



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CAMPUS AGRESTE
NÚCLEO DE TECNOLOGIA
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

BRUNO LEANDRO DE AGUIAR BRAZ

**MELHORIA NO CONTROLE DE RECEBIMENTO DE PLACAS DE BATERIAS DE
CHUMBO: Redução da Variação entre Quantidade Etiquetada e Valor Real**

Caruaru
2025

BRUNO LEANDRO DE AGUIAR BRAZ

MELHORIA NO CONTROLE DE RECEBIMENTO DE PLACAS DE BATERIAS DE

CHUMBO: Redução da Variação entre Quantidade Etiquetada e Valor Real

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Coordenação do Curso de
Engenharia de Produção do Campus
Agreste da Universidade Federal de
Pernambuco – UFPE, na modalidade de
monografia, como requisito parcial para a
obtenção do grau de bacharel em
Engenharia de Produção.

Área de concentração: Núcleo de tecnologia.

Orientador: Osmar Veras Araujo

Caruaru

2025

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do programa de geração automática do SIB/UFPE

Braz, Bruno leandro de Aguiar.

Melhoria no Controle de Recebimento de Placas de Baterias de Chumbo:
Redução da Variação entre Quantidade Etiquetada e Valor Real / Bruno leandro de
Aguiar Braz. - Caruaru, 2025.

58 p.

Orientador(a): Osmar Veras Araújo

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de
Pernambuco, Centro Acadêmico do Agreste, Engenharia de Produção, 2025.

8.

1. Logística interna. 2. Controle estatístico de processos. 3. melhoria contínua.
4. Relação cliente-fornecedor. I. Araújo, Osmar Veras. (Orientação). II. Título.

620 CDD (22.ed.)

BRUNO LEANDRO DE AGUIAR BRAZ

“Melhoria no Controle de Recebimento de Placas de Baterias de Chumbo: Redução da Variação entre Quantidade Etiquetada e Valor Real”

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Coordenação do Curso de
Engenharia de Produção do Campus
Agreste da Universidade Federal de
Pernambuco – UFPE, na modalidade de
monografia, como requisito parcial para a
obtenção do grau de bacharel em
Engenharia de Produção.

Aprovado em: Aprovada em: 29/08/2025 às 11:20h

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Osmar Veras Araujo
Universidade Federal de Pernambuco

Profa Dra. AMANDA CARVALHO MIRANDA
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. ANDRE PHILIPPI GONZAGA DE ALBUQUERQUE
Universidade Federal de Pernambuco

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, gostaria de expressar minha eterna gratidão aos meus pais, Edimilson Braz e Dilma Gomes, pilares fundamentais em minha vida. Seu amor incondicional, os inúmeros sacrifícios e o constante incentivo foram decisivos para que eu pudesse ingressar e permanecer na universidade. Tudo o que sou hoje - pessoal, profissional e moralmente - devo a vocês, que sempre foram meu alicerce e minha maior inspiração.

Aos meus queridos irmãos, Camila e Mauricio, meu profundo agradecimento pelo apoio inabalável em todos os momentos. Seja nos desafios acadêmicos ou nas questões pessoais, sempre pude contar com seu incentivo e compreensão.

A minha turma original, que se tornaram mais que simples companheiros de jornada acadêmica. Sem ninguém soltar a mão de ninguém, enfrentamos inúmeras dificuldades e permanecemos unidos e sempre colaborando uns com os outros. Em especial ao grupo das "meninas", que me acolheu com tanto carinho e fez desta graduação um período que guardarei para sempre em minha memória com enorme afeto. E a Marcos Guimarães, que transcendeu a posição de colega para se tornar um verdadeiro irmão - seu apoio constante foi um dos maiores responsáveis por eu ter conseguido superar esta etapa com sucesso.

Gostaria de agradecer também a Thaise Suanne que antes mesmo do meu início, já acreditou em mim, e me fez seguir esse sonho.

Os meus amigos próximos, que por mais que não tenham participado diretamente da minha formação, sempre estiveram me incentivando e me apoiando.

Ao Professor Orientador Osmar Veras, meu sincero reconhecimento pela orientação valiosa, pela paciência e pela disponibilidade demonstradas ao longo de todo o desenvolvimento deste trabalho. Sua expertise e dedicação foram fundamentais para a conclusão desta pesquisa.

Ao meu antigo gestor e orientador Walderik Severo, expresso minha profunda gratidão pela oportunidade de demonstrar meu potencial e por ter sido peça essencial na realização deste trabalho.

E por fim, a Larissa almeida, a entropia do destino não permitiu você para ver esse desfecho, porém saiba que te agradeço imensamente as nossas conversas e por me permitir ver o mundo de outra forma.

RESUMO

Este estudo abordou um desafio da logística interna no recebimento de placas de chumbo em uma unidade produtiva de baterias, onde partia do pressuposto de que havia grandes discrepâncias entre a quantidade etiquetada e a quantidade recebida. A pesquisa teve o foco desenvolver uma abordagem baseada em dados para embasar negociações com o fornecedor, combinando o controle estatístico de processos e metodologias de melhoria contínua. Utilizando ferramentas estatísticas, incluindo análise de variância e gráficos de controle, o estudo possibilitou quantificar as variações nos processos de recebimento. Toda essa estrutura foi montada e baseada utilizando um sistema baseado nos princípios do WCM, Kaizen e PDCA, mostrando o fluxo logístico interno, e na padronização de procedimentos. Essa abordagem permitiu diagnosticar as causas raízes das divergências, e estabeleceu um sistema de controle preventivo mostrando formas de resolução de problemas baseadas em dados e com custo operacional praticamente nulo. Os resultados demonstram a viabilidade de utilizar ferramentas de qualidade juntamente com métodos estatísticos de baixo custo em ambientes logístico complexos e de grande volume de produção e recebimento. A abordagem combinada permitiu não apenas diagnosticar as causas fundamentais das divergências, mas também estabelecer mecanismos de controle preventivo. A metodologia incluiu ainda a capacitação dos operadores em técnicas de contagem e registro, além da implementação de verificações cruzadas nos pontos críticos da cadeia de suprimentos interna. Os resultados demonstraram a viabilidade de harmonizar os princípios do controle estatístico com as práticas de melhoria contínua em ambientes logísticos complexos, oferecendo um modelo replicável para outras operações industriais que enfrentam desafios similares de acurácia no recebimento de materiais. Ao fim do trabalho foi possível reduzir a variação entre valor real e quantidade no sistema de 5,6% para 0,57%, o que representa um grande impacto tendo em vista o grande volume de placas que são transferidas.

Palavras-Chave: Logística interna; Controle estatístico de processos; melhoria contínua; Relação cliente-fornecedor.

ABSTRACT

This study addressed an internal logistics challenge in the receipt of lead plates in a battery production unit, where there were significant discrepancies between the labeled quantity and the quantity actually received. The research focused on developing a data-driven approach to support supplier negotiations, combining statistical process control and continuous improvement methodologies. Using statistical tools, including variance analysis and control charts, the study quantified variations in the receiving process. The framework was structured based on the principles of WCM, Kaizen, and PDCA, emphasizing internal logistics flow and standardized procedures. This approach enabled the diagnosis of root causes of discrepancies and established a preventive control system, presenting problem-solving methods grounded in data and with virtually no operational cost. The results demonstrated the feasibility of using quality tools alongside low-cost statistical methods in complex logistics environments with high volumes of production and receiving. The combined methodology not only diagnosed the fundamental causes of discrepancies but also created preventive control mechanisms. Additionally, the study included operator training in counting and recording techniques, as well as the implementation of cross-checks at critical points of the internal supply chain. The results confirmed the viability of harmonizing statistical control principles with continuous improvement practices in complex logistics environments, offering a replicable model for other industrial operations facing similar accuracy challenges in material receiving. By the end of the project, the variation between actual and labeled quantities was reduced from 5.6% to 0.57%, representing a significant impact considering the large volume of plates transferred.

Keywords: Internal logistics; Statistical process control; Continuous improvement; Customer-supplier relationship.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Diagrama de Ishikawa	19
Figura 2 - Metodologia do estudo dentro do ciclo PDCA	21
Figura 3 - Gráfico Ishikawa para divergência de placas de chumbo	30
Figura 4 - Coleta de dados amostrais e valores das etiquetas	31
Figura 5 - Modelos de placas avaliados vs a sua representatividade no todo	36
Figura 6 - cavalete de placas	37
Figura 7 - molho de placas	37
Figura 8 - Sequência de contagem	38
Figura 9 - Evidências da pesagem de placas	39
Figura 10 - Identificação da quantidade de placas pelo APP	40
Figura 11 - Aplicativo em Power APPS para armazenar os dados das contagens	41
Figura 12 - Dashboard de acompanhamento da variação	42
Figura 13 - Folha de Instrução Operacional	43
<i>Figura 14 - Boxplot para acompanhamento visual</i>	45
Figura 15- Histograma dos dados das diferenças antes da mudança	46
Figura 16 - Cavalete de placas considera outlier (retrabalho)	47
Figura 17 - Variação de placas com outliers vs variação de placas sem outliers	47
Figura 18 - média da variação de placas por cavalete	49
Figura 19 - Histograma dos dados das diferenças depois da mudança	50
Figura 20 - QQPlot dos dados das diferenças antes da mudança	51
Figura 21 - QQPlot dos dados das diferenças depois da mudança	52

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – quadro de registro do Brainstorming	29
Quadro 2 - Aplicação do método dos 5 Porquês para análise de causa raiz.	34
Quadro 3 - Plano de ação	48

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Inventário de placas de chumbo em meses anteriores	28
Tabela 2 - Dados para cálculo amostral	33

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

SKUs	Stock Keeping Units (Unidades de Manutenção de Estoque)
NVA	Non-Value-Added (Atividades que não agregam valor)
SAP	Systems, Applications and Products (Sistemas, Aplicações e Produtos em Processamento de Dados)
ERP	Enterprise Resource Planning (Planejamento de Recursos Empresariais)
PDCA	Plan-Do-Check-Act (Planejar-Fazer-Verificar-Agir)
5W1H	What-When-Where-Who-Why-How (O quê-Quando-Onde-Quem-Por quê-Como)
IoT	Internet of Things (Internet das Coisas)
WMS	Warehouse Management System (Sistema de Gerenciamento de Armazém)
SCM	Supply Chain Management (Gestão da Cadeia de Suprimentos)
BI	Business Intelligence (Inteligência de Negócios)
IA	Inteligência Artificial
UN01	Unidade Produtiva 1 (Fornecedora)
UN10	Unidade Produtiva 10 (Cliente)
KPI	Key Performance Indicator (Indicador-Chave de Performance)

