

UNIVERSIDADE DO ESTADO DO AMAZONAS
ESCOLA SUPERIOR DE TECNOLOGIA
BACHARELADO EM ENGENHARIA DE MATERIAIS

HUDSON FILIPE VIEIRA ROSAS TEIXEIRA

ANÁLISE E SOLUÇÃO DE DEFEITOS EM GUIDÕES NO POLO INDUSTRIAL DE
MANAUS

Manaus

2025

HUDSON FILIPE VIEIRA ROSAS TEIXEIRA

ANÁLISE E SOLUÇÃO DE DEFEITOS EM GUIDÕES NO POLO INDUSTRIAL DE
MANAUS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de bacharelado em Engenharia de Materiais, da Universidade do Estado do Amazonas como pré-requisito para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia de Materiais.

Orientador (a): Prof. Dr. Raimundo Nonato Alves da Silva

Manaus

2025

Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Sistema Integrado de Bibliotecas da Universidade do Estado do Amazonas.

T266a Teixeira, Hudson Filipe Vieira Rosas
 Análise e Solução de Defeitos em Guidões no Polo Industrial de
 Manaus / Hudson Filipe Vieira Rosas Teixeira. Manaus : [s.n], 2025.
 23 f.: il., color.; 21.0 cm.

 TCC - Graduação em Engenharia de Materiais- Universidade do
 Estado do Amazonas, Manaus, 2025.
 Inclui Anexo.
 Orientador: Da Silva, Raimundo Nonato Alves.

 1. Guidões Cromados. 2. Análise de Causa Raiz. 3. Melhoria de
 Qualidade. 4. Indústria de Motocicletas. I. Da Silva, Raimundo Nonato
 Alves (Orient.) II. Universidade do Estado do Amazonas. III. Título

CDU(1997)66.03

UNIVERSIDADE DO ESTADO DO AMAZONAS
ESCOLA SUPERIOR DE TECNOLOGIA
BACHARELADO EM ENGENHARIA DE MATERIAIS

HUDSON FILIPE VIEIRA ROSAS TEIXEIRA

ANÁLISE E SOLUÇÃO DE DEFEITOS EM GUIDÕES NO POLO INDUSTRIAL DE
MANAUS

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado como requisito parcial para a obtenção do Título de Bacharel em Engenharia de Materiais, Escola Superior de Tecnologia, Universidade do Estado do Amazonas, pela seguinte banca examinadora:

BANCA EXAMINADORA

RAIMUNDO NONATO ALVES DA SILVA:14350475249
Assinado de forma digital por RAIMUNDO NONATO ALVES DA SILVA:14350475249
Dados: 2025.12.10 17:13:48 -04'00'

Prof. Dr. Raimundo Nonato Alves da Silva – Orientador

Universid



Documento assinado digitalmente

JOSE COSTA DE MACEDO NETO

Data: 09/12/2025 19:51:55-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

EA/EST

Prof. Dr. José Costa de Macêdo Neto – Membro

Universid



Documento assinado digitalmente

ANTONIO DE LIMA MESQUITA

Data: 09/12/2025 11:34:25-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

IEA/EST

Prof. Dr. Antônio de Lima Mesquita - Membro

Universidade do Estado do Amazonas UEA/EST

Manaus, 24 de Novembro de 2025.

Hudson Filipe Vieira Rosas Teixeira
Prof. Dr. Raimundo Nonato Alves da Silva

Análise e Solução de Defeitos em Guidões no Polo Industrial de Manaus

Hudson Filipe Vieira Rosas Teixeira¹, Raimundo Nonato Alves da Silva²

¹Escola Superior de Tecnologia, Universidade do Estado do Amazonas, Av.Darcy Vargas, 1200, 69050-020, Manaus, Amazonas Brasil. ²*Autor para correspondência. E-mail: hfvrt.emt20@uea.edu.br; rnasilva@uea.edu.br

RESUMO. A indústria de motocicletas é economicamente relevante no Brasil, com o Polo Industrial de Manaus responsável por mais de 90% da produção nacional. A qualidade do acabamento superficial, especialmente a cromagem de guidões, é essencial para a valorização estética e comercial. Este estudo de caso analisou defeitos como batidos e riscados em guidões cromados durante o transporte interno na linha de montagem. Foram aplicadas ferramentas de qualidade, incluindo análise de KPI, diagrama de Pareto, simulação de processo, árvore de falhas (FTA) e diagrama de Ishikawa. A causa raiz identificada foi o uso de caixas metálicas incompatíveis com a geometria das peças, gerando não conformidades. Como solução, desenvolveu-se um dispositivo espaçador, que eliminou 100% dos defeitos relacionados ao transporte nas amostras avaliadas (n = 2.400 peças). Os resultados comprovam a eficácia da abordagem na melhoria da qualidade e redução de perdas, com potencial de aplicação em outros processos industriais.

Palavras-chave: Guidões cromados; análise de causa raiz; melhoria da qualidade; indústria de motocicletas.

ABSTRACT. The motorcycle industry is economically significant in Brazil, with the Manaus Industrial Hub accounting for over 90% of national production. Surface finish quality, especially handlebar chrome plating, is essential for aesthetic and commercial value. This case study analyzed defects such as dents and scratches on chrome-plated handlebars during internal transport on the assembly line. Quality tools were applied, including KPI analysis, Pareto diagram, process simulation, fault tree analysis (FTA), and Ishikawa diagram. The root cause identified was the use of metal boxes incompatible with the parts' geometry, leading to nonconformities. As a solution, a spacer device was developed and implemented, eliminating 100% of transport-related defects in the evaluated samples (n = 2,400 pieces). The results confirm the effectiveness of the approach in improving quality and reducing losses, with potential for application in other industrial processes.

