte, conformação e montagem, exigindo monitoramento constante das dimensões críticas de cada item. A organização possui certificações de qualidade e adota ferramentas de inspeção em diferentes etapas da produção. Contudo, a variabilidade dimensional identificada em alguns produtos motivou a necessidade de investigar com maior profundidade os fatores que influenciam esses desvios. Assim, o estudo passa a contribuir de forma direta para a estabilidade do processo e para a confiabilidade dos produtos fabricados.



Apesar dos controles existentes, a empresa enfrenta reincidência de cotas dimensionais fora do especificado. Quais fatores internos e operacionais estão contribuindo para a manutenção desses desvios?

O objetivo geral deste estudo é analisar o gerenciamento e o controle das cotas dimensionais no produto acabado, buscando reduzir a ocorrência de desvios e fortalecer a estabilidade do processo. Como objetivos específicos, propõe-se realizar uma pesquisa *in loco* para compreender como as medições são conduzidas e registradas; levantar dados quantitativos e qualitativos sobre a variabilidade dimensional e o desempenho das operações; e construir um plano de ação que permita aprimorar a precisão das cotas e padronizar as práticas de inspeção. Dessa forma, busca-se oferecer melhorias consistentes e alinhadas ao contexto produtivo da empresa.

A pesquisa será conduzida por meio de abordagem mista, integrando coleta e análise de dados quantitativos para mensurar a variabilidade dimensional e qualitativos para compreender a percepção dos operadores e a dinâmica do controle interno. A etapa de campo envolverá observação direta, análise documental e entrevistas com profissionais envolvidos no processo. Em seguida, serão aplicadas ferramentas da qualidade e técnicas de análise comparativa para identificar causas, tendências e oportunidades de melhoria. A abordagem permitirá triangulação de evidências, aumentando a robustez das conclusões e facilitando a elaboração de um plano de ação estruturado e aplicável à realidade da empresa.

A fundamentação teórica será organizada em três capítulos. O primeiro abordará a Gestão da Qualidade Total, destacando princípios que orientam a busca pela conformidade dimensional e pela melhoria contínua. O segundo apresentará conceitos sobre gerenciamento de cotas dimensionais, baseado em estudos internacionais que discutem tolerâncias, variabilidade e controle geométrico em processos industriais. O terceiro capítulo explorará ferramentas da qualidade que apoiam o diagnóstico e a solução de problemas relacionados a desvios dimensionais, justificando sua utilização no estudo. Juntos, esses capítulos estruturam a base necessária para compreender tanto o fenômeno estudado quanto as possíveis estratégias de intervenção.

A escolha do tema justifica-se pela importância crítica que as cotas dimensionais possuem na qualidade do produto acabado, especialmente em setores onde pequenas variações podem comprometer o desempenho e a segurança. A reincidência de peças fora do especificado gera custos adicionais, retrabalho e aumento do risco de devoluções, impactando diretamente a competitividade da empresa. Ao investigar de forma estruturada quais fatores provocam tais desvios, o estudo contribui para decisões mais assertivas e para o fortalecimento do sistema de gestão da qualidade. Assim, a pesquisa se apresenta como uma necessidade técnica e estratégica para o desenvolvimento organizacional.

A relevância do estudo está associada à possibilidade de ampliar o domínio técnico da empresa sobre suas próprias variáveis produtivas, promovendo confiabilidade no processo e melhor desempenho operacional. O aprimoramento do controle dimensional impacta diretamente a redução de desperdícios, o aumento da produtividade e a satisfação do cliente final. Além disso, a pesquisa contribui academicamente ao discutir um tema pouco explorado em estudos nacionais, fortalecendo a produção científica sobre tolerâncias dimensionais e controle industrial. Dessa forma, o trabalho possui valor prático e teórico, beneficiando tanto a empresa quanto a comunidade acadêmica e o setor industrial.



## 2. CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA

A empresa objeto deste estudo é uma indústria de médio porte situada no Polo Industrial de Manaus, atuando há mais de quinze anos no setor de Duas Rodas. Sua principal atividade consiste na fabricação de componentes metálicos e eletrônicos utilizados em motocicletas, como suportes, módulos estruturais, chicotes e subconjuntos montados. Ao longo dos anos, consolidou-se como fornecedora estratégica de grandes montadoras instaladas na região, destacando-se pela capacidade de atender altos volumes de produção com regularidade e precisão técnica. A empresa opera em ambiente competitivo, no qual qualidade dimensional e estabilidade de processos são requisitos essenciais para manter contratos e ampliar sua participação no mercado.

Sua estrutura produtiva é composta por setores integrados, abrangendo corte, dobra, soldagem, montagem final e inspeções dimensionais, todos alinhados aos requisitos de clientes e normas internacionais. O fluxo de produção é contínuo e organizado para manter a eficiência operacional, embora algumas etapas dependam de intervenção manual e ajuste técnico especializado. A organização investe em máquinas automatizadas, mas também mantém estações que dependem da habilidade do operador, especialmente em processos que exigem domínio técnico, como solda MIG e TIG, considerados críticos para a integridade dos componentes.