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	13
2	OBJETIVOS.....	15
2.1	OBJETIVO GERAL:	15
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS:	15
3	REFERENCIAL TEÓRICO	16
3.1	WCM MOURA.....	16
3.2	GESTÃO DE ESTOQUES E ACURACIDADE.....	18
3.3	METODOLOGIAS DE MELHORIA CONTÍNUA: KAIZEN.....	18
3.4	METODOLOGIAS DE MELHORIA CONTÍNUA: PDCA.....	20
3.5	METODOLOGIA 5G.....	22
3.6	CONTROLE ESTATÍSTICO NA GESTÃO DE RECEBIMENTO.....	23
3.7	TECNOLOGIAS APLICADAS À LOGÍSTICA	24
3.8	ALINHAMENTO INTERDEPARTAMENTAL NA GESTÃO LOGÍSTICA	26
4	METODOLOGIA	28
4.1	DIRECIONADOR	28
4.2	IDENTIFICAÇÃO DO PROBLEMA.....	29
4.2.1	<i>FERRAMENTAS DA QUALIDADE.....</i>	<i>29</i>
4.2.2	<i>BRAINSTORMING</i>	<i>29</i>
4.2.3	<i>ANÁLISE DAS CAUSAS RAÍZES – DIAGRAMA DE ISHIKAWA (4M).....</i>	<i>30</i>
4.2.4	<i>5G.....</i>	<i>31</i>
4.2.5	<i>5W1H</i>	<i>33</i>
4.2.6	<i>5 WHY.....</i>	<i>34</i>
4.3	SELEÇÃO DA AMOSTRA.....	35
4.4	COLETA DOS DADOS.....	36
4.5	PESAGEM	38
4.6	CONTAGEM DE MOLHOS	39
4.7	DESENVOLVIMENTO DE UMA FOLHA DE INSTRUÇÃO OPERACIONAL	
	42	
5	RESULTADOS.....	44
5.1	ANÁLISE INICIAL DOS DADOS.....	44
5.2	ANÁLISE EXPLORATÓRIA DOS DADOS	44
5.3	ANÁLISE DE HISTOGRAMA	45

5.4	PRIMEIRAS TRATATIVAS	46
5.5	AÇÕES E CONTRAMEDIDAS	47
5.6	RESULTADOS PÓS-ACORDO.....	49
5.6.1	<i>COMPARAÇÃO POR GRÁFICO DA CURVA NORMAL</i>	50
5.6.2	<i>COMPARAÇÃO POR BOXPLOT</i>	51
5.7	ANÁLISE DO INVENTÁRIO DE PLACAS	53
6	CONCLUSÃO	54
	REFERÊNCIAS.....	56

1 INTRODUÇÃO

A fabricação de baterias de chumbo-ácido passa por diversos processos antes de se obter o produto final, que vão desde a produção do óxido de chumbo, produção das grades, preparo da massa ativa, empaste e cura das placas até os processos de secagem montagem, formação e acabamento. Cada uma dessas etapas influencia diretamente na qualidade e desempenho do produto, sendo necessário para compreender a complexidade do processo produtivo para contextualizar a importância da acuracidade no recebimento das placas de chumbo, que é foco deste estudo (BASTOS, 2022). Na unidade produtiva estudada (UN10) de forma geral as etapas consistem em: Laminação de chumbo; onde são gerados os lingotes de chumbo, Montagem das baterias, onde a estrutura da bateria é montada e as placas de chumbo são interligadas, Formação onde as baterias são energizadas; Acabamento, onde a bateria é finalizada e embalada. Todos os processos dessa cadeia produtiva são necessários para a entrega do produto, isso significa que quanto mais próximo do início da cadeia produtiva, maior a atenção necessária e maior o risco envolvido no recebimento da matéria prima.

Neste trabalho, são propostas soluções embasadas em dados amostrais, com o objetivo de reduzir a variação no recebimento das placas de chumbo entre unidades de fabricação. Essas variações comprometem a precisão do controle de estoque e dos insumos que seguirão na cadeia produtiva.

As placas de chumbo são insumos críticos, sendo um dos primeiros itens na linha de produção. Erros no recebimento desses materiais podem causar impactos significativos em toda a cadeia produtiva. A contabilização incorreta resulta em custos ocultos, como recontagens frequentes, atrasos na produção e perda de confiabilidade nos registros e no sistema de gestão. Além disso, a variação no inventário pode gerar custos adicionais, refletindo no preço final do produto e comprometendo a competitividade e as metas de desempenho da unidade produtiva. Quando ocorre uma variação significativa entre a quantidade registrada e a quantidade real recebida, o impacto no inventário gera um desvio capitalizado e riscos operacionais, incluindo paradas na linha de produção.

Historicamente, a gestão de inventário utilizou métodos manuais por um longo período. porém com o passar do tempo e com avanços na forma com que a gestão

de estoque é feita, surgiram técnicas como a utilização de cartões de controle e sistemas utilizando códigos de barra, muitas vezes integrando a um sistema ERP, sendo também muitas vezes utilizado o método Kanban como ferramenta de gestão de materiais. Nesse contexto, o método Kanban se destaca como uma ferramenta eficiente para a gestão de materiais. Segundo Da Silva e De Macedo Anastácio (2019), "a principal vantagem dos kanbans no processo de fabricação é que os operários não precisam pensar nem tentar adivinhar qual é o programa de produção. Simplesmente seguem os pontos de partida e a sequência de cartões." Esse método contribui para reduzir desperdícios e pode aumentar a eficiência na gestão dos estoques, garantindo maior precisão no controle dos insumos.

A integração entre unidades de produção e setores pode apresentar divergências em metas e entregas. Nesse caso, esse trabalho vai além da verificação dos dados, ele visa o alinhamento entre unidades produtivas de setores diferentes, com o objetivo de encontrar uma solução viável para todos envolvidos no processo.

A solução proposta é prática, de baixo custo e tem como objetivo reduzir a variação entre a quantidade de placas de chumbo informada nas etiquetas (saldo no sistema ERP) e a quantidade efetivamente recebida para quase 0%. A abordagem adotada combina análise de dados, estatística e negociação com o fornecedor, minimizando discrepâncias. Além dos ganhos financeiros, a solução contribui para um processo produtivo mais preciso e eficiente, resolvendo um problema identificado desde 2016, quando a unidade produtiva foi implantada.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL:

Reduzir a variação entre a quantidade etiquetada e a quantidade real de placas de chumbo recebidas em uma empresa de Baterias no agreste de Pernambuco, garantindo maior acuracidade no controle de insumos entre unidades do grupo empresarial.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Identificar e quantificar as diferenças entre as quantidades etiquetadas e reais de placas de chumbo.
- Analisar as possíveis causas dessas variações.
- Desenvolver e implementar uma solução para reduzir a variação, considerando a viabilidade técnica e operacional.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

O referencial teórico é a estrutura que sustenta a pesquisa, fornecendo teorias, estudos e conceitos que serão utilizados ao longo do trabalho para sustentar ideias e dar suporte para que o estudo seja conduzido da forma mais coerente possível. Para este trabalho, foram utilizados fundamentos relacionados à gestão de estoques, controle estatístico de processos, metodologias de melhoria contínua, ferramentas da qualidade e aplicação de tecnologias aplicadas à logística. Além disso, a base de elaboração de projetos da empresa estudada apoia-se fortemente na metodologia World Class Manufacturing (WCM), um sistema de produção voltado para a excelência operacional, que busca eliminar perdas, otimizar processos e aumentar a competitividade por meio de pilares técnicos e gerenciais interligados. O WCM se integra aos fundamentos já citados através de pilares. O WCM propõe práticas de melhoria contínua de forma estruturada, dividida em passos, integrando o controle de qualidade, manutenção, logística, segurança, logística e outras áreas fabris, o que reforça a importância de monitorar indicadores e reduzir variações no processo produtivo (MOURA, 2019).

3.1 WCM MOURA

Segundo Martins (2016), o World Class Manufacturing (WCM) – Manufatura de Classe Mundial – teve suas origens no Sistema Toyota de Produção (TPS), fundamentado no modelo de Produção Enxuta, mas com uma abordagem diferente. O WCM é sistema de gestão integrado voltado à redução de custos e otimização dos processos industriais, utilizando um conjunto sistematizado de métodos e ferramentas para alcançar níveis de excelência mundial. Moura (2019) reforça que o WCM se estrutura em pilares técnicos e gerenciais interligados, permitindo que empresas alcancem desempenhos equivalentes aos das maiores organizações industriais do mundo.

Por mais que esse sistema seja utilizado de forma ampla na acumuladores Moura S.A. Ainda não existe um material consolidado que diferencie a abordagem interna da empresa do WCM padrão. Porém as mesmas estruturas e passos são seguidos, apenas com algumas adaptações. Conforme Silva e Oliveira (2015), a metodologia WCM é composta por dez pilares técnicos:

Segurança:

Tem como foco a criação e manutenção de um ambiente seguro, eliminando riscos e promovendo uma cultura de segurança. No WCM MOURA esse pilar se diferencia por ter o foco em desenvolver uma cultura de segurança onde todos os colaboradores sejam ativos não só na sua segurança, mas também na de todos.

Desdobramento de Custos (Cost Deployment):

Identifica e prioriza áreas de perda financeira, vinculando-as a KPIs (Indicadores de Desempenho) que servem como guia para redução de custos e elaboração de projetos.

Manutenção Autônoma:

Envolve os operadores na manutenção básica dos equipamentos, como limpeza, inspeção e lubrificação, prevenindo falhas aumentando a vida útil dos equipamentos, e muitas vezes implementando melhoria em seus ciclos, melhorando a produtividade das linhas de produção.

Controle de Qualidade:

Objetiva "zero defeitos" por meio de ferramentas como controle estatístico de processos (CEP) e padronização. Para o WCM moura isso também se estende a operação e aos gestores, sendo um dos focos as pessoas.