Keywords: Chrome-plated handlebars; root cause analysis; quality improvement; motorcycle industry.

Introdução

A indústria de motocicletas representa um setor econômico de grande porte e impacto global, com um mercado que continua a crescer exponencialmente. Países emergentes, como Brasil, Índia e China, lideram tanto a produção quanto o consumo de motocicletas, impulsionados pela sua acessibilidade e eficiência como meio de transporte em centros urbanos (Cadavid; Salazar-Serna, 2021; Grupo de Estudios Económicos sobre Asia Universidad de Los Andes, 2021; Rubaj, 2023)

No Brasil, o setor adquire relevância estratégica, gerando empregos e movimentando extensas cadeias produtivas (De Araújo et al., 2023). Notavelmente, o Polo Industrial de Manaus, na Zona Franca de Manaus, concentra mais de 90% da produção nacional de motocicletas, contribuindo significativamente para o desenvolvimento regional e a geração de milhares de empregos diretos e indiretos (Bruns Neto et al., 2024; De Araújo et al., 2023).

Além do impacto econômico, a indústria promove inclusão social por meio de oportunidades de formação técnica e absorção de mão de obra local, consolidando-se como uma ferramenta estratégica para reduzir desigualdades na região Norte. (Bruns Neto et al., 2024)

Diante da importância econômica e social do setor, um aspecto crítico é a qualidade dos componentes utilizados na fabricação de motocicletas. Estudos demonstram que a confiabilidade, durabilidade e o acabamento dos produtos são fatores cruciais para a satisfação e lealdade do consumidor (EBGC, 2018; Hoe; Mansori, 2018) .

Embora a segurança e o desempenho sejam pilares técnicos na decisão de compra, a estética do produto também exerce uma influência significativa (Pereira Carpes Júnior; -, [S.d.]; Suchánek; Richter; Králová, 2014).

Nesse aspecto, o acabamento superficial — com destaque para a cromagem — desempenha um papel fundamental. A cromagem é uma técnica de revestimento metálico que, além de conferir brilho e proteção contra corrosão, agrega valor visual e simbólico ao produto, contribuindo para seu posicionamento de mercado e justificando, muitas vezes, preços mais elevados. (Antonetti et al., 2021; Hoe; Mansori, 2018; Pereira Carpes Júnior; -, [S.d.])

Estudos em setores correlatos como eletrodomésticos e a indústria automotiva evidenciam que o acabamento é um fator de diferenciação, percebido pelos consumidores como um indicativo de qualidade e durabilidade e apontam que atributos como acabamento, brilho e ausência de imperfeições estão fortemente associados à

percepção de qualidade e à decisão de compra por parte dos consumidores. Portanto, mesmo defeitos superficiais, como arranhões, podem gerar devoluções, queda na satisfação do cliente e danos à imagem da marca. (Gomes et al., [S.d.]) Processos bem controlados, como a cromagem, por exemplo, garantem a resistência ao desgaste e um brilho duradouro (Antonetti et al., 2021)

Apesar da reconhecida importância estética e comercial do acabamento cromado, sua preservação ao longo do processo produtivo representa um desafio recorrente na indústria de motocicletas. A ocorrência de arranhões em guidões cromados, mesmo antes da montagem final dos produtos, ainda demanda atenção imediata no processo produtivo. Defeitos superficiais, embora não comprometam diretamente o funcionamento da motocicleta, afetam negativamente a estética, a percepção de valor e a aceitabilidade comercial do produto. Em muitos casos, peças com danos visuais mínimos precisam ser retrabalhadas ou descartadas, resultando em prejuízos produtivos e aumento de custos logísticos (Gomes et al., [S.d.]

Este trabalho apresenta um estudo de caso sobre os defeitos em peças cromadas na fabricação de motocicletas da empresa “Alpha”, localizada no polo industrial de Manaus. O foco é investigar e reduzir as falhas de qualidade, especialmente batidos e riscos nas peças, visando à diminuição do índice desses defeitos.

Materiais e métodos

A realização deste estudo de caso foi devidamente autorizada pela empresa “Alpha”, que permitiu o acesso às informações necessárias para a análise, respeitando os critérios éticos e de confidencialidade estabelecidos. A autorização formal reforça o compromisso da empresa com o desenvolvimento acadêmico e a colaboração com iniciativas de pesquisa voltadas à melhoria de processos e inovação. A metodologia adotada envolveu múltiplas ferramentas da qualidade, aplicadas em etapas sequenciais:

Análise dos Key Performance Indicator (KPI)

Inicialmente, a investigação concentrou-se na avaliação do indicador chave de desempenho (*Key Performance Indicator - KPI*) de Rejeição Externa. A etapa seguinte consistiu na avaliação detalhada dos defeitos reportados no setor produtivo. Os dados de não conformidade foram obtidos através dos registros de inspeção de qualidade e relatórios de produção. A análise foi conduzida em três níveis: primeiramente, identificou-se o modelo de motocicleta com a maior taxa de rejeição no setor produtivo através da comparação dos índices de rejeição por modelo produzido. Em seguida, para o modelo com maior incidência de rejeições, foram analisadas as peças específicas que apresentavam o maior número de ocorrências de defeitos. Por fim, os defeitos dessas peças críticas foram categorizados e quantificados, permitindo a identificação dos tipos de defeitos mais prevalentes.