O setor de solda é um dos mais sensíveis dentro da empresa, pois envolve operações que podem alterar a geometria das peças devido à concentração de calor, técnica aplicada, posicionamento do operador ou parâmetros inadequados. Esse setor é responsável pela união de partes essenciais dos subconjuntos metálicos, devendo garantir precisão para que as peças atendam rigorosamente às cotas dimensionais especificadas em projeto. Qualquer desvio impacta diretamente etapas posteriores, como montagem e inspeção final, exigindo retrabalhos ou descarte de peças fora de conformidade.

Nos últimos meses, a empresa tem enfrentado um aumento significativo de cotas dimensionais fora do especificado, com maior incidência concentrada no setor de solda. Esses desvios vêm comprometendo a estabilidade do processo, elevando o índice de não conformidades e afetando o cumprimento dos prazos de entrega. A variabilidade dimensional tem gerado retrabalhos recorrentes, desperdício de insumos e desgaste da equipe, além de comprometer a percepção de confiabilidade por parte das montadoras atendidas. Esse cenário evidencia a existência de falhas no gerenciamento do processo e na aplicação de controles adequados.

Apesar de possuir um Sistema de Gestão da Qualidade estruturado e alinhado com práticas amplamente reconhecidas no setor, a empresa enfrenta limitações na padronização operacional e no monitoramento efetivo do processo de soldagem. Falhas na calibração periódica de dispositivos, ausência de indicadores dimensionais robustos e procedimentos que não são plenamente seguidos contribuem para a inconsistência dos resultados. O controle dimensional, que deveria ser preventivo e orientado por análises sistemáticas, muitas vezes ocorre apenas



após a produção de grandes lotes, o que dificulta a correção rápida de falhas e amplia o volume de peças não conformes.

Diante desse contexto, torna-se essencial investigar de forma aprofundada a origem dos desvios e estabelecer práticas mais eficazes de gerenciamento das cotas dimensionais. A análise do processo de solda, dos parâmetros aplicados, do comportamento térmico das peças e do cumprimento dos padrões estabelecidos permitirá compreender a real extensão do problema. A caracterização minuciosa da empresa e a identificação clara das limitações existentes fornecem os elementos necessários para propor melhorias estruturadas e sustentáveis, assegurando maior estabilidade operacional e conformidade ao produto acabado.

### 3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

#### 3.1 Gestão da Qualidade Total.

A Gestão da Qualidade Total consolidou-se como uma abordagem estratégica voltada para a melhoria contínua, integração dos processos e foco permanente no cliente. Autores recentes apontam que esse modelo amplia a visão tradicional da qualidade ao envolver todos os níveis hierárquicos e estabelecer padrões sistemáticos de desempenho organizacional, reforçando que a competitividade depende da capacidade de manter produtos consistentes e confiáveis em todas as etapas produtivas, especialmente em ambientes industriais complexos como o Polo de Duas Rodas de Manaus, conforme defendem Lima e Duarte (2019).

Outro ponto amplamente discutido nas pesquisas contemporâneas é o papel da cultura organizacional na sustentação da Qualidade Total. Segundo Martins e Ferreira (2020), organizações que internalizam valores como disciplina, redução de desperdícios e tomada de decisão baseada em evidências tendem a apresentar índices superiores de eficiência operacional, minimizando falhas recorrentes como desvios dimensionais em processos de solda. Esse alinhamento cultural cria um sistema preventivo, substituindo ações corretivas tardias por medidas proativas.

Estudos recentes também destacam a relevância da padronização como eixo central da TQM. Para Oliveira e Santos (2021), padrões bem definidos funcionam como a estrutura que garante repetibilidade e previsibilidade nos processos industriais, tornando possível reduzir variações que comprometem dimensões críticas do produto acabado. A ausência dessa padronização gera instabilidade produtiva, comprometendo o rendimento e elevando taxas de retrabalho.

A literatura contemporânea enfatiza ainda que a TQM incorpora ferramentas estatísticas e técnicas específicas para monitorar processos em tempo real. Conforme apontado por Chen e Robinson (2022), o uso sistemático dessas ferramentas permite perceber tendências de desvio antes que se tornem defeitos consolidados, fortalecendo a capacidade de controle dimensional. Dessa forma, o monitoramento contínuo dos processos de solda torna-se uma exigência para alcançar níveis elevados de precisão geométrica.

No cenário industrial moderno, autores também têm abordado a importância da liderança orientada para a qualidade. Santos e Ribeiro (2023) afirmam que líderes engajados influenciam diretamente o comportamento das equipes, estimulando práticas disciplinadas, cumprimento de procedimentos e atuação voltada à resolução estruturada de problemas. Essa influência torna a gestão da qualidade mais robusta, principalmente em linhas de produção que exigem alta precisão dimensional.



Pesquisas mais recentes reforçam que a digitalização e a integração tecnológica ampliam significativamente o potencial da Qualidade Total. Segundo Huang e Patel (2025), tecnologias como sensores inteligentes, sistemas MES e análise de dados industriais aumentam a capacidade de coletar, interpretar e agir sobre informações críticas relacionadas às dimensões do produto. Essa modernização contribui para a construção de processos mais estáveis, com maior capacidade de rastreabilidade e controle eficiente das variações que provocam falhas no produto final.

### 3.2 Gerenciamento das cotas dimensionais

O gerenciamento das cotas dimensionais é reconhecido como uma prática indispensável para garantir a conformidade geométrica dos produtos e a estabilidade dos processos produtivos. Foster e Hammond (2019) afirmam que o controle das dimensões críticas reduz a variabilidade e assegura a funcionalidade do componente final, especialmente em operações sensíveis como soldagem, onde pequenas deformações podem comprometer o desempenho estrutural.