Melhoria Focada:

Esse tópico rege a estrutura geral de como os projetos são realizados, podendo incluir outras ferramentas como o 5W1H e o Kaizen, que no WCM adaptado tem como uma grande força a elaborações de projetos Kaizen, que é intrinsecamente relacionada ao WCM.

Logística e Serviço ao Cliente:

Otimiza o fluxo de materiais e informações na cadeia de suprimentos, pilar este que não é um pilar obrigatório no WCM Moura, porém se provou muito relevante para este trabalho.

Manutenção Profissional:

Implementa estratégias preditivas e preventivas para minimizar paradas não planejadas, podendo utilizar ferramentas de monitoramento em tempo real.

Gestão Preventiva de Equipamentos:

Foca no projeto de máquinas mais confiáveis e de fácil manutenção, reduzindo custos do ciclo de vida dos equipamentos

Desenvolvimento de Pessoas:

A empresa conta com uma plataforma de cursos online, disponível para todos os colaboradores, cursos estes que estão relacionados diretamente com as competências técnicas e comportamentais desejáveis dentro da empresa.

Meio Ambiente:

Integra práticas sustentáveis, como redução de resíduos e eficiência energética. Dentro da metologia da empresa, este pilar é integrado e conduzido pelo mesmo setor responsável pela segurança do trabalho.

3.2 GESTÃO DE ESTOQUES E ACURACIDADE

Para indústrias que trabalham com grandes volumes, a gestão de estoques é um pilar essencial para a eficiência operacional, principalmente em cadeias produtivas complexas, que envolvem múltiplos processos, diversos insumos e um grande número de SKUs (Stock Keeping Units). Conforme Santos, Ferreira e Arantes (s.d., p. 1), "a classificação e o agrupamento de SKUs são fundamentais para melhorar a gestão de estoques, especialmente em contextos industriais onde o aumento no número de itens exige critérios claros de organização, como valor de uso, criticidade e variabilidade de demanda". A acuracidade dos estoques está diretamente ligada à correta identificação e controle desses SKUs. Quando existem falhas ao controlar essas variáveis, como no caso das placas de chumbo deste estudo, surgem custos ocultos, interrupções na produção e perda de confiabilidade nos sistemas de gestão (CORRÊA; CORRÊA, 2012). Além disso, a aplicação de metodologias estruturadas, como o DMAIC, tem se mostrado eficaz na melhoria da acuracidade de estoques em indústrias de grande porte (PEREIRA; SCHOTT; ESTORILIO, 2025). Estudos recentes também demonstram que a aplicação de metodologias de melhoria contínua, como o WCM e PDCA, pode reduzir significativamente ineficiências no processo de recebimento em armazéns (WRÓBEL et al., 2024).

3.3 METODOLOGIAS DE MELHORIA CONTÍNUA: KAIZEN

O Kaizen é uma filosofia japonesa de gestão que se baseia na melhoria contínua, de forma incremental dos processos, a filosofia envolve todos os níveis hierárquicos, como corrobora CORRÊA (2008), Kaizen significa: melhoramento contínuo e continuado, envolvendo todos da organização, de gestores a trabalhadores de linha de frente. A filosofia foi originada no sistema Toyota de produção e tem uma

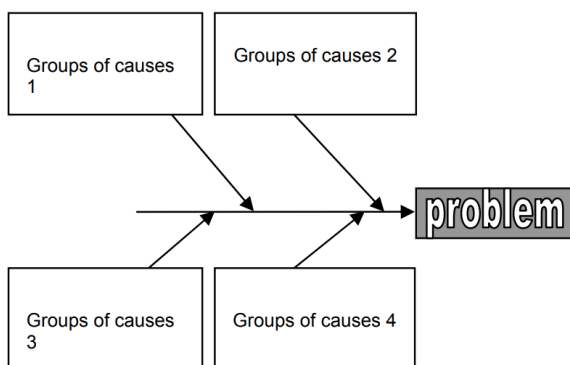
abordagem promovendo que, pequenas mudanças, quando contínuas, podem gerar grandes impactos na eficiência operacional e na qualidade (IMAI, 1997).

Ainda segundo Imai (1997), "Kaizen" significa melhoramento. Melhoramento contínuo envolvendo todos – da alta direção aos operários". Essa metodologia se apoia em princípios fundamentais, como:

- Foco no cliente: Priorizar as necessidades do cliente interno e externo.
- Eliminação de desperdícios: Identificar e reduzir atividades que não agregam valor, ou do inglês NVA (Non-Value-Added).
- Padronização: Documentar e seguir os melhores métodos conhecidos, na prática dentro da Unidade estudada este princípio é seguido utilizando-se de BIO (Boas Práticas de Integração e Operação) , LPP (Lição Ponto a Ponto) e documentando projetos numa possível replicação futura.
- Engajamento coletivo: Envolver todos os colaboradores no processo de melhoria, como visto nas citações de Imai (1997)

No contexto desse estudo, o Kaizen foi adotado como base para identificar e propor uma solução para a variação de placas de chumbo. A aplicação de ferramentas como o diagrama de Ishikawa os 5G (3.4) e 5W1H (What, When, Where, Who, Why, How) permitiu que, de forma estruturada, fossem identificadas as causas-raiz do problema, e que fosse propostas soluções sustentáveis e viáveis para o negócio. O Diagrama de Ishikawa (Figura 1), também conhecido como diagrama de causa e efeito, foi aplicado para analisar as causas raiz das variações no recebimento de placas de chumbo, seguindo a metodologia proposta por Stefanovic et al. (2014).

Figura 1 - Diagrama de Ishikawa



Fonte: Stefanovic et al. (2014).

A Unidade produtiva estuda tem a “cultura do kaizen” muito forte no nível gerencial e operacional, sendo os Kaizens classificados como três tipos:

- Quick kaizen: Ações simples e rápidas que podem ou não gerar ganhos financeiros, porém melhora o espaço de trabalho agilizando e facilitando processos repetitivos, tendo baixo nível de complexidade.
- Standard Kaizen: São projetos que podem levar até 3 meses para execução e tem um nível de complexidade médio para alto, visando ganhos de produtividade, qualidade, ergonomia, segurança, ou até mesmo financeiro, pode envolver diversas áreas para ser viável.
- Advanced Kaizen: São projetos que podem levar mais de 3 meses de execução, têm alta complexidade, envolve diversos setores da indústria, muitas vezes envolvendo outras unidades de produção, ou até mesmo fornecedores, e tem como característica exigir inicialmente um estudo para que se possa chegar a uma solução viável, ao contrário do Standard que muitas vezes já se existe uma ideia de como ele pode ser executado.

Conforme Slack et al. (2018), a segmentação por complexidade permite alocar recursos de forma eficiente, garantindo que melhorias incrementais (Quick) e transformacionais (Advanced) coexistam. Práticas como Lean/Kaizen são necessárias para garantir a sustentabilidade do negócio e das melhorias implementadas. Além de gerar resultados consistentes, elas ampliam o impacto organizacional, indo além do chão de fábrica (FIGUEIREDO et al., 2025).

3.4 METODOLOGIAS DE MELHORIA CONTÍNUA: PDCA

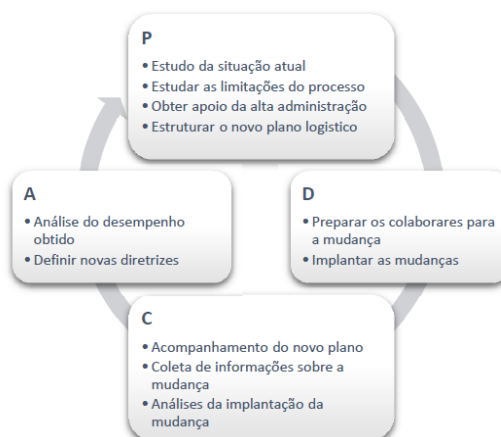
O Ciclo PDCA (Plan-Do-Check-Act) é uma metodologia de melhoria contínua muito utilizada em ambientes industriais. O presente trabalho está inserido dentro do ciclo PDCA de melhoria contínua. Conforme Andrade (2003, apud SANTOS; GALAN; TUPAN, 2017, p. 46), "o método é uma ferramenta de controle e melhoria de processos, agregando qualidade ao produto final dentro dos quatro módulos do processo, tornando um caminho para atingir uma meta". Essa fundamentação foi utilizada no trabalho para:

- Estruturar as ações de melhoria no recebimento de placas;
- Validar soluções por meio de dados coletados;

- Garantir a sustentabilidade dos resultados obtidos.

A estrutura do PDCA em ambos os trabalhos utiliza da mesma estrutura (Figura 2) que ilustra como funciona o método em etapas.

Figura 2 - Metodologia do estudo dentro do ciclo PDCA



Fonte: Santos, Galan e Tupan (2017)

No contexto deste estudo, os “quatro módulos” mencionados por Andrade (2003) foram adaptados da seguinte forma:

- Planejamento (Plan)
 - Identificação das causas-raiz das variações no recebimento (5W1H e Ishikawa)
 - Definição de metas (Reduzir a variação para <1,5%)
 - Desenvolvimento de método de contagem por amostragem
 -
- Execução (Do)
 - Implementar o método de contagem
 - Negociação com o fornecedor
 - Criação de dashboard e app para acompanhamento
- Verificação (Check)
 - Análise estatística dos resultados (Boxplot, curva normal)
 - Comparação entre variações pré e pós-implementação
 - Identificação de novos pontos a serem melhorados
- Ação (Act)

- Padronização do processo via Folha de instrução operacional
- Treinamento dos colaboradores no uso do APP
- Estabelecimento de revisões periódicas

Essa adaptação prática do PDCA corrobora com a visão de Imai (1997) sobre a flexibilidade do Kaizen, demonstrando como metodologias de melhoria contínua podem ser adaptadas para diversos contextos industriais. Também é importante mencionar que práticas de TQM (Gestão da Qualidade Total) e gestão tecnológica, como na utilização de APP e ferramentas estatísticas, favorecem o desempenho sustentável e a consolidação de rotinas de melhoria contínua (RESTUPUTRI; FEBRIANA; MASUDIN, 2025).