Simulação do Processo Produtivo

Com a intenção de obter uma compreensão mais aprofundada do processo produtivo e identificar possíveis fatores contribuintes para as não conformidades, realizou-se uma visita ao setor de produção. Após a visita, aplicou-se uma simulação do processo com o intuito de identificar as causas raízes dos potenciais não conformidades observadas no fluxo de produção. Este teste envolveu a realização de questionamentos sistemáticos, seguindo a lógica de 'por que' para cada problema identificado, buscando a causa fundamental por trás da ocorrência. Participaram deste processo engenheiros de produção, técnicos de qualidade e operadores envolvidos nas etapas críticas do fluxo. As respostas obtidas foram registradas e analisadas para identificar padrões e as causas primárias dos problemas relacionados a batidas e riscos."

Análise de Árvore de Falhas (AAF)

Para uma avaliação minuciosa das causas da não conformidade, utilizou-se a Análise de Árvore de Falhas (AAF). Esta metodologia permite a representação gráfica e lógica

das possíveis sequências de eventos que poderiam levar à ocorrência da rejeição externa. A definição do evento topo da árvore de falhas, bem como dos eventos intermediários e básicos foi baseada nos dados históricos de falhas, nas observações realizadas durante a visita ao processo, nos insights obtidos através da simulação do processo e no conhecimento técnico dos especialistas da área.

Definição de Solução

Com base nas causas raízes identificadas, foi proposta uma solução com o objetivo de diminuir a ocorrência da não conformidade no Setor Produtivo. Essa solução foi elaborada considerando o principal fator contribuinte identificado nas etapas anteriores da investigação, visando uma intervenção específica no processo produtivo.

Desenvolvimento de Solução Técnica:

Com base nas causas identificadas, foram propostas três alternativas de solução. A proposta selecionada foi a confecção de um dispositivo espaçador metálico, avaliado quanto à viabilidade técnica, econômica, logística, ambiental e de segurança.

Amostragem e Validação Estatística

A etapa de validação da solução proposta foi estruturada por meio de amostragem semanal durante quatro semanas consecutivas, totalizando 2.400 peças inspecionadas, com 600 unidades por semana. Essa abordagem permitiu uma coleta sistemática e representativa, sem interferir na rotina operacional da linha de produção.

A definição do tamanho da amostra foi baseada em critérios estatísticos, utilizando análise de poder (power analysis) para garantir robustez metodológica. Considerando um nível de significância de 5% ($\alpha = 0,05$) e um poder estatístico mínimo desejado de 80% ($1 - \beta = 0,80$), a amostragem foi considerada suficiente para detectar diferenças mínimas de 1% na proporção de defeitos, com poder estatístico calculado de 99,95%.

Além da fundamentação estatística, o plano de amostragem adotado está em conformidade com as diretrizes da norma ABNT NBR 5426:1985 – Planos de Amostragem e Procedimentos na Inspeção por Atributos, bem como com a norma internacional ISO 2859-1, que estabelecem critérios para inspeção visual e por atributos em processos industriais. Essas normas recomendam tamanhos de amostra compatíveis com o risco e a criticidade do processo, assegurando representatividade estatística e confiabilidade na tomada de decisão.

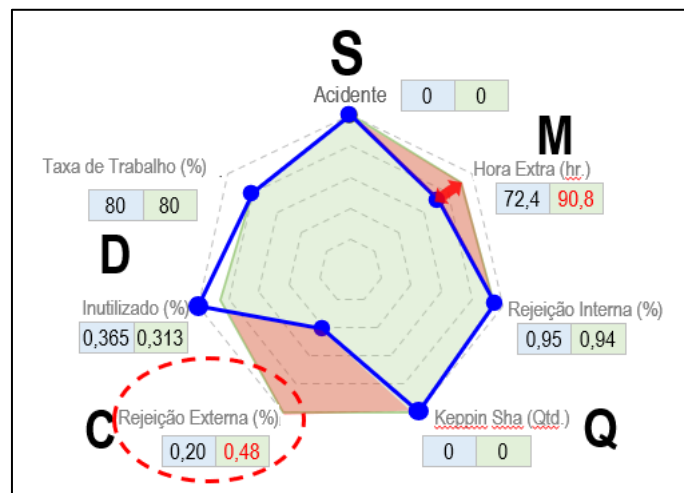
Resultados e discussão

Indicador-Chave de Desempenho

Os Indicador-Chave de Desempenho, são métricas usadas para avaliar o desempenho de uma atividade, processo ou organização em relação a metas estratégicas. Embora sejam tradicionalmente quantitativos, os KPIs também podem ser qualitativos, oferecendo insights mais amplos sobre aspectos subjetivos ou contextuais da performance. (Andrade; Sartori; Embiruçu, 2015; Da Silva Leão et al., 2023)

A Figura 1 mostra um gráfico em radar para a avaliação de desempenho em um setor de uma fábrica do polo de duas rodas. Os dados utilizados para a construção do gráfico foram extraídos diretamente do sistema de gestão da qualidade da empresa, referentes ao período de estágio. No gráfico, é possível avaliar que a meta estabelecida para a Rejeição Externa era de 0,2%, enquanto o desempenho observado durante o período analisado indicou um valor de 0,48%. Essa diferença aponta para uma não conformidade significativa para esse indicador.