A metrologia avançada tem ganhado protagonismo no processo de verificação das cotas. Zhang e Miller (2020) explicam que tecnologias tridimensionais, sensores ópticos e sistemas automatizados de inspeção aumentam significativamente a precisão das medições e permitem a detecção precoce de desvios mínimos que podem se acumular ao longo das etapas produtivas. Esse aumento de precisão fortalece o controle preventivo e diminui a necessidade de retrabalhos.

A análise estatística é outro elemento central no gerenciamento dimensional moderno. Segundo Turner e Khalil (2021), o uso de métodos estatísticos permite visualizar tendências, identificar causas de variação e determinar padrões de comportamento dimensional ao longo do tempo. Os mesmos observam que essa abordagem auxilia no ajuste fino do processo e sustenta decisões baseadas em dados confiáveis.

A integração entre setores também se destaca como fator determinante para o sucesso dimensional. Watson, Reed e Johansson (2022) argumentam que engenharia, manufatura e metrologia devem atuar de forma conjunta, compartilhando informações atualizadas sobre variações e resultados de inspeções. Essa colaboração permite que alterações sejam implementadas rapidamente, reduzindo custos e elevando a previsibilidade do processo.

Autores recentes enfatizam que a digitalização e a automação estão transformando o modo como as cotas dimensionais são gerenciadas. Hamilton e Price (2024) apontam que softwares avançados, digital twins e bancos de dados integrados viabilizam análises mais rápidas e rastreabilidade completa das medições, resultando em maior eficiência operacional. Destacam que essas ferramentas ajudam a minimizar erros humanos e aprimoram a tomada de decisão.

Estudiosos contemporâneos destacam que a gestão dimensional deve ser vista como um sistema contínuo, e não como uma etapa isolada. Lee e Thompson (2025) afirmam que processos de medição, análise, controle e revisão devem permanecer em ciclo constante para evitar a degradação da qualidade ao longo do tempo. Essa visão sistêmica fortalece a robustez da cadeia produtiva e reduz o risco de peças fora do especificado.



### 3.3 Ferramentas da Qualidade

As ferramentas da qualidade são apresentadas na literatura recente como métodos estruturados para resolver problemas, analisar dados e orientar decisões em processos industriais, contribuindo para a padronização e a redução de variabilidade (Gomes, 2021). Pesquisas reforçam que essas ferramentas facilitam a identificação de falhas, ampliam o controle sobre processos críticos e promovem melhorias contínuas com base em evidências (Silva & Rocha, 2020). Diante desse cenário, este estudo fará uso das ferramentas SWOT, GUT, Pareto, Ishikawa e 5W2H, empregando-as de modo articulado para compreender e tratar desvios dimensionais no produto acabado.

A análise SWOT é descrita como um método de diagnóstico que organiza informações internas e externas da empresa, permitindo reconhecer elementos que influenciam diretamente o desempenho de um processo (Oliveira, 2019). Autores apontam que a ferramenta se torna especialmente útil em investigações industriais porque oferece uma visão integrada das condições reais que afetam a operação (Pereira, 2021). Assim, sua aplicação neste estudo permite mapear fatores que podem estar contribuindo para erros dimensionais no setor de solda.

A matriz GUT é tratada por estudiosos como um instrumento para priorizar problemas segundo sua gravidade, urgência e tendência, facilitando a definição das ações que devem ser tratadas primeiro (Martins & Duarte, 2020). Pesquisas recentes mostram que, em ambientes industriais, a GUT ajuda a classificar falhas que competem entre si, evidenciando quais geram maior impacto sobre a qualidade (Lopes, 2022). Dessa forma, sua utilização permitirá determinar quais desvios dimensionais exigem atenção imediata.

O diagrama de Pareto é caracterizado como um método que organiza dados para evidenciar os problemas mais significativos, seguindo o princípio de que poucas causas geram a maior parte dos efeitos (Carvalho, 2023). Estudos reforçam que essa ferramenta ajuda a concentrar esforços em pontos que realmente afetam o desempenho produtivo, evitando desperdício de recursos (Almeida, 2020). Dentro deste estudo, o Pareto auxiliará na identificação das principais dimensões que mais se distanciam do especificado.

O diagrama de Ishikawa é apresentado na literatura como um meio estruturado para investigar causas potenciais de um problema, agrupando-as em categorias lógicas como mão de obra, métodos, máquinas e materiais (Ferreira & Costa, 2021). Pesquisas apontam que o método favorece uma análise ampla e sistêmica, evitando conclusões superficiais sobre falhas industriais (Morais, 2024). Sua inclusão neste trabalho permitirá aprofundar a compreensão das causas raiz associadas às não conformidades dimensionais.

O plano 5W2H é descrito como uma ferramenta de planejamento prático que organiza ações a partir de perguntas-chave, auxiliando na implementação clara e objetiva das soluções propostas (Ramos, 2022). Autores destacam que sua simplicidade e capacidade de orientar responsabilidades tornam o método eficiente para estruturar projetos de melhoria contínua (Vieira, 2020). Aqui, o 5W2H será adotado para transformar o diagnóstico em um plano de ação executável, detalhando o que será feito e como as correções serão aplicadas no processo dimensional.