3.5 METODOLOGIA 5G

Esse trabalho também contou com a metodologia 5G para ser desenvolvido. o 5G é uma ferramenta da qualidade que teve origem através do sistema Toyota de produção, que consistem tem 5 princípios relacionados entre si para investigação de problemas operacionais (LIKER, 2005; IMAI, 1997). Conforme descrito por Ohno (1988), os “5Gs” representam:

1. Gemba: “Ir ao local” onde o problema ocorre. Para esse estudo essa etapa se refere a observação direta do processo de recebimento de placas na unidade cliente, visualizando a disposição do estoque, horários de recebimento e métodos de contagem aproximada.
2. Gembutsu: “Examinar o objeto físico”. Nesta etapa se faz necessário examinar o objeto de estudo, que em contexto deste trabalho se referem aos cavaletes de placas de chumbo.
3. Genjitsu: “Coletar fatos e dados”. Utilizar de dados históricos de inventário e amostras coletadas para embasar a análise (Etapa bastante discutida nos resultados e metodologia)
4. Genri: “Aplicar princípios teóricos”. Esta etapa se refere a análise criteriosa e acadêmica utilizando-se do arcabouço teórico já existente para validar o trabalho em execução, este estudo por exemplo, utiliza os estudos de estatística inferencial (COCHRAN, 1963).

5. Gensoku: “Verificar padrões”. Esta etapa consiste em verificar se existe algum padrão para a execução das atividades, o que pode ser verificado utilizando outras ferramentas da qualidade como descrito no gráfico de Ishikawa (4.2.3).

A aplicação do 5G permite identificar as causas raiz através da separação de etapa bem definidas e estruturadas, onde etapas como o Gemba se provam essenciais, o que também corrobora com a visão de Liker (2005) de que problemas operacionais (Assim como o deste trabalho), exigem imersão no local real para soluções sustentáveis.

3.6 CONTROLE ESTATÍSTICO NA GESTÃO DE RECEBIMENTO

O controle estatístico é uma ferramenta necessária para garantir a acurácia e principalmente a confiabilidade dos processos de recebimento de materiais, principalmente em ambientes industriais onde existem grandes volumes de insumos e produtos semiacabados. A aplicação de métodos estatísticos permite identificar e quantificar variações, o que por sua vez ajuda a implementar soluções baseadas em dados embasados. No contexto deste trabalho, o cálculo do tamanho amostral adequado é necessário para assegurar que as análises e coletas feitas, sejam representativas na população estudada, e que os resultados obtidos por amostragem possam ser generalizados com uma certa confiança.

Para o cálculo do tamanho amostral o dimensionamento correto da amostra é fundamental para evitar erros de sub ou superestimação, o que pode comprometer a validade dos resultados. Conforme é destacado por Cochran (1963), o planejamento amostral deve considerar:

- Variabilidade da população (desvio padrão ou proporção esperada) – Quanto maior a variabilidade, maior o tamanho amostral necessário.
- Nível de confiança $(1-\alpha)$ - Geralmente utilizado 95% ($Z = 1,96$) ou 99% ($Z = 2,58$), para este trabalho foi considerado Z como 1,96.
- Margem de erro tolerável (d) que é a precisão desejada na estimativa.

Para a variação de placas em cavaletes, podemos utilizar variáveis quantitativas por estimativa das médias. através da equação:

$$n = \left(\frac{Z \cdot \sigma}{d} \right)^2$$

Onde:

- n = tamanho da amostra
- Z = valor crítico da distribuição normal (1,96 para 95% de confiança)
- σ = desvio padrão populacional
- d = erro máximo tolerável

No caso deste estudo, como não se conhecia o desvio padrão populacional, adotou-se uma estimativa baseada na amplitude dos dados históricos, conforme sugerido por Fontelles et al. (2010), utilizando $\sigma \approx 0,25 \times \text{amplitude}$.

Para variáveis quantitativas:

$$n = \frac{Z^2 \cdot p \cdot (1 - p)}{d^2}$$

Onde:

- p = proporção esperada do evento

Este trabalho adotou as diretrizes de Charan & Kantharua (2013), que falam da importância do planejamento amostral para evitar vieses e garantir a acurácia dos resultados. A combinação de métodos quantitativos e qualitativos, aliada a ferramentas tecnológicas como o power BI e Power Apps, deve permitir uma análise robusta e prática no recebimento de placas de chumbo de forma embasada, auxiliando em decisões operacionais e servindo como argumento para negociação com fornecedores.

3.7 TECNOLOGIAS APLICADAS À LOGÍSTICA

A Tecnologia da Informação alinhada a logística, é cada vez mais necessária para empresas que buscam alguma eficiência operacional, pois aumenta a agilidade e impacta diretamente no custo do produto. Como destacado por Bessa & Carvalho (2007), a TI atua como suporte para a logística, permitindo automatizar processos, gerenciamento em tempo real dos estoques e a otimização ou melhoria do fluxo de

informações entre clientes e fornecedores, tanto interno quanto externo. Novas abordagens com inteligência artificial vêm sendo aplicadas para previsões de demanda e controle de insumos críticos (KIM; KIM; HAN, 2023). Algumas dessas tecnologias foram essenciais para o desenvolvimento deste projeto, sendo as principais tecnologias:

- ERP (Enterprise Resource Planning)
 - Sistemas integrados que unificam os dados financeiros, de produção, estoque, distribuição e planejamento em uma única plataforma que para o contexto da coleta de dados históricos e dados de estoque e inventário foi utilizado o SAP neste trabalho. Seus principais benefícios são o melhor controle de custos, redução de redundâncias e tomada de decisão baseada em dados (Bowersox & Closs, 2001). Estudos recentes mostram que quadros de referência baseados em normas ISO estão sendo utilizados para orientar a adoção de IIoT (Internet das coisas) em operações de cadeia de suprimentos, promovendo integração segura e eficiente (ALMEIDA et al., 2025). SCM (Supply Chain Management) Ferramentas que gerenciam toda a cadeia de suprimentos, desde a aquisição de matérias-primas até a entrega ao cliente final.Exemplo: Oracle SCM Cloud, JDA Software.Benefícios: Redução de estoques, sincronização entre fornecedores e melhoria na previsão de demanda (Ballou, 2002).
- WMS (Warehouse Management Systems)
 - Sistemas especializados em gestão de armazéns, utilizando códigos de barras, RFID e IoT para rastreamento de produtos. As etiquetas que mostram as quantidades de placas recebidas, são emitidas e identificadas através de códigos de barras, por um sistema integrado com o SAP. Alguns estudos mostram que tecnologias como RFID têm ampliado a acuracidade no inventário e a atualização em tempo real de entradas e saídas (INDRAWATI; KARMILA, 2024). Tendo como

principais benefícios a precisão no inventário, redução de erros e otimização do espaço de armazenagem (Bessa & Carvalho, 2007).

- Ferramentas de Análise de Dados e IA
 - Uso de Business Intelligence (BI) e Machine Learning para prever demandas, identificar gargalos e melhorar a eficiência logística.
 - Exemplo: Power BI, Tableau, IBM Watson Supply Chain.
 - Benefícios: Decisões estratégicas baseadas em dados históricos e em tempo real, que segundo Rezende e Abreu (2000), a TI trata do "conjunto de recursos computacionais para manipulação e geração de informações e conhecimentos"

Por maior que sejam os benefícios da TI integrada à logística, algumas limitações devem ser consideradas, como por exemplo o alto custo de implementação, a resistência à mudança principalmente por parte dos operadores e a necessidade de treinamento contínuo para sistemas mais complexos (Bessa & Carvalho, 2007).

3.8 ALINHAMENTO INTERDEPARTAMENTAL NA GESTÃO LOGÍSTICA

Em processos Logísticos que envolvem múltiplas áreas como compras, produção, estoque e distribuição (Como exemplo o recebimento de insumos entre unidades), o alinhamento interdepartamental é um pilar fundamental. Como é citado por Slack et al (2018), a falta de sincronia entre setores pode gerar gargalos, aumento de custos e perda de competitividade. No contexto desse trabalho, a variação no recebimento de placas de chumbo entre quantidade real e etiqueta, mostra a necessidade de integração de setores e de unidades produtivas distintas, envolvendo logística, controle de qualidade, gestão de estoque e até mesmo negociação entre a parte gerencial.

A importância do alinhamento interdepartamental percebida através de alguns pontos, como Redução de Silos Organizacionais gerando a aproximação entre departamentos, como a produção e a logística, que garante um fluxo contínuo de informações, e evita ruptura nas linhas de produção. Isso pode ser visto com a implementação de um sistema ERP que integra dados em tempo real (Bowersox & Closs, 2001). A governança relacional se mostra um mecanismo necessário para alinhar expectativas entre unidades produtivas e fornecedores, podendo reduzir

conflitos e promovendo maior acuracidade (OLIVEIRA; DOLCI, 2024). A Padronização de Processos definindo métricas que sejam coerentes entre as áreas, para evitar conflito de metas, por exemplo, a utilização de KPIs compartilhados entre fornecedores e unidade cliente deixando assim as expectativas alinhadas como sugere Corrêa & Corrêa (2012).

Outro fator impactante já abordado é a comunicação eficiente, que pode vir através de ferramentas de BI (Power BI), ou até mesmo ferramentas como Power Apps, para facilitar a visualização de dados e a tomada de decisão. A visibilidade das operações logísticas pode reduzir divergências entre setores e melhorar a confiabilidade das informações (BANDEIRA; CAMPOS, 2024).

4 METODOLOGIA

Este trabalho caracteriza-se como uma pesquisa aplicada, de abordagem quantitativa e qualitativa, com objetivo descritivo e explicativo. Do ponto de vista dos procedimentos técnicos, trata-se de um estudo de caso, realizado em uma indústria do setor de baterias, além disso também se caracteriza como um trabalho de pesquisa-ação. Para a construção desse trabalho, foi adotada a metodologia Kaizen juntamente com o ciclo PDCA. Em suporte a isso, foram utilizadas algumas ferramentas para analisar os dados. Em geral, foram utilizadas diversas ferramentas da Microsoft, como Power BI, Excel e Power Apps, para a coleta e tratamento dos dados, além da plotagem e distribuição das informações coletadas.

4.1 DIRECIONADOR

Desde o início desta unidade produtiva, vem se notando uma grande variação no inventário de placas de chumbo, essas variações também se provaram acontecer nas contagens diárias, o que levantava suspeitas a respeito de como o insumos estava sendo entregue e se havia grande variação ou não entre a etiqueta e o valor real apontado no sistema SAP. Amostras de inventários anteriores já deixaram indícios de que a variação poderia ser negativa, ou seja, de que a variação poderia estar gerando custos de ajuste de inventário.