Figura 1. Avaliação de desempenho para um setor de uma montadora do polo de duas rodas. Os dados em vermelho mostram desvios/falham acima do esperado.



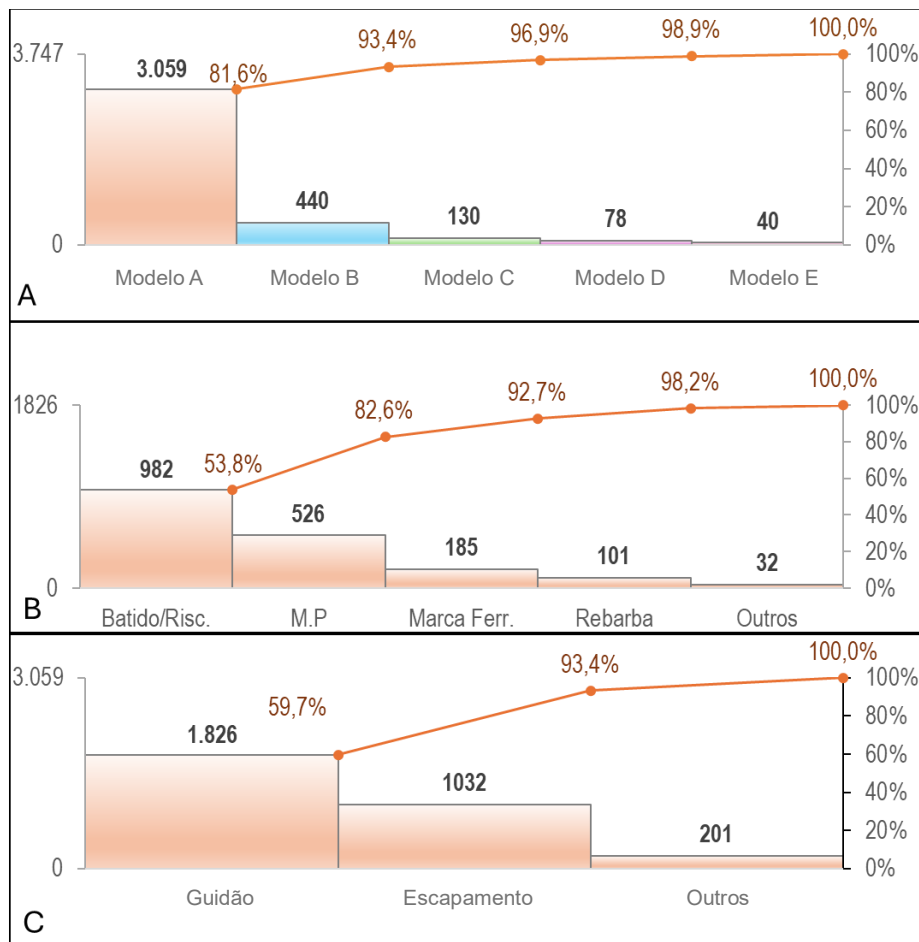
Fonte: O autor, 2024.

A partir dessa análise uma busca das causas das não conformidades foi iniciada. A coleta de material e avaliação foi, da mesma forma que a análise anterior, feita a partir de dados obtidos da empresa para o período avaliado.

A partir dos dados mostrados na Figura 2, foi possível observar que cerca de 81,6% dos defeitos são provenientes de um modelo em especial, denominado modelo A. Dessa linha, 53,8% das não conformidades estão associados a batidas e riscos (Figura 2 - B),

sendo o Guidão à peça com maior volume de não conformidade (Figura 2 - C). A análise, indica que os processos geradores de não conformidades estão associados ao manuseio das peças, mais do que ao processo de fabricação.

Figura 2. Ocorrências percentuais de não conformidades geradores de rejeição externa. A) Avaliação da ocorrência percentual de defeitos por modelo avaliado (nomes fictícios para preservação de propriedade da empresa). B) Tipo de defeito presente nas peças que mais apresentaram defeito. C) As peças que apresentam mais defeito, de acordo com o modelo selecionado anteriormente.



Fonte: O autor, 2024.

Ficou claro, após análises dos dados, que o processo de transporte estava fortemente associado as ocorrências de não conformidades nas peças cromadas produzidas na fábrica.

Análise de Árvore de Falhas (AAF)

Durante esta etapa de investigação, foi empregada a técnica de Análise de Árvore de Falhas (do inglês, Fault Tree Analysis, FTA). O objetivo foi identificar as sequências de eventos que poderiam culminar na ocorrência de não conformidades. Cada etapa foi verificada contra registros técnicos e documentações de padrões de serviço, análises laboratoriais e planos de manutenção.

A Árvore de Falhas que conectava causas intermediárias, eventos básicos e respectivas validações operacionais pode ser consultado no Anexo I.

O sistema de causas foi segmentado em cinco grandes categorias:

- Problemas relacionados à matéria-prima;
- Métodos de armazenagem inadequados;
- Falhas no processo de rebarbação;
- Equipamentos de contato com superfície da peça;
- Padrões inadequados de manuseio.