## 4. METODOLOGIA

A pesquisa adotada neste estudo segue uma abordagem mista, que combina estratégias quantitativas e qualitativas para ampliar a compreensão do fenômeno estudado. Pesquisadores



afirmam que o método misto possibilita integrar mensurações objetivas com interpretações contextualizadas, permitindo uma análise mais completa e coerente do ambiente investigado (Creswell e Plano Clark, 2020). Essa escolha metodológica é adequada ao cenário industrial, onde o gerenciamento das cotas dimensionais exige tanto dados numéricos quanto observações diretas sobre os fatores que influenciam o processo.

A aplicação da análise SWOT será realizada durante a observação em campo, permitindo organizar informações sobre o setor de solda e identificar condições internas e externas que afetam o controle dimensional. O estudo utilizará visitas técnicas, registros operacionais e entrevistas breves com colaboradores para mapear pontos fortes, fragilidades e fatores ambientais que interferem no desempenho do processo. Essa etapa servirá como diagnóstico inicial para orientar as próximas ações de melhoria.

A matriz GUT será utilizada após a identificação dos problemas encontrados na etapa de observação, funcionando como um recurso para estruturar a priorização de falhas que impactam a estabilidade das cotas dimensionais. A avaliação será conduzida em conjunto com o gestor da produção e líderes do setor, que atribuirão níveis de gravidade, urgência e tendência aos problemas. Esse processo permitirá definir a ordem lógica das intervenções, evitando dispersão de esforços e fortalecendo o foco nas causas mais críticas.

O diagrama de Pareto será aplicado a partir dos dados quantitativos fornecidos pelo setor de qualidade, permitindo organizar as ocorrências de não conformidades dimensionais segundo sua frequência. Os registros serão tabulados e analisados para identificar os grupos de falhas mais representativos que contribuem para a maior parte dos descartes. Esse recurso servirá como base objetiva para selecionar quais problemas serão aprofundados na etapa seguinte de análise.

O diagrama de Ishikawa será empregado após a seleção das falhas mais significativas, funcionando como um guia para a investigação detalhada das causas relacionadas aos desvios dimensionais. A construção do diagrama contará com a participação de operadores, técnicos e membros da equipe de manutenção, garantindo uma visão plural sobre o processo. Essa ferramenta auxiliará na organização lógica das causas potenciais e na identificação dos fatores que realmente exercem influência sobre o problema.

O plano de ação será estruturado por meio da ferramenta 5W2H, que permitirá organizar de forma clara cada etapa necessária para a implementação das melhorias. Serão definidos o que deve ser realizado, os responsáveis pela execução, os prazos, os locais de aplicação e os métodos empregados, além dos custos previstos e justificativas para cada ação. Essa etapa garantirá que o conjunto de soluções seja executável, mensurável e alinhado às necessidades reais do setor de solda.

## **5. PROPOSTA DE MELHORIA**

A proposta de melhoria iniciará pela aplicação da análise SWOT, que permitirá organizar com clareza os aspectos internos e externos que influenciam o desempenho do setor estudado. Esse primeiro movimento ajudará a visualizar de maneira estruturada as forças que podem ser potencializadas, as fraquezas que precisam de correção imediata, além das oportunidades e ameaças que moldam o ambiente competitivo. A escolha dessa ferramenta como ponto de partida favorece a construção de um diagnóstico coerente e direcionado, facilitando a definição das ações estratégicas que serão aprofundadas nas etapas seguintes do estudo.



Quadro 01. Análise SWOT

	<b>FORÇAS</b>	<b>FRAQUEZAS</b>
<b>INTERNO</b>	Mão de obra experiente em processos de soldagem voltados à produção em larga escala.	Retrabalho recorrente devido a falhas dimensionais nas peças soldadas.
	Equipamentos industriais de solda com tecnologia moderna e boa capacidade produtiva.	Falta de monitoramento contínuo das variáveis críticas do processo.
	Acesso a treinamentos corporativos oferecidos pelo próprio Polo Industrial.	Comunicação limitada entre os setores de solda, qualidade e engenharia.
	Padronização parcial dos procedimentos operacionais já implementada.	Ausência de indicadores consolidados que permitam avaliar desempenho em tempo real.
	Forte cultura organizacional voltada para cumprimento de prazos e metas.	Inconsistência na aplicação de inspeções intermediárias durante a linha de produção.
	<b>OPORTUNIDADES</b>	<b>AMEAÇAS</b>
<b>EXTERNO</b>	Introdução de sistemas automatizados de medição e controle dimensional.	Concorrência direta com outras empresas do Polo que já operam com processos mais avançados.
	Programas de qualificação técnica subsidiados por instituições do Polo.	Riscos de atrasos na cadeia de suprimentos que impactam o ritmo da produção.
	Parcerias com fornecedores para melhoria de matéria prima e tolerâncias de fabricação.	Possíveis penalidades regulatórias associadas a falhas de qualidade.
	Adoção de ferramentas digitais para registro e acompanhamento de falhas.	Oscilação no preço de metais e insumos usados na solda.
	Demanda crescente por motocicletas, impulsionando investimentos em eficiência.	Perda de mercado caso os índices de retrabalho elevem o custo final do produto.