Tabela 1 - Inventário de placas de chumbo em meses anteriores

Mês	Contagem SAP		Variação
7	XXXX	XXXX	-16%
6	XXXX	XXXX	-36%
5	XXXX	XXXX	-22%
4	XXXX	XXXX	-30%

Fonte: O autor (2025)

A tabela 1 mostra a variação no inventário de placas comparando o sistema SAP, houve ajuste de mais de 25% no inventário de placas na Unidade, isso representa um custo significativo no valor final do produto, e um risco grande para a fábrica em relação a confiabilidade dos dados, esse foi o gatilho que levou a toda essa pesquisa.

4.2 IDENTIFICAÇÃO DO PROBLEMA

4.2.1 FERRAMENTAS DA QUALIDADE

Para a identificação da problemática em questão, foram utilizadas diversas ferramentas da qualidade como 5G, 5W1H, diagrama de ishikawa, 5WHY e Brainstorming, todas essas ferramentas em torno da filosofia do Kaizen e girando o ciclo PDCA.

4.2.2 BRAINSTORMING

Inicialmente foi feita a análise das causas raízes utilizando um Brainstorming, e com isso chegou-se a algumas conclusões iniciais mostradas no quadro 1.

Quadro 1 – quadro de registro do Brainstorming

Nº	Causas quem podem influenciar no problema	Confirma?		Tratamento		
		Sim	Não	Condição Básica	Quick Kaizen	Causa e Efeito
1	A quantidade de placas nos molhos não seguem um padrão quando são postas nos cavaletes.	x		x		
2	Arredondamento na quantidade total das placas nos cavaletes	x				x
3	Não existe um padrão na quantidade de placas por molho		x			
4	Espaços vazios no cavalete que não foram considerados	x				x

Fonte: O autor (2025)

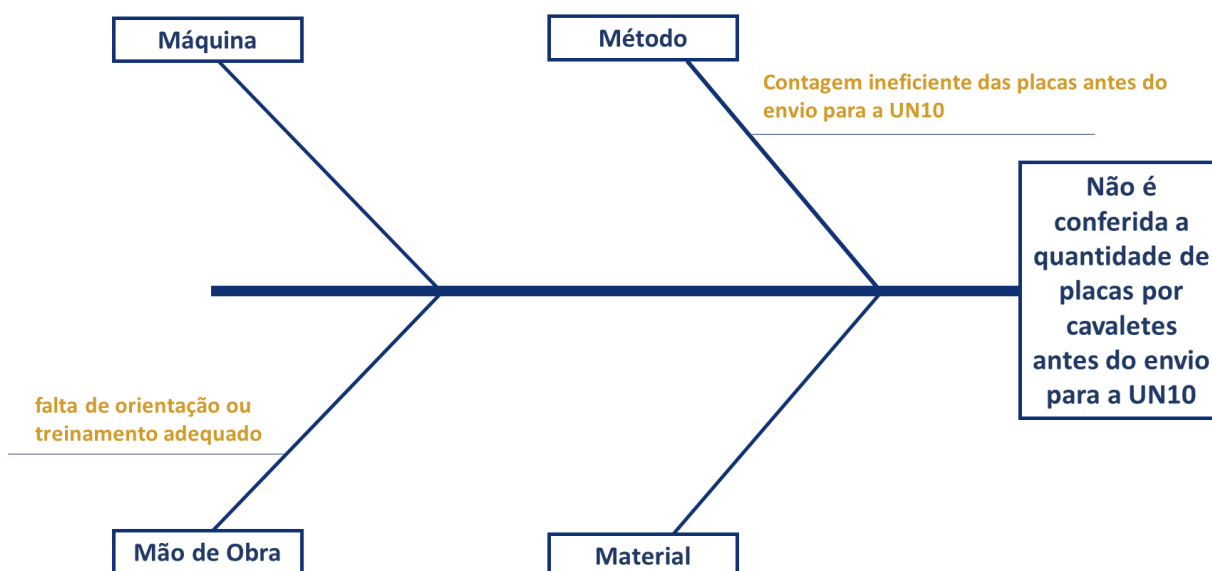
Foram levantadas algumas hipóteses do que poderia estar causando a variação nos recebimentos das placas de chumbo, dentre elas as possíveis causas levantadas foram: Quantidade de placas nos molhos (conjunto de placas empilhadas que tem suas quantidade variáveis) não seguem um padrão quando postas no cavaletes(Estrutura metálica utilizada para transportar as placas de uma Unidade produtiva para outra); Arredondamento na quantidade total das placas nos cavaletes; Não existe um padrão na quantidade de placas por molho; Espaços vazios no cavalete que não foram considerados. Dentre as 4 hipóteses 3 se confirmaram, sendo a única hipótese não confirmada, a de que não existe um padrão na quantidade de placas por molho. Para chegar a esta conclusão, também foram necessárias a utilização de outras ferramentas que serão vistas posteriormente.

4.2.3 ANÁLISE DAS CAUSAS RAÍZES – DIAGRAMA DE ISHIKAWA (4M)

Foi utilizado o Diagrama de Ishikawa para analisar as possíveis causas da variação no recebimento de placas de chumbo entre as unidades, esse Diagrama também é conhecido como Diagrama de Causa e Efeito.

A sua estrutura levou em consideração os 4Ms: Máquina, Método, Mão de Obra e Material facilitando assim a visualização dos fatores que influenciam no problema. Logo de cara foi possível notar que a raiz do problema se encontrava no método utilizado para a contagem de placas, como mostra a figura 3.

Figura 3 - Gráfico Ishikawa para divergência de placas de chumbo



Fonte: O autor (2025)

para cada um dos M foram feitas as seguintes análises:

Máquina: Como os cavaletes são preenchidos de forma manual, então o fator máquina foi considerado como baixo impacto para o problema.

Método: Não existe uma padronização no processo de conferência da quantidade de placas por cavalete bem estabelecido antes do envio para a UN10. A contagem e conferência ineficiente das placas, foi visto como o fator que mais afeta na variação entre etiqueta e quantidade real recebida na unidade.

Mão de Obra: A falta de treinamento dos operadores na contagem de placas e conferência dos cavaletes também contribui para que erros de contagem dos

cavaletes sejam recorrentes, principalmente levando em consideração que o processo é totalmente manual e depende muito da experiência e responsabilidade do operador. Material: A disposição das placas nos cavaletes pode dificultar a contagem visual e favorecer erros ao registrar, porém como essa atividade não é uma prática recorrente ao abastecer os cavaletes, então este não foi um fator relevante para considerar como causa raiz.

A análise serviu como base para as ações que foram tomadas posteriormente, e ao longo do ciclo PDCA. como conclusão dessa análise foi percebido que o “Método” é a que mais contribuiu para a falha do processo, sendo detectada a causa raiz como “Não conferência da quantidade de placas por cavaletes antes do envio para a UN10”.

4.2.4 5G

Em seguida foi realizado o Gembutsu, conforme foi visto no referencial teórico, consiste em examinar o objeto e acompanhar o processo. Nessa etapa se iniciou um processo de contagem das placas recebidas já nos cavaletes para identificar se realmente existe uma variação, e caso exista, qual o seu impacto no produto final.

Figura 4 - Coleta de dados amostrais e valores das etiquetas



Fonte: O autor (2025)

Em paralelo a contagem das placas também foram chegados alguns fatos e dados já obtidos no Genjitsu, nessa etapa o histórico do inventário de placas na unidade cliente, comparados os últimos 4 meses tinha uma variação que representa um valor de 25%

quando se comparado o saldo no sistema e a quantidade real averiguada no inventário mensal. Ainda seguindo a metodologia dos 5G, chegando então ao Genri, que consiste em comparar o que se está sendo observado com a teoria.

Por se tratar de um insumo que possui um grande volume, foi necessário entender qual seria o tamanho mínimo amostral para que pudesse ser calculada a variação entre etiqueta e quantidade real recebida. Sendo assim, nessa etapa foi realizada uma comparação entre os dados coletados e os padrões suportados pela teoria estatística. Para garantir que as amostras coletadas fossem estatisticamente significantes, foi realizado o cálculo do tamanho mínimo de amostra tomando um intervalo de confiança de 95% ($Z = 1,96$). A equação utilizada foi a seguinte:

$$n = \frac{Z^2 \cdot p \cdot q}{e^2}$$

Onde:

- n = tamanho da amostra
- Z = valor da distribuição normal correspondente ao nível de confiança desejado (para 95%, $Z=1,96$)
- p = proporção estimada de sucesso (placas de maior giro)
- q = complemento da proporção ($q = 1-p$)
- e = margem de erro tolerável

No período de análise e utilizando dados históricos, foi constatada uma representação de 81,69% da movimentação total em 6 modelos de placas, dessa forma foi adotado $p = 0,8169$, e $q = 0,1831$.

Uma distribuição que reforça a regra de Pareto da proporção 80/20, justificando assim concentrar a análise nos modelos de maior giro. adotando uma margem de erro $e=5\%$ e uma confiança de 95% ($Z=1,96$), foi calculada o tamanho da amostra mínima utilizando a ferramenta Microsoft Excel como mostrado na tabela 2.

Tabela 2 - Dados para cálculo amostral

Tamanho da amostra (N)	11410000
confiança (Z^2)	3,8416
confiança (Z) 1,96	1,96
e	5,00%
p	81,69%
q	18,31%
$p(1-p)$	14,96%
e^2	0,25%
tamanho da amostra/mês	230

Fonte: O autor (2025)

Portanto, para se obter um valor significativo da variação entre quantidade real e quantidade nas etiquetas, foram necessárias serem contados pelo menos 230 cavaletes de placa com uma confiança de 95%. Seguindo então com a metodologia do 5G chegamos ao Gensoku que é a etapa onde se verifica a existência de padrões no processo, em que foi verificado que não há padrão disponível ao colocar as placas nos cavaletes, nem padrões de conferência no recebimento, sendo assim existem possibilidades de melhorias.

4.2.5 5W1H

Para melhor compreensão e para fins de deixar o problema mais legível e estruturado, foi aplicada a ferramenta 5W1H, que consiste em identificar 6 aspectos do problema: o que? (What), quando (When), onde (Where), quem (who), qual (Which), como (How). para o trabalho em questão foram feitos esses desdobramentos de forma mais detalhada:

What (O que?)