As causas básicas associadas incluíram:

- Perda de resistência do material (validado por análise laboratorial);
- Contaminação;
- Tamanho de caixas incompatível com a geometria da peça;
- Instruções inadequadas;
- Pressão excessiva nas caixas
- Lubrificação insuficiente;
- Ausência de equipamentos de proteção individual (EPIs) adequados.

Cada evento básico foi confrontado com validações técnicas. A Tabela 1 resume os resultados obtidos:

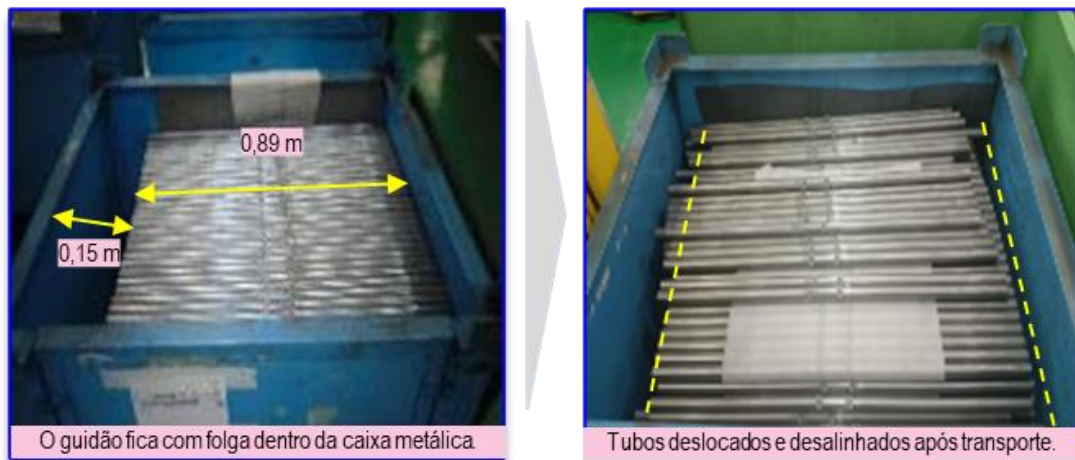
Tabela 1. Resultados da análise de árvore de falhas. NG “significa não conforme”.

Evento Básico	Validação Aplicada	Status
Material com perda de resistência	Relatório de Análise Laboratorial	OK
Tamanho de caixas incompatível	Padrão do processo / Espaçamento da Caixa Metálica	NG
Instruções inadequadas	Guias Técnicas	OK
Pressão excessiva	Relatório de Manutenção Preventiva	OK
Rebarba em excesso	Manutenção das Máquinas	OK
EPI inadequado (manuseio)	Registro de EPI (luvas)	OK

Fonte: O autor, 2024

A única não conformidade foi registrada no controle de armazenagem, onde o padrão de caixas utilizadas não era compatível com as dimensões das peças (Figura 3), favorecendo o deslocamento, empilhamento inadequado e, por consequência, danos mecânicos.

Figura 3. Identificação de falha de conformidade durante o transporte de guidão cromado. A caixa de armazenamento e transporte é maior do que a dimensão do guidão, permitindo deslocamento e, conseqüentemente, arranhões.

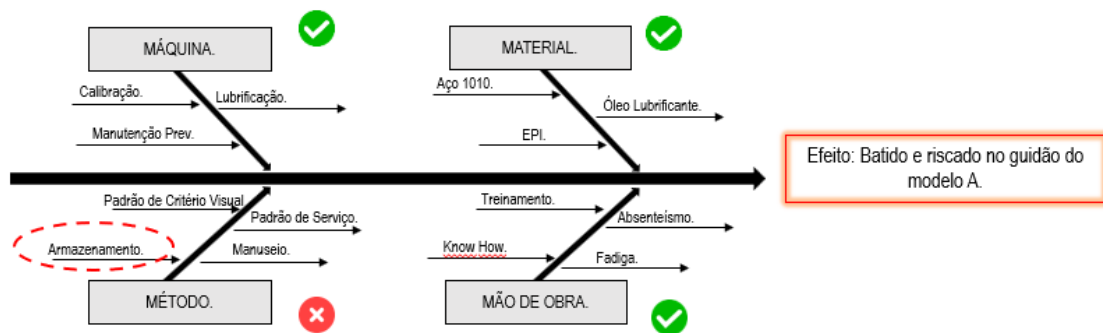


Fonte: O autor, 2024

Diagrama de Ishikawa

A representação pelo diagrama de Ishikawa, conforme mostrado na Figura 4, reforça a categorização das causas do dano. Neste diagrama, apenas a categoria “Método” foi marcada com não conformidade marcado na com um X vermelho, enquanto Máquina, Material e Mão de Obra foram validados como “conforme”. A integração dos dois modelos (FTA e Ishikawa) permite uma triangulação robusta das causas da falha. Ambos apontam o método de acondicionamento e transporte interno como a única área com falhas detectadas.