Fonte: Elaborado pelos autores, 2025

As fraquezas apontadas na matriz SWOT revelam falhas estruturais que afetam diretamente o controle das cotas dimensionais no setor de solda. O retrabalho constante indica que o processo não está estável e que há variação acima do aceitável, comprometendo produtividade e elevando custos. Esse cenário se intensifica pela dificuldade de monitorar as medidas dimensionais de forma adequada, já que a equipe opera com baixa visibilidade sobre o desempenho real e sem indicadores consistentes que permitam identificar a origem dos desvios.

A ausência de um conjunto sólido de indicadores e a inspeção irregular reforçam o caráter reativo do processo, que passa a depender de correções tardias em vez de ações preventivas. A comunicação interna limitada agrava essa condição, pois informações sobre falhas e ajustes circulam de maneira incompleta e pouco funcional, o que impede intervenções tempestivas. Esses fatores combinados mostram que a fragilidade central está na incapacidade de acompanhar, medir e responder às variações dimensionais no momento em que surgem.

Para organizar as ações de forma estratégica, as fraquezas identificadas na matriz SWOT serão priorizadas por meio do método GUT, que avalia cada problema. Essa classificação permitirá enxergar com clareza quais fragilidades representam maior risco para o controle das cotas dimensionais no setor de solda e quais exigem intervenção imediata. A aplicação do GUT garantirá que o plano de ação concentre esforços nos pontos que realmente comprometem a estabilidade do processo, evitando dispersão de recursos e aumentando a efetividade das melhorias propostas.



Quadro 02. Matriz G.U.T.

Lista de Problemas	G	U	T	Pontuação	Prioridade
Retrabalho recorrente devido a falhas dimensionais nas peças soldadas.	4	4	4	64	3°
Falta de monitoramento contínuo das variáveis críticas do processo.	5	5	5	125	1°
Comunicação limitada entre os setores de solda, qualidade e engenharia.	3	4	4	48	4°
Ausência de indicadores consolidados que permitam avaliar desempenho em tempo real.	4	5	5	100	2°
Inconsistência na aplicação de inspeções intermediárias durante a linha de produção.	3	3	4	36	5°

Fonte: Elaborado pelos autores, 2025

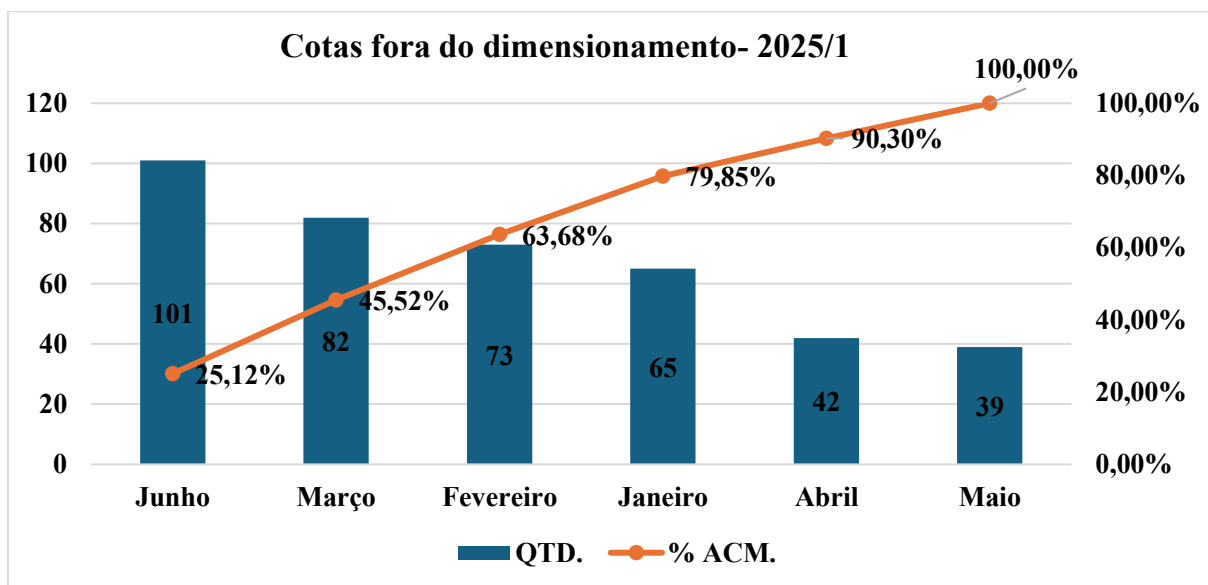
A análise dos problemas priorizados evidencia que o maior impacto sobre o controle das cotas dimensionais está diretamente ligado à ausência de monitoramento contínuo das variáveis críticas do processo. Quando o setor de solda opera sem visibilidade clara e atualizada de seus parâmetros, os desvios se acumulam de forma silenciosa até se traduzirem em peças fora do especificado. Esse cenário aumenta a variabilidade, compromete o fluxo produtivo e reforça uma cultura reativa em vez de preventiva. A falta de acompanhamento sistemático é, portanto, o núcleo das falhas que afetam o desempenho dimensional.

Outro ponto que se destaca é a ausência de indicadores consolidados capazes de mostrar, em tempo real, como o processo se comporta. Sem esses instrumentos, o gestor perde capacidade de análise, não identifica tendências e encontra dificuldades para atuar de forma estruturada. Essa lacuna abre espaço para decisões baseadas em percepções individuais e não em evidências, o que contribui para a recorrência dos erros. O retrabalho decorrente de falhas dimensionais, apontado como o terceiro problema mais crítico, surge justamente como consequência direta da falta de controle e da inexistência de medidas confiáveis ao longo da produção.