Foram identificadas divergências entre a quantidade de placas recebidas na UN10 e a quantidade informada nas etiquetas.

When (Quando?)

O problema ocorre durante o envio das placas da unidade UN01 para a unidade UN10, continuamente.

Where (Onde?)

A divergência é detectada nos cavaletes de placas recebidos na área de estoque da UN10.

Who (Quem?)

Nas placas de retrabalho, a falta de conferência antes do envio e fatores operacionais.

Which (Qual?)

No inventário mensal, onde existe uma divergência entre sistema e quantidade contada.

How (Como?)

Ocorre quando não é recebida a quantidade real de placas que está sendo posta no sistema.

Com isso podemos estruturar o fenômeno por trás da problemática.

Fenômeno identificado:

Não é recebida a quantidade de placas que é posta na etiqueta, sendo assim, existe uma divergência de placas que são recebidas na UN10, ocorrendo no envio das placas pela UN01, os cavaletes de placas são influenciados por fatores como placas de retrabalho e no equívoco da contagem antes do envio, sendo aferido sempre na contagem do inventário mensal. Dessa forma é possível entender de forma mais clara o fluxo do processo e como que o problema pode estar ocorrendo.

4.2.6 5 WHY

Foi utilizada a ferramenta dos 5 Porquês ou 5 WHY, com o objetivo de entender de forma organizada as causas raízes da divergência de recebimento entre as unidades, nesse processo foram identificadas duas principais causas, como ilustrado no quadro 2.

Quadro 2 - Aplicação do método dos 5 Porquês para análise de causa raiz.

Fenômeno: Divergência no recebimento das placas na UN10				
Causa	1º PQ	2º PQ	3º PQ	4º PQ
Não é conferida a quantidade de placas por cavaletes antes do envio para a UN10	Pois existe uma baixa fiscalização no processo.	Porque a UN10 não faz o estorno das placas não emitidas e não enviadas	Pois não tem um sistema de contagem de placas viável.	Por falta de recursos tecnológicos.
Não é conferida a quantidade de placas por cavaletes antes do envio para a UN10	Pois existe uma baixa fiscalização no processo.	Pela necessidade de ter um colaborador dedicado para fazer o inventário.	Por falta de recursos tecnológicos.	

Fonte: O autor (2025)

É possível observarmos que foram encontradas duas causas que poderiam levar ao fenômeno “Divergência no recebimento das placas na UN10”.

Sendo assim as causas foram:

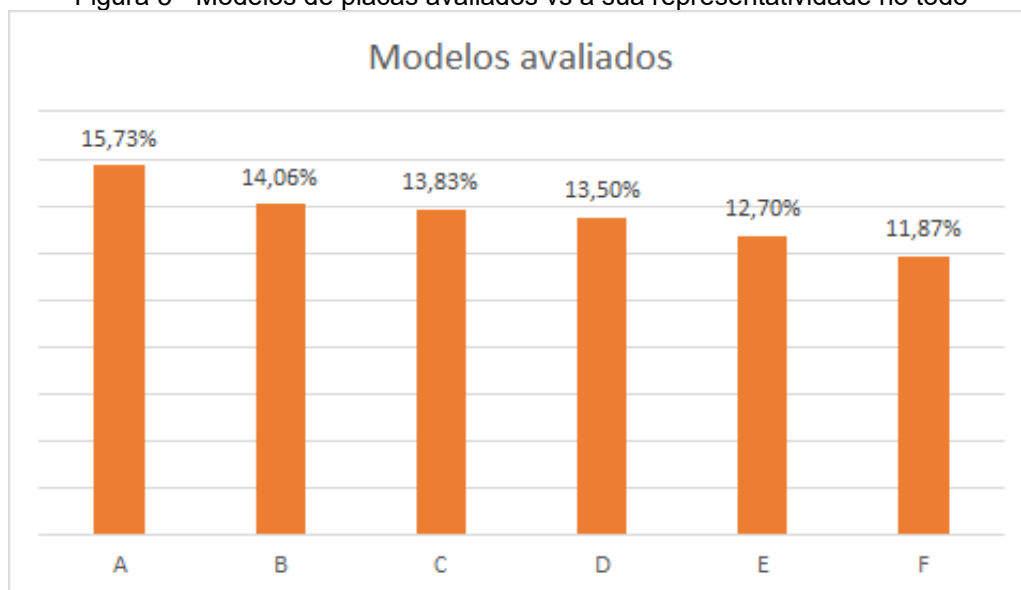
Primeira causa: A ausência de conferência das placas antes do envio para a UN10 que ocorre, inicialmente, por baixa fiscalização no processo. dito isso, observou-se que a UN10 não realiza o estorno das placas que não foram emitidas e não foram enviadas, o que demonstra a ausência de um controle sistemático. Isso se deve à falta de um sistema de contagem viável, cuja está relacionada à falta de recursos tecnológicos.

Segunda causa: Também foi verificado que não há conferência por conta da necessidade de um colaborador dedicado exclusivamente ao inventário. A causa dessa limitação também está relacionada à falta de recursos tecnológicos, o que impossibilita a automatização ou melhoria do processo de conferência. Essa ferramenta possibilita enxergarmos que existem muitas causas operacionais que poderiam ser evitadas utilizando uma ferramenta adequada como suporte, porém, uma tecnologia desse nível pode não ser viável se levarmos em consideração o viés financeiro.

4.3 SELEÇÃO DA AMOSTRA

Como foi visto no tópico anterior, foram selecionados 6 modelos de placas que vamos chamar de modelo “A”, “B”, “C”, “D” e “E”. Esses modelos representam 80% de todo o volume de placas da UN10, esses dados foram obtidos da base de dados do sistema ERP da fábrica.

Figura 5 - Modelos de placas avaliados vs a sua representatividade no todo



Fonte: O autor (2025)

A Figura 5 mostra os modelos avaliados e a sua representatividade no todo, sendo assim, estes foram os modelos sujeitos a contagem e comparação com as etiquetas.

4.4 COLETA DOS DADOS

A coleta dos dados foi realizada diretamente no estoque de placas da UN10, de forma contínua e sistemática. Por se tratar de uma grande quantidade diária de placas recebidas, não foi feita a contagem total dos cavaletes, e sim por amostragem. Inicialmente, eram contados aproximadamente seis cavaletes de placas por dia, os cavaletes de placas seguem o padrão ilustrado na figura 6.

Figura 6 - cavalete de placas



Fonte: O autor (2025)

Os cavaletes selecionados deveriam, preferencialmente, pertencer aos modelos “A”, “B”, “C”, “D” e “E”, de acordo com o volume de recebimento e a demanda do restante da produção da fábrica. Cada cavalete possui uma estrutura composta por linhas e colunas, sendo estas formadas por *molhos* de placas. Um molho de placas consiste em um conjunto de placas de chumbo empilhadas verticalmente, como ilustrado na figura 7. Essa configuração facilita tanto o transporte quanto a contagem das placas durante o processo de armazenagem e movimentação interna entre unidades.

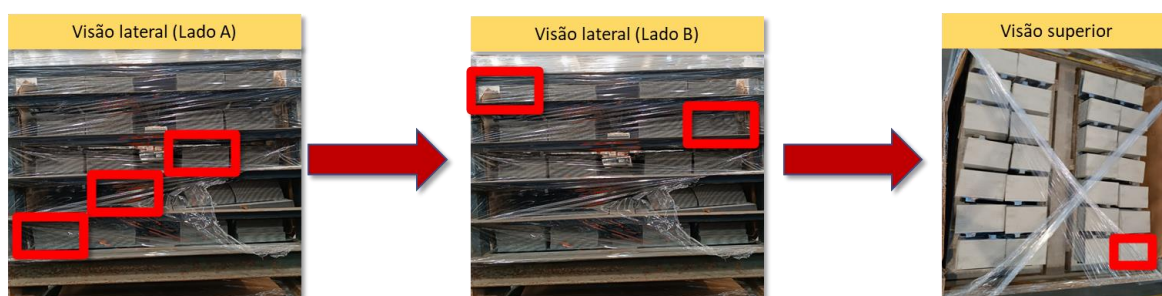
Figura 7 - molho de placas



Fonte: O autor (2025)

Para cada cavalete de placas, eram inicialmente contados 6 molhos, estes selecionados aleatoriamente de acordo com um padrão adotado. Para melhor entendimento de como eram selecionados os molhos o cavalete era separado em 3 visões, a visão do lateral “A”, lateral “B” e a visão superior. Para a visão lateral A ou lado A foram contados 3 molhos de colunas diferentes, para a visão do lado B foram contados 2 molhos preferencialmente de colunas ainda não contadas, e na parte superior era contado mais 1 molho. dessa forma era estimada a média da quantidade de placas em cada molho e pela quantidade de colunas e linhas do cavalete era estimada a quantidade real que aquele lote iria possuir. A figura 8 ilustra como eram selecionados os cavaletes.

Figura 8 - Sequência de contagem



Fonte: O autor (2025)

Esse processo possibilitou uma estimativa consistente e uma boa representatividade na quantidade real estimada, visto que a aleatoriedade e a repetição da coleta possibilitaram a redução de um possível viés amostral.