Figura 4. Diagrama de espinha de peixe (Ishikawa). Os principais fatores analisados são: Máquina, material, método, mão de obra. A área destacada em vermelho ao final da "espinha" aponta para o efeito



Fonte: O autor, 2024

Propostas de Soluções

A partir da avaliação dos casos mencionados, algumas propostas de soluções foram avaliadas, sendo elas:

Proposta 1 - Confecção de Caixas Metálicas exclusiva para o Modelo A;

Proposta 2 – Preenchimento do espaço vazio com Polionda;

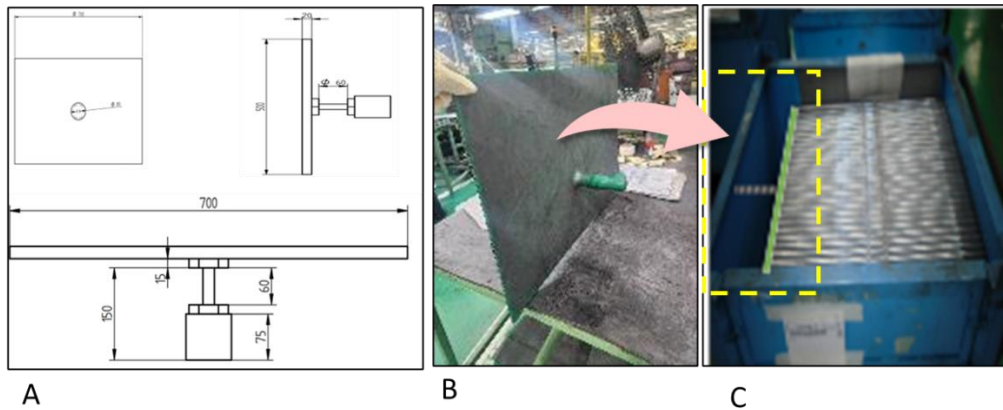
Proposta 3 - Confecção de um dispositivo espaçador.

As mesmas propostas passaram por avaliação de viabilidade, baseada em cinco critérios principais:

- Atendimento a Segurança
- Não impactar na Logística
- Garantir a Qualidade da peça
- Inofensivo ao meio ambiente
- Baixo Custo

Chegou-se à conclusão de que apenas proposta 3 atendia todos os critérios com viabilidade técnica, financeira e ambiental, sendo a solução recomendada. Sendo assim, a elaboração de um dispositivo espaçador, conforme esquema da figura 5. O dispositivo é constituído por uma placa de aço e uma barra perpendicular, a qual é composta por dois cilindros com acoplamento rosqueado.

Figura 5. Dispositivo espaçador. (A) Desenho técnico esquemático do dispositivo com suas dimensões. (B) Protótipo do dispositivo fabricado. (C) Dispositivo em avaliação funcional.



Fonte: O Autor, 2024.

Análise por Amostragem dos Resultados

Devido ao tempo reduzido para realização da análise, optou-se pela amostragem de peças durante o intervalo de almoço do colaborador. Essa abordagem permite a coleta de dados representativos sem impactar o andamento do processo produtivo, garantindo que a verificação ocorra de forma eficiente e sem interferência nas atividades operacionais. A amostragem foi realizada semanalmente por um período de 4 semanas (um mês), com intervalos de 7 dias. Em cada amostragem, foram avaliadas 700 peças, escolhidas aleatoriamente, totalizando 2.400 peças avaliadas no período inteiro. Nenhum defeito de riscado ou amassado, rastreável ao processo de transporte, foi encontrado para o período avaliado significando a redução de 100% nos defeitos avaliados.

Desempenho do Indicador de Qualidade

A análise do KPI de Rejeição Externa revelou uma taxa de 0,48%, acima da meta de 0,2%, indicando uma não conformidade significativa no processo produtivo. Esse desvio motivou a investigação detalhada das causas, com foco no modelo de motocicleta com maior índice de defeitos.

Identificação de Modelo Crítico

A análise de Pareto mostrou que 81,6% dos defeitos estavam concentrados no Modelo A, sendo 53,8% relacionados a batidas e riscos em guidões cromados. A peça foi identificada como o principal ponto de falha estética, com impacto direto na percepção de qualidade e valor comercial.

Categorização das Causas

A aplicação da FTA e do Diagrama de Ishikawa permitiu identificar como causa raiz a incompatibilidade entre o tamanho das caixas metálicas e a geometria dos guidões, gerando deslocamento e atrito entre peças durante o transporte interno. Essa falha foi validada como não conforme e categorizada na dimensão “Método”.

Proposta de Solução Técnica

Três alternativas foram avaliadas:

- Confeção de caixas metálicas exclusivas;
- Preenchimento com polionda;
- Desenvolvimento de um dispositivo espaçador metálico.

A terceira proposta foi selecionada por atender aos critérios de segurança, qualidade, custo, logística e sustentabilidade. O dispositivo foi projetado com base em princípios de engenharia mecânica e submetido à avaliação funcional.

Validação da Solução

A solução foi validada por meio de amostragem semanal durante quatro semanas, totalizando 2.400 peças inspecionadas. A análise estatística indicou poder de 99,95% para detectar diferenças mínimas de 1% na proporção de defeitos, com nível de significância de 5%. Nenhum defeito relacionado ao transporte foi identificado, confirmando a eficácia da intervenção.

Interpretação Crítica e Comparação com Literatura

Estudos na indústria automotiva e de eletrodomésticos também apontam o transporte interno como fonte recorrente de falhas superficiais em peças com acabamento metálico. Batista (2016) destaca que falhas de acondicionamento são responsáveis por até 40% dos retrabalhos em linhas de montagem automotiva. A aplicação de metodologias como FMEA e FTA é recomendada para mitigar esses riscos, conforme abordado por Araújo (2025).

Além disso, segundo Magnus (2024), o retrabalho pode representar até 5% do tempo produtivo e gerar perdas financeiras significativas, especialmente em processos com acabamento sensível como a cromagem.