A comunicação limitada entre solda, qualidade e engenharia e a inconsistência das inspeções intermediárias reforçam o cenário de instabilidade, mas aparecem com menor peso, pois são intensificadores do problema principal, não sua origem. A soma desses fatores demonstra que o controle dimensional está fragilizado pela ausência de um sistema que garanta visibilidade, padronização e resposta rápida às variações do processo. A seguir, será utilizado o Gráfico de Pareto como indicador de desempenho, permitindo identificar onde estão concentrados os maiores impactos sobre o problema.



Figura 01. Gráfico de Pareto



Fonte: Elaborado pelos autores, 2025

Os dados levantados para o primeiro semestre de 2025 revelam um comportamento claro de concentração das cotas fora do dimensionamento em determinados períodos, o que indica instabilidade no processo de solda. Junho aparece como o mês mais crítico, com 101 ocorrências e 25,12 por cento do acumulado, evidenciando que o problema atingiu seu pico nesse período. A distância entre junho e os demais meses confirma que há fatores específicos, possivelmente relacionados ao fluxo operacional, ao desempenho dos operadores ou às condições dos equipamentos, que agravaram o desvio dimensional. A partir desse ponto inicial elevado, observa-se uma redução gradual, porém ainda significativa, ao longo dos meses seguintes.

Março e fevereiro, com 82 e 73 ocorrências, respectivamente, reforçam que o processo não estava sob controle estatístico, já que os desvios permaneceram altos mesmo após o pico. A soma desses três meses já representa quase dois terços das falhas acumuladas no semestre, o que aponta para um período prolongado de instabilidade e sugere falhas persistentes no monitoramento das variáveis críticas. A partir de janeiro, abril e maio, percebe-se uma queda progressiva, mas não suficiente para caracterizar estabilidade, pois os valores mensais ainda são elevados para um setor que deveria operar com padrões rígidos de conformidade dimensional. Esse comportamento mostra que a causa do problema não foi totalmente tratada, apenas amenizada.

A análise conjunta dos dados confirma que o processo apresenta uma variabilidade sistemática, indicando que ajustes pontuais não foram capazes de estabilizar o controle dimensional. A distribuição dos desvios ao longo do semestre sugere que as causas não são aleatórias, mas estruturais, relacionadas tanto à ausência de indicadores precisos quanto à inconsistência das inspeções intermediárias. Essa leitura reforça a necessidade de aprofundar a investigação sobre as origens das falhas para que o planejamento das ações corretivas seja direcionado de forma mais assertiva.

O diagrama de Ishikawa será utilizado com o propósito de identificar, de forma organizada, as possíveis causas que contribuem para as cotas dimensionais fora do especificado no setor de solda. Seu uso permitirá direcionar a investigação para os fatores mais relevantes, esclarecendo



onde estão as origens reais do problema e orientando as ações corretivas que serão definidas no plano de melhoria.

Quadro 03. Diagrama de Ishikawa

Problema	Retrabalho recorrente devido a falhas dimensionais nas peças soldadas.
Mão de Obra	operadores recém-treinados com pouca experiência prática
Máquina	equipamentos de solda com variação térmica
Medida	instrumentos de medição sem calibração recente
Meio Ambiente	temperatura interna da área de solda afetando estabilidade do processo
Material	lotes de insumos com pequenas variações dimensionais
Método	ausência de padronização completa no procedimento de soldagem

Fonte: Elaborado pelos autores, 2025

O retrabalho recorrente observado no setor de solda evidencia que as falhas dimensionais não têm origem em um único ponto, mas na combinação de vários fatores que atuam simultaneamente. A análise Ishikawa revela que parte significativa do problema está ligada ao método e ao fator humano, já que a ausência de padronização detalhada e a experiência limitada de alguns operadores favorecem a execução desigual das etapas de soldagem. Isso gera pequenas variações acumuladas que, ao final do processo, resultam em peças fora do especificado. Além disso, a falta de calibração recente dos instrumentos de medição prejudica a identificação precisa dos desvios, mantendo a equipe sem uma base confiável para monitorar a estabilidade do processo.

O ambiente e os recursos materiais também contribuem para a instabilidade dimensional. A presença de equipamentos com variação térmica, somada às mudanças de temperatura internas no setor, afeta diretamente a consistência do cordão de solda. Os insumos recebidos com pequenas diferenças dimensionais reforçam esse cenário, exigindo ajustes constantes que nem sempre são registrados ou comunicados.

A organização inadequada do posto de trabalho fecha o ciclo de causas, pois interfere na fluidez das operações e aumenta a chance de manuseios incorretos. Esse conjunto de fatores evidencia que o retrabalho é consequência de um processo que opera com baixa previsibilidade e poucas barreiras preventivas. A seguir será aplicada a matriz GUT com o objetivo de priorizar os itens identificados no Ishikawa e definir quais causas devem receber tratamento imediato no plano de ação.

Quadro 04. Matriz G.U.T.