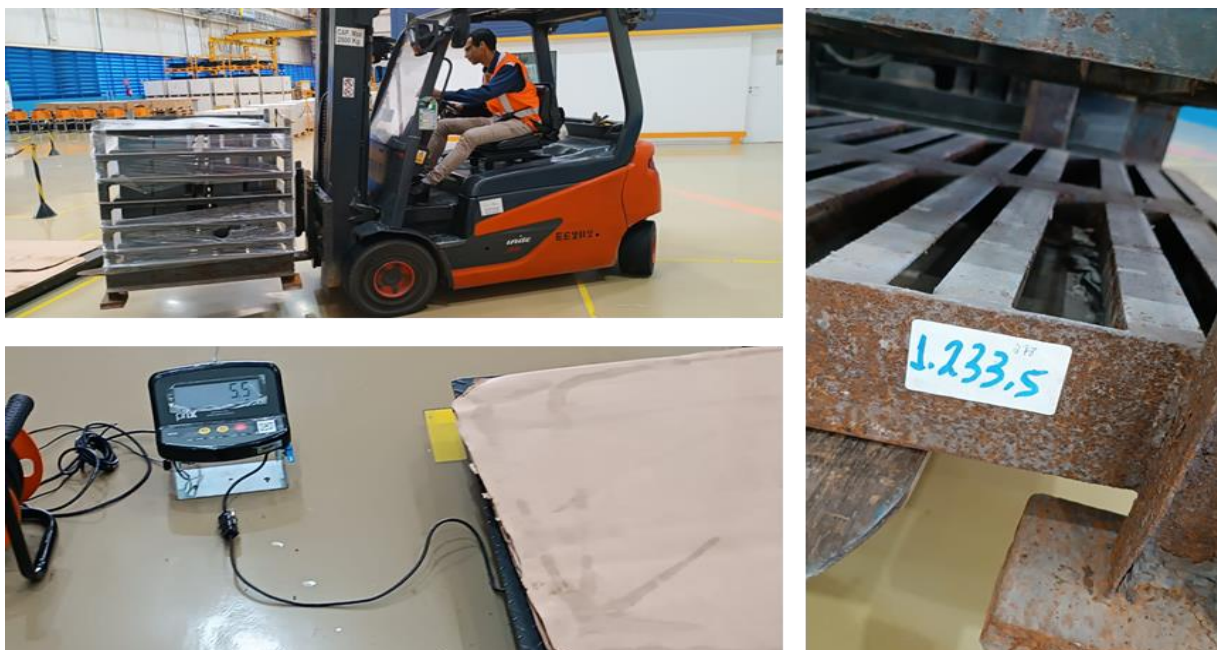
4.5 PESAGEM

Além da coleta de dados feita visualmente, foi realizada uma etapa complementar para validação dos dados coletados, só que feita por peso, com o intuito de reforçar que as medições estavam sendo realizadas da forma correta. Utilizando uma balança industrial, alguns cavaletes foram pesados tanto com as placas quanto após a sua retirada. O peso do cavalete vazio foi registrado após a utilização das placas após o processo produtivo da montagem, outros itens como o filme stretch e o papelão que é utilizado para embalar os cavaletes, também foram

pesados separadamente para garantir uma melhor precisão. Considerando que as placas de chumbo seguem um padrão de qualidade com uma variação de massa controlada e verificada antes do processo de envio das placas, foi possível estimar a quantidade total de placas por cavalete por meio da diferença do peso. Essa amostra foi comparada com a etiqueta e o valor estimado na contagem.

A amostra obtida por pesagem foi comparada tanto com os valores indicados nas etiquetas dos cavaletes, quanto com os valores estimados por contagem de amostras. Os resultados dessa coleta demonstraram que a variação entre o valor informado na etiqueta e a pesagem oscilou entre 3% e 19%. Já a variação entre a etiqueta e a contagem estimada variou de 2% até 23%. Por outro lado, a diferença entre os métodos de contagem e pesagem apresentou variação menor, situando-se entre -1% e 3%. Esses dados indicam que os métodos de contagem por amostra e pesagem se aproximam mais entre si, do que comparado com as quantidades informadas nas etiquetas dos cavaletes, já possibilitando entendermos que deve haver uma variação real entre a etiqueta e a estimativa de placas por cavalete.

Figura 9 - Evidências da pesagem de placas



Fonte: O autor (2025)

4.6 CONTAGEM DE MOLHOS

A quantidade de placas por molho varia de acordo com o tamanho do cavalete e o modelo da placa, sendo assim não existe um padrão na quantidade de placas por

molho, sendo assim, inicialmente os molhos foram contados manualmente, retirando-os dos cavaletes para serem contadas uma a uma, um processo preciso, porém demorado e pouco viável para operação contínua. O que levou a necessidade de alternativas para deixar o projeto mais viável. Por isso, foi implementada uma solução baseada em inteligência artificial: um aplicativo de contagem que utiliza modelos de visão computacional treinados para reconhecer e contar objetos em imagens. Na prática, uma fotografia do molho era capturada e o aplicativo aplicava um modelo de contagem por meio de redes neurais, identificando e separando as placas antes de estimar sua quantidade. Embora esse método apresente imprecisões em alguns casos — como sobreposição ou ângulos desfavoráveis — essas divergências eram facilmente detectáveis e corrigíveis manualmente. Essa abordagem pode ser corroborada e respaldada por estudos na área de visão computacional. Um exemplo é o modelo T-Rex: Counting by Visual Prompting, que permite a contagem de objetos através de prompts visuais, sendo útil especialmente em situações em que existem cenários que mudam constantemente. O funcionamento base para a coleta consistia em uma fotografia do molho de placas, onde o APP realiza a separação e contagem das placas, como ilustrado na figura 10.

Figura 10 - Identificação da quantidade de placas pelo APP



Fonte: O autor (2025)

A figura mostra como a coleta foi realizada utilizando de uma IA pre-treinada para contagem de itens, agilizando e facilitando o processo de contagem. Porém os dados ainda precisavam ser armazenados em uma base de dados, com isso também foi vista a necessidade da criação de um APP que facilitasse e agilizasse o armazenamento e os cálculos que estimam a quantidade de placas por cavalete. Como suporte foi utilizado o Power apps, uma plataforma da Microsoft para desenvolvimento de aplicativos com pouco código (low-code) que permite criar soluções personalizadas conectadas a diversas fontes de dados, como SharePoint, SQL Server e Microsoft 365. O APP desenvolvido no Power APPS possui campos para inserir os valores contados nos molhos, e a quantidade de fileiras de molhos, assim como o modelo de placa que estava sendo contado, o app realiza a conta, registra a data e hora da contagem e faz o armazenamento dos dados em uma lista do SharePoint, que pode ser acessada para uma posterior análise dos dados. A Figura 11 mostra como o APP poderia ser preenchido.

Figura 11 - Aplicativo em Power APPS para armazenar os dados das contagens

The figure displays three screenshots of a Power Apps application interface for plate counting.

Left Screenshot: A welcome screen for a user named Bruno. It features a greeting "Olá BRUNO, Bem vindo ao nosso APP para contagem de placas" and three main buttons: "Nova contagem", "Tutorial", and "Power BI". The background shows a construction site.

Middle Screenshot: A list view of counting records. The header includes buttons for "página inicial", "Adicionar", "Recarregar", and "Reordenar dados". Below is a search bar "Itens de busca" and a list of records with columns for date, time, and plate model (e.g., "25/08/2023 10:57 PLACA MPP-10L/130 SN PB43 NG").

Right Screenshot: A detailed form for a counting entry titled "Contagem de placas PCP". It shows a summary: "Quantidade contada: 4853,33333333" and "Variação: -222,66666667". Below are input fields for "M1:" (35), "M2:" (35), and "M3:" (34). There is a field for "Quantidade fileiras de molhos:" (10) with a help icon. The "Data e hora do cavalete:" section shows a date of "20/11/2023" and a time of "14:21". The "Modelo:" dropdown is set to "PLACA MPP-10L/130 SN PB43 NG".

Fonte: O autor (2025)

Em paralelo a isto, também foi criado um dashboard de acompanhamento da variação de placas para que este pudesse ser acompanhado de perto tanto pela unidade cliente

quanto pela unidade fornecedor.

O Dashboard feito em Power BI ilustrado na figura 12 mostra indicadores de variação entre contagem amostral e valor da etiqueta, indicadores estes que possibilitam ver os modelos de placa com maior variação, a porcentagem de variação, em que turno existe maior variação, a quantidade de amostras coletada no período selecionado, em que máquina foi produzida a placa, assim como a quantidade em peças com divergência. Posteriormente essas informações foram utilizadas para negociação entre unidade Cliente e fornecedor, assim como também para um acompanhamento de perto das possíveis causas de variação, tendo uma visão melhor se a variação acontecia mais em determinado turno, ou determinada máquina. Essa visualização também permitiu que vários cavaletes fossem faturados como devolução para o fornecedor, por representar discrepâncias na quantidade fora da curva determinada pelo cliente, foram considerados “Outliers” cavaletes que apresentavam uma variação maior entre etiqueta e valor amostral estimado maior ou igual a 15%.

Figura 12 - Dashboard de acompanhamento da variação



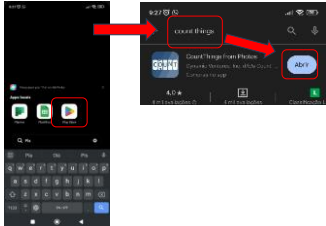
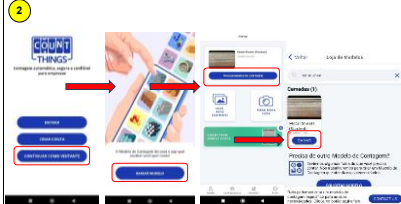
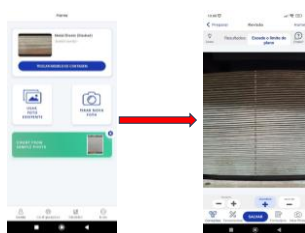
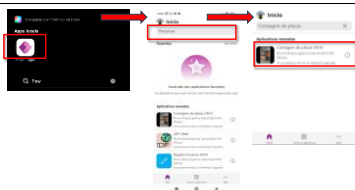
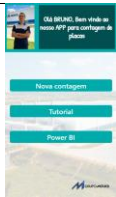
Fonte: O autor (2025)

4.7 DESENVOLVIMENTO DE UMA FOLHA DE INSTRUÇÃO OPERACIONAL

Com o intuito de perdurar a coleta de dados continuando a variação, também foi construído uma folha de instrução operacional nela contém informações

de como realizar a contagem seguindo os padrões desenvolvidos durante esta pesquisa, para que os dados fossem relevantes e acurados, seguindo padrões de contagem de cálculo e armazenamento, assim qualquer colaborador com a folha de instrução poderia realizar a atividade de contagem mantendo os padrões. A folha foi disponibilizada assim como um QR code de acesso ao aplicativo descrito no documento, o QR code foi espalhado nas proximidades de onde os cavaletes são armazenados, a imagem 17 mostra o formato do documento gerado com o passo a passo de como fazer a contagem, no app criado em PowerAPPS também existe uma aba de “tutorial” para evitar erros de registros.