Impactos Quantitativos da Solução

A implementação do dispositivo espaçador resultou em:

- Redução de 53,8% nas rejeições por batidas/riscos no Modelo A.

- Eliminação de 100% dos defeitos relacionados ao transporte nas amostras avaliadas.
- Economia estimada de até 5% no tempo de inspeção e retrabalho, com potencial de redução de custos operacionais e logísticos.
- Melhoria na eficiência da linha de montagem, com menor necessidade de intervenção corretiva e maior previsibilidade na qualidade final.

Conclusão

A presente investigação abordou o problema recorrente de danos superficiais, especificamente arranhões e batidas, em guidões cromados do modelo A numa linha de montagem de motocicletas no Polo Industrial de Manaus. Foi realizado com base em um único modelo de motocicleta, selecionado por sua relevância dentro do escopo da pesquisa. O período de observação foi limitado a três meses, o que permitiu uma análise inicial dos dados e processos relacionados, respeitando os limites de tempo disponíveis para a execução do trabalho.

Utilizando o Diagrama de Ishikawa, identificou-se como causa raiz o acondicionamento em caixas metálicas incompatíveis para o transporte interno, uma falha de método validada como não conforme.

Foi constatado que o método de acondicionamento e transporte interno das peças, especificamente o uso de caixas metálicas com dimensões incompatíveis com a geometria dos guidões, era o principal fator contribuinte para os defeitos, levando ao deslocamento e contato entre as peças.

A implementação de um dispositivo espaçador customizado demonstrou alta eficácia, onde 53,8% de problemas relacionado a Batido/ou Riscado no transporte, foram reduzidos para 0% nas amostras avaliadas e resolvendo um problema crítico de qualidade e custo.

O estudo de caso evidência como a aplicação de ferramentas de análise de causa raiz pode levar a soluções práticas e de impacto significativo na redução de perdas e na melhoria da qualidade no setor de motocicletas. Demonstra, ainda, a relevância de se atentar aos detalhes de processos aparentemente secundários, como o transporte interno.

As conclusões deste trabalho podem servir de referência para outras linhas de produção ou indústrias que enfrentam desafios similares com danos em componentes durante o processo fabril, incentivando a cultura da melhoria contínua e a valorização da qualidade em todas as etapas da produção.

Este estudo de caso abordou o problema recorrente de danos superficiais — especialmente arranhões e batidas — em guidões cromados durante o transporte interno na linha de montagem de motocicletas do Modelo A, no Polo Industrial de Manaus. A investigação foi conduzida com base em ferramentas de qualidade como

KPI, Pareto, FTA e Ishikawa, permitindo a identificação da causa raiz: o uso de caixas metálicas incompatíveis com a geometria das peças.

A solução proposta, um dispositivo espaçador metálico, foi desenvolvida e validada por meio de amostragem estatisticamente robusta, conforme normas ABNT NBR 5426:1985 e ISO 2859-1. A análise de poder estatístico indicou confiabilidade superior a 99,95% para detectar defeitos mínimos, reforçando a eficácia da intervenção.

Os resultados demonstraram uma redução de 53,8% nas rejeições por batidas/riscos e a eliminação de 100% dos defeitos relacionados ao transporte nas amostras avaliadas. Além disso, estima-se uma economia de até 5% no tempo de inspeção e retrabalho, com impacto direto na produtividade e nos custos operacionais.

A comparação com estudos de setores como automotivo e eletrodomésticos confirma que falhas de acondicionamento são causas recorrentes de retrabalho e perdas financeiras, especialmente em peças com acabamento sensível como a cromagem. Assim, este trabalho reforça a importância de se considerar o transporte interno como etapa crítica no controle de qualidade.

A contribuição científica do estudo reside na aplicação prática de ferramentas de análise de causa raiz para resolução de problemas industriais, com potencial de replicação em outras linhas de produção. Os resultados obtidos incentivam a cultura da melhoria contínua e demonstram como intervenções simples, quando bem fundamentadas, podem gerar impactos significativos na qualidade e na eficiência produtiva.

Referências

ANDRADE, Eron Passos; SARTORI, Isabel; EMBIRUÇU, Marcelo. Avaliação de desempenho por indicadores-chave de desempenho, benchmarking e scorecard. *Cadernos de Prospecção*, Salvador, v. 8, n. 3, p. 502–515, set. 2015. Disponível em: <https://periodicos.ufba.br/index.php/nit/article/view/12543/0>. Acesso em: 9 out. 2025.

ANTONETTI, Evandro et al. Análise dos processos de cromagem, niquelagem, zincagem e estanhagem. *Brazilian Journal of Development*, Curitiba, v. 7, n. 10, p. 96828–96839, out. 2021. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/232695?show=full>. Acesso em: 9 out. 2025.

DA SILVA LEÃO, Airton Pereira et al. Power BI para tomada de decisões estratégicas: análise de indicadores-chave de desempenho (KPIs). *Revista Foco*, v. 16, n. 7, p. e2472, jul. 2023. Disponível em: <https://ojs.focopublicacoes.com.br/foco/article/view/2472>. Acesso em: 9 out. 2025.

EBGC, Reiga Ritomiea Ariescy. Satisfaction and loyalty of Honda motorcycle consumers in Jember. *Journal of Economics, Business, and Government Challenges*, v. 1, n. 02, p. 74–82, nov. 2018. Disponível em: <https://ebgc.upnjatim.ac.id/index.php/ebgc/article/view/327>. Acesso em: 9 out. 2025.