Lista de Problemas	G	U	T	Pontuação	Prioridade
operadores recém-treinados com pouca experiência prática	4	4	4	64	4°
equipamentos de solda com variação térmica	4	4	5	80	3°
instrumentos de medição sem calibração recente	5	5	5	125	1°
temperatura interna da área de solda afetando estabilidade do processo	3	4	4	48	5°



lotes de insumos com pequenas variações dimensionais	3	3	4	36	6°
ausência de padronização completa no procedimento de soldagem	4	5	5	100	2°

Fonte: Elaborado pelos autores, 2025

Os itens destacados na priorização do GUT evidenciam as causas estruturais que mais contribuem para o retrabalho dimensionado no setor de solda. O problema mais crítico, com pontuação 125, refere-se aos instrumentos de medição sem calibração recente, uma falha que compromete diretamente a confiabilidade dos resultados metrológicos. Quando a medição não é precisa, o operador acredita estar trabalhando dentro das especificações, porém o desvio aparece apenas na inspeção final, gerando retrabalho e perda de tempo produtivo. Essa condição afeta toda a cadeia de qualidade porque impede a detecção precoce das falhas e bloqueia o controle estatístico do processo.

O segundo item mais relevante, com pontuação 100, é a ausência de padronização completa no procedimento de soldagem, que cria variações significativas entre operadores, turnos e lotes. A falta de instruções operacionais claras e revisadas faz com que cada colaborador execute a solda seguindo interpretações próprias, aumentando a dispersão dos resultados dimensionais. Isso eleva não apenas o retrabalho, mas também a instabilidade global do processo, já que a repetibilidade fica comprometida e a empresa perde capacidade de manter as cotas dentro do especificado de maneira consistente.

O terceiro item prioritário, com pontuação 80, diz respeito aos equipamentos de solda com variação térmica, condição que altera diretamente a penetração, a deformação e a distribuição de calor na peça. A instabilidade térmica é um fator técnico que impacta as dimensões finais após a solidificação do material, sendo uma das origens mais comuns de distorções lineares e geométricas. Quando os equipamentos oscilam, mesmo que o operador siga o procedimento corretamente, o produto final tende a apresentar variações fora do especificado, o que reforça a necessidade de controle técnico e manutenção preventiva estruturada. Esses três itens concentram o núcleo das causas que distorcem as cotas dimensionais e explicam a maior parte dos retrabalhos no setor de solda, tornando indispensável tratá-los nas primeiras etapas da proposta de melhoria.

## 6. PLANEJAMENTO DA PROPOSTA

O planejamento da proposta de melhoria será estruturado por meio do 5W2H, que funcionará como uma ferramenta organizacional para detalhar todas as etapas necessárias à implementação das ações corretivas. Esse método permitirá definir com precisão o que será feito, por que cada ação é necessária, quem será o responsável, quando ocorrerá cada fase e onde as intervenções serão aplicadas dentro do processo produtivo. Além disso, possibilitará especificar como cada atividade será executada e quanto de recurso será destinado para sua realização. A aplicação do 5W2H garantirá clareza, coerência e rastreabilidade ao plano de ação, assegurando que cada medida seja conduzida de forma organizada, mensurável e diretamente alinhada à redução das falhas dimensionais no setor de solda.



Quadro 05. 5W2H

O QUÊ?	POR QUÊ?	QUEM?	QUANDO?	ONDE?	COMO?	QUANTO?
Instrumentos de medição sem calibração recente	Afetando diretamente a precisão das medições.	Gestor de produção	Início: 06/01/26 Fim: 06/06/26	Setor de solda	enviar todos os instrumentos para calibração externa credenciada e implantar registro de controle interno com prazos definidos.	R\$3.000,00, sendo R\$1.200,00 destinados ao serviço de calibração e R\$1.800,00 para aquisição de um kit básico de verificação interna.
Ausência de padronização completa no procedimento de soldagem	Gerando variação na execução entre operadores.	Gestor de produção	Início: 06/01/26 Fim: 06/06/26	Setor de solda	revisar o procedimento atual, criar uma instrução de trabalho única e treinar toda a equipe de solda para aplicação uniforme.	R\$2.500,00, sendo R\$800,00 para elaboração e impressão das instruções e R\$1.700,00 para realização dos treinamentos.
Equipamentos de solda com variação térmica	comprometem a estabilidade e a repetibilidade do processo.	Gestor de produção	Início: 06/01/26 Fim: 06/06/26	Setor de solda	realizar manutenção preventiva, ajustar sensores térmicos e substituir componentes críticos com desgaste avançado.	R\$4.200,00, sendo R\$1.500,00 destinados à manutenção e ajustes e R\$2.700,00 para reposição de peças e sensores.

Fonte: Elaborado pelos autores, 2025

A análise das ações planejadas no 5W2H evidencia que a proposta de melhoria está centrada em três pontos críticos do processo de soldagem: a confiabilidade dos instrumentos de medição, a ausência de padronização operacional e a instabilidade térmica dos equipamentos. Esses elementos formam a base dos desvios dimensionais que levam ao retrabalho, à perda de eficiência e à variabilidade do produto final. A decisão de iniciar pela calibração dos instrumentos demonstra maturidade na abordagem, já que nenhuma melhoria é sustentável sem controle metrológico adequado. A atuação do gestor de produção, acompanhando desde o envio para calibração até a implantação de um registro interno, garante que o processo não volte ao estado anterior e fortalece a rastreabilidade das medições.

A padronização do procedimento de soldagem surge como um segundo eixo essencial, porque reduz a liberdade interpretativa dos operadores e assegura que todos tenham como referência um mesmo modelo de execução. A construção de instruções de trabalho claras, acompanhada de treinamento, tende a elevar o nível de conformidade dimensional e diminuir significativamente a variabilidade entre turnos. Já a intervenção nos equipamentos, com foco na correção das variações térmicas, atua diretamente sobre a estabilidade do cordão de solda, que é um dos fatores determinantes para manter as cotas dentro do especificado. O investimento destinado à manutenção e troca de componentes críticos demonstra que a empresa compreende que a confiabilidade do processo depende tanto de pessoas quanto de máquinas.

Quando analisadas em conjunto, as ações propostas estruturam um ciclo completo de correção: medir corretamente, executar corretamente e soldar com condições estáveis. Esse encadeamento lógico reforça que a solução não será apenas imediata, mas capaz de sustentar



uma redução contínua de falhas dimensionais ao longo do tempo. Com recursos calculados e aplicados de forma direta em cada necessidade, o planejamento transmite clareza operacional e viabilidade prática, indicando que a probabilidade de sucesso é elevada.

## 7. RESULTADOS ESPERADOS

A implementação das ações definidas tende a elevar imediatamente o nível de confiabilidade do processo de soldagem. A calibração adequada dos instrumentos deve reduzir falhas de medição, minimizar retrabalhos e garantir que cada etapa seja conduzida com parâmetros consistentes. A padronização do procedimento também deve refletir em maior uniformidade produtiva, já que todos os operadores passarão a seguir a mesma referência técnica.

Outro resultado esperado é o aumento da estabilidade operacional. Com os equipamentos ajustados, sensores calibrados e componentes críticos substituídos, o processo ganha repetibilidade. Isso diminui oscilações térmicas, evita defeitos estruturais e fortalece a rastreabilidade das operações. Espera-se ainda que o tempo de execução diminua à medida que as variáveis deixam de sofrer interferências externas.

Também se prevê impacto direto na produtividade e nos custos internos. A redução de erros deve diminuir desperdícios de material e horas extras relacionadas à correção de falhas. O treinamento da equipe tende a elevar o nível de autonomia dos operadores, diminuindo a dependência de supervisão constante e criando um ambiente de trabalho mais seguro e controlado. A soma desses fatores deve aumentar a capacidade de entrega da área.

## 8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aplicação das medidas propostas demonstra uma visão de gestão mais madura, ancorada em dados e em controle real do processo. A combinação de calibração, padronização e manutenção forma um conjunto coerente que ataca simultaneamente causa técnica, comportamento humano e condição dos equipamentos. Esse alinhamento tende a fortalecer a cultura operacional e estabelecer padrões mais rigorosos de qualidade.

Outro ponto importante é que o investimento financeiro, embora presente, retorna em forma de redução de perdas, maior previsibilidade produtiva e desempenho mais estável. O valor aplicado não é apenas despesa, mas parte de um ciclo de melhoria contínua que pode ser ampliado para outras áreas industriais. A organização passa a construir um ambiente mais seguro e menos vulnerável a erros críticos.

É fundamental também reconhecer que as mudanças dependem de continuidade. A calibração deve virar rotina, a padronização precisa ser atualizada conforme a tecnologia avança e a manutenção preventiva não pode ser tratada como exceção. A consolidação das ações cria um processo sólido, mais competitivo e preparado para responder às exigências crescentes do mercado.

## REFERÊNCIAS

CHEN, L.; ROBINSON, T. Statistical integration in dimensional control systems. *Journal of Industrial Metrics*, v. 14, n. 2, 2022.



FOSTER, R.; HAMMOND, P. *Dimensional Accuracy in Manufacturing Systems*. New York: Taylor & Francis, 2019.

HAMILTON, D.; PRICE, E. *Digital Tools for Dimensional Quality Management*. New York: CRC Press, 2024.

HUANG, Y.; PATEL, R. Digital quality management and dimensional accuracy in manufacturing. *International Journal of Advanced Manufacturing Systems*, v. 8, n. 1, 2025.

LEE, H.; THOMPSON, R. *Continuous Dimensional Control Strategies in Advanced Manufacturing*. London: Routledge, 2025.

LIMA, A.; DUARTE, M. Total Quality Management in competitive industrial environments. *Brazilian Journal of Operations and Systems*, v. 11, n. 3, 2019.

MARTINS, S.; FERREIRA, P. Organizational culture and quality performance in modern industries. *Revista Gestão e Processos Industriais*, v. 5, n. 1, 2020.

OLIVEIRA, C.; SANTOS, J. Standardization and process consistency in manufacturing. *Engineering Quality Review*, v. 7, n. 4, 2021.

SANTOS, F.; RIBEIRO, D. Leadership practices for quality excellence. *Revista Brasileira de Gestão Integrada*, v. 9, n. 2, 2023.

TURNER, S.; KHALIL, M. *Statistical Methods for Dimensional Variation Management*. Oxford: Elsevier, 2021.

WATSON, A.; REED, J.; JOHANSSON, K. *Integrated Engineering Approaches to Dimensional Quality*. Cambridge: Academic Press, 2022.

ZHANG, L.; MILLER, T. *Advanced Metrology and Dimensional Control in Modern Industries*. London: Springer, 2020.