5. CADAVID, Lorena; SALAZAR-SERNA, Kathleen. Mapping the research landscape for the motorcycle market policies: sustainability as a trend—a systematic literature review. *Sustainability (Switzerland)*, v. 13, n. 19, p. 10813, set. 2021. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/354962472>. Acesso em: 9 out. 2025.

HOE, Ling Chen; MANSORI, Shaheen. The effects of product quality on customer satisfaction and loyalty: evidence from Malaysian engineering industry. *International Journal of Industrial Marketing*, v. 3, n. 1, p. 20–35, nov. 2018. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/329208287>. Acesso em: 9 out. 2025.

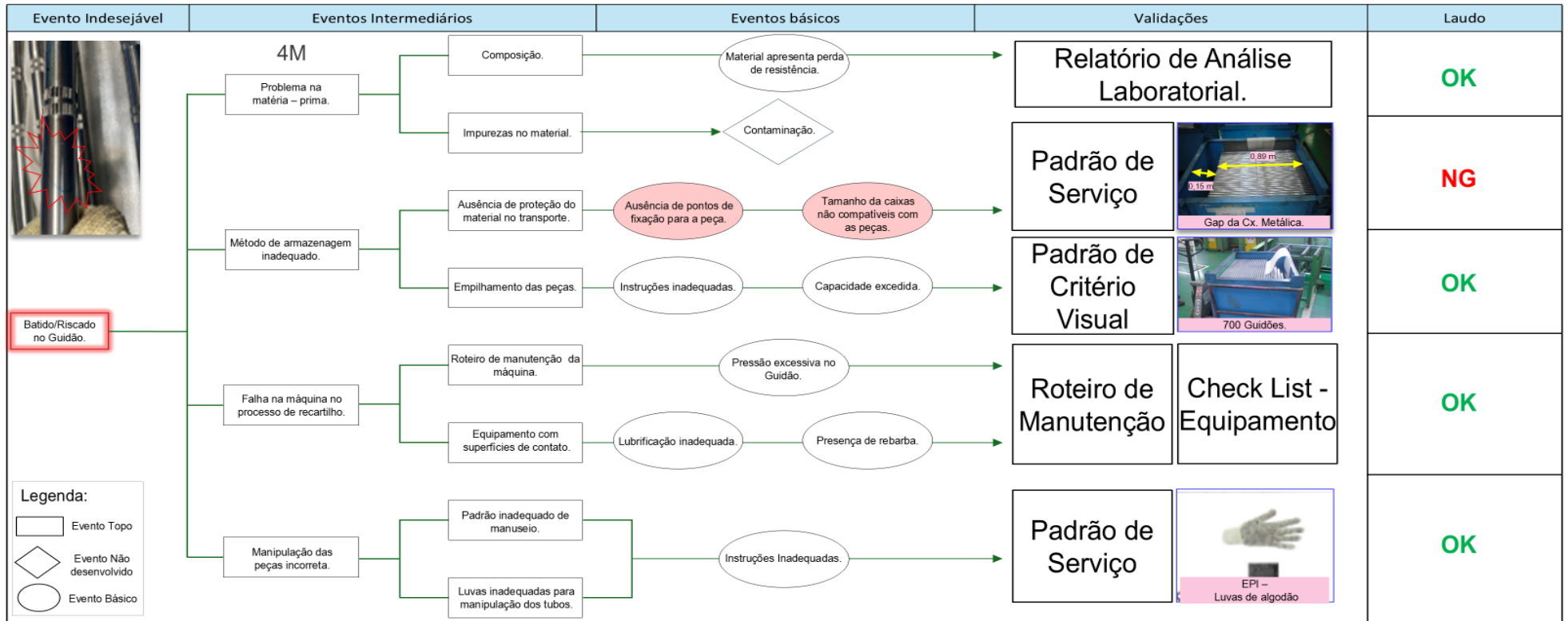
GRUPO DE ESTUDIOS ECONÓMICOS SOBRE ASIA. India-América Latina: relación comercial e inversión. 1. ed. Caracas: Universidad de los Andes, 2021. Disponível em: <https://www.observatorioasiapacifico.org/pt/documentos-e-livros/india-america-latina-relacion-comercial-e-inversion-pt/>. Acesso em: 9 out. 2025.

GOMES, Rebeca et al. A percepção visual do ambiente como influência na experiência do cliente. [S.l.: s.n.]. Disponível em: <http://lattes.cnpq.br/1932394033484966>. Acesso em: 9 out. 2025. BATISTA, J. Falhas de acondicionamento em linhas automotivas. 2016. Disponível em: <http://repositorio.unesp.br>. Acesso em: 27 out. 2025.

ARAÚJO, M. Aplicação de FMEA e FTA na indústria automotiva. 2025. Disponível em: <<http://abcindustria.com>>. Acesso em: 27 out. 2025.

MAGNUS, R. Impacto do retrabalho em processos de cromagem. 2024. Disponível em: <<http://genyo.com.br>>. Acesso em: 27 out. 2025

Anexo 1. Diagrama de Causa e Efeito para o defeito 'Riscado no Guidão', identificando 'Tamanho de caixas não compatíveis com as peças' como uma causa raiz com laudo 'NG' (Não Conforme) após validação."



Fonte: O autor, 2024.