Figura 13 - Folha de Instrução Operacional

BIO 33XX		Folha de Instrução Operacional		Edição: 01 - ago/24	Pág 1/1								
Setor: Logística Industrial		Posto: Logística UN10		Operação: Coletar dados dos cavaletes de placas		Resultados Esperados: Atualizar informações de recebimento de placas na UN10							
EPI's Obrigatórios: Luvas e Mascara.				Símbolos:									
ATIVIDADES CRÍTICAS													
1				2				3					
O QUE? Instalação do APP de contagem na PlayStory				O QUE? Utilizar o app da forma correta				O QUE? Fazer a fotografia das placas e realizar a contagem					
COMO? Procurar na playstore o app "CountThings from Photos" e baixar no seu smartphone.				COMO? Entrando como visitante e baixando o modelo "Metal sheets (Stacked)" no app de contagem;				COMO? Aproxime o smartphone do molho que deseja contar tire a foto, pressione o botão "contar", irá aparecer varios pontos na tela. Utilize eles para agilizar a contagem pela foto. OBS: Se atentar para os valores que o APP inserir a mais ou a menos.					
PORQUE? Realizar a contagem dos molhos de placa de forma mais rapida.				PORQUE? Garantir que o APP faça uma contagem mais assertiva				PORQUE? Para realizar a contagem de forma agil e correta.					
4				5				6					
O QUE? Escolha dos molhos contados da forma correta.				O QUE? Armazenar os dados				O QUE? Utilizar o app como para auxiliar a contagem das placas					
COMO? Contar os molhos de placas em fileira, tentando sempre selecionar os molhos que aparentam estar mais conforme se comparado com o restante do cavalete.				COMO? Abrir o Powerapps no smartphone e procurar por "Contagem de Placas UN10", em seguida clicar no ícone.				COMO? Clicar em "tutorial" dentro do app, após ler o tutorial, clique em "Nova contagem" e preencha os campos conforme mostra o tutorial.					
PORQUE? Para que os dados não sejam enviesados e a amostragem siga correta conforme a estatística				PORQUE? Registrar os dados da contagem;				PORQUE? Estruturar a contagem, garantindo contagem dupla e auditoria e tratativa de pontos divergentes					
Implantação:		Distribuição		Notas				Aprovações					
B		35 - 33		Implantação				COORDENADOR		CONTROLADORIA		C.Q	
								WALDERIK SEVERO				JOSÉ LINS	

Fonte: O autor (2025)

5 RESULTADOS

Durante a pesquisa foram analisados 388 cavaletes de placas de chumbo, com o objetivo de identificar a variação entre a quantidade informada nas etiquetas e a quantidade real recebida. Para cada cavelete, foram observados 6 molhos de placas, escolhidos aleatoriamente conforme a figura 8. Durante o processo de coleta, foram registrados dados como a quantidade real e a quantidade da etiqueta, o horário da coleta e o horário registrado na etiqueta, o modelo e a polaridade das placas, além da data da coleta. Essas informações permitiram avaliar com maior precisão a diferença entre o valor físico e o valor declarado na etiqueta, com o propósito de identificar onde e quando estavam acontecendo essas variações, para que se pudesse entender melhor o que poderia estar causando essas divergências

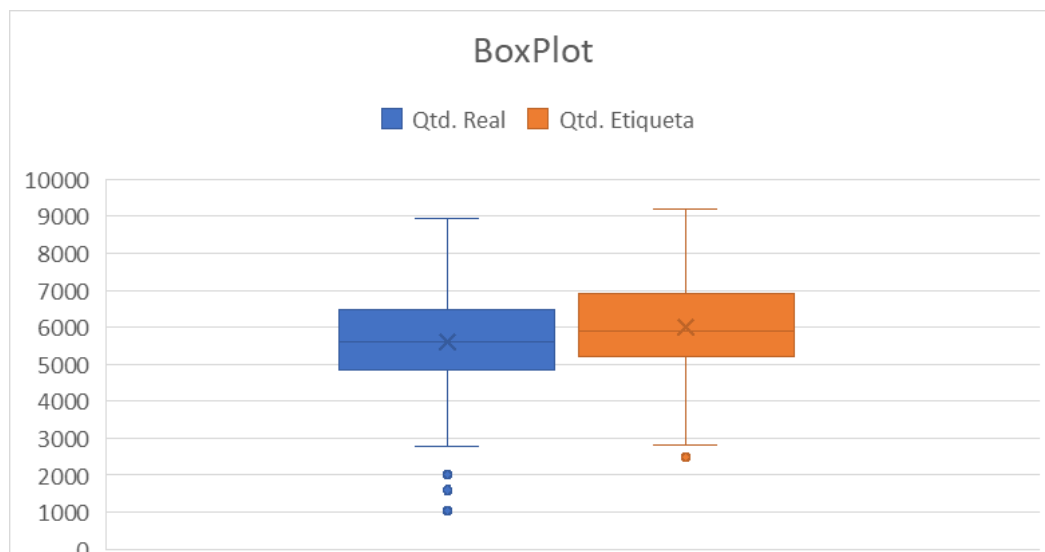
5.1 ANÁLISE INICIAL DOS DADOS

Com base na amostragem de 388 cavaletes, o que corresponde a aproximadamente 100 mil placas, foram criados indicadores relacionados à variação entre as quantidades registradas em etiquetas e as quantidades reais estimadas. Até o mês de junho de 2023, foram analisados 263 cavaletes, dos quais 13,3% foram classificados como outliers, devido a variações acima de 15%, que normalmente eram cavaletes de retrabalho, onde as etiquetas eram emitidas antes de preencher os cavaletes, ou cavaletes com fileiras incompletas, o que poderia estar acontecendo de forma deliberada pelos operadores. Os cavaletes classificados como fora do padrão apresentaram uma variação média negativa de 26,9% entre a etiqueta e a quantidade estimada. Em contrapartida, os cavaletes dentro do padrão esperado apresentaram uma variação média de 2,98%. Considerando todos os dados coletados, a variação média geral foi de 5,7%.

5.2 ANÁLISE EXPLORATÓRIA DOS DADOS

A Figura 19 apresenta o Boxplot comparativo entre a quantidade real de placas por cavelete e a quantidade registrada nas respectivas etiquetas. Esse gráfico foi elaborado com base nos dados obtidos durante a fase de coleta amostral descrita anteriormente.

Figura 14 - Boxplot para acompanhamento visual



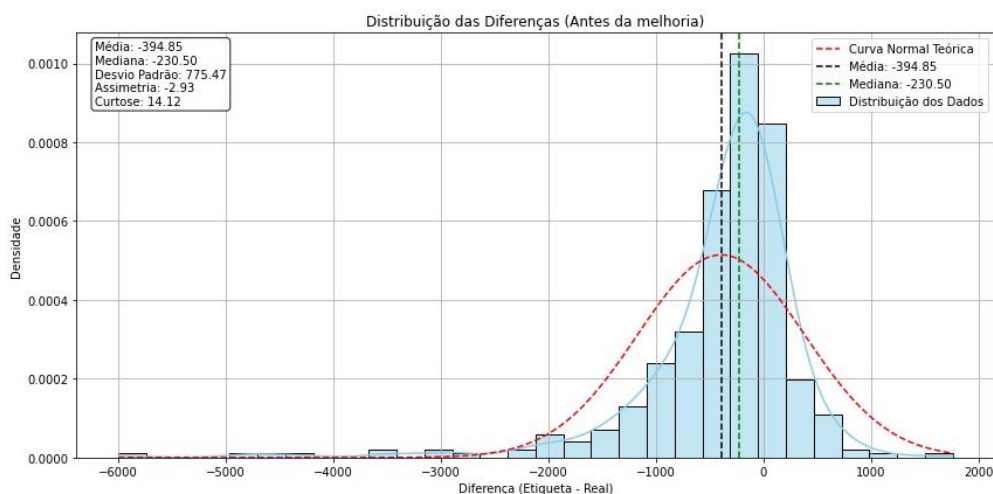
Fonte: O autor (2025)

Observa-se que a mediana e a média da quantidade registrada nas etiquetas são superiores às da quantidade real estimada. Essa diferença reforça a existência de uma tendência sistemática de superestimativa nas etiquetas, indicando uma provável inconsistência no processo de etiquetagem ou de contagem anterior ao envio. Além disso, existe a presença de outliers, principalmente na distribuição da quantidade real, o que evidencia variações pontuais que também devem ser consideradas na análise do problema. Posteriormente a análise por gráfico QQ será explorada de forma mais detalhada.

5.3 ANÁLISE DE HISTOGRAMA

Outro método visual também foi utilizado como forma de reforçar os dados, A Figura 19 apresenta a distribuição dos valores de diferença entre a quantidade de placas registrada na etiqueta e a quantidade real estimada por amostragem. O objetivo deste gráfico é avaliar a tendência e o comportamento dos desvios entre os dois métodos de mensuração.

Figura 15- Histograma dos dados das diferenças antes da mudança



Fonte: O autor (2025)

Observa-se que a distribuição é assimétrica à esquerda, indicando que em grande parte das ocorrências a quantidade real foi inferior à quantidade registrada na etiqueta. A concentração de valores negativos demonstra a presença de um padrão recorrente de superestimativa no processo de etiquetagem, reforçando as evidências levantadas por outras análises estatísticas do estudo. Posteriormente (5.6) será feita uma análise mais detalhada do histograma.

5.4 PRIMEIRAS TRATATIVAS

Durante o desenvolvimento do projeto no primeiro mês, começou-se a observar uma tendência na variação das etiquetas e o valor estimado para cada cavalete, e seu comportamento havia uma tendência negativa, ou seja, a unidade cliente estava comprando uma quantidade de placas de chumbo e recebendo uma quantidade tendenciosamente inferior, implicando no custo do produto e em riscos para o processo. Durante o período em que os cavaletes de placas ainda estavam sendo averiguados, os cavaletes com variação acima de 15% passaram a ter a diferença entre etiqueta e valor do inventário estornadas, para fins empresariais estes foram chamados de outliers, totalizando mais de 130 mil placas até o dia 31/08/2023 a Figura 21 mostra um exemplo de um cavalete considerado outlier. Essa medida imediata teve como objetivo pressionar o fornecedor para que o assunto fosse mais debatido e a busca por uma solução também partisse do fornecedor. Foram observadas reduções consideráveis dos outliers após o primeiro mês das contagens, possivelmente

consequência de uma maior fiscalização, o que deve ter gerado mais atenção na forma com que o fornecedor depositava as placas nos cavaletes antes do envio, pois sabiam que havia uma fiscalização posterior.

Figura 16 - Cavalete de placas considera outlier (retrabalho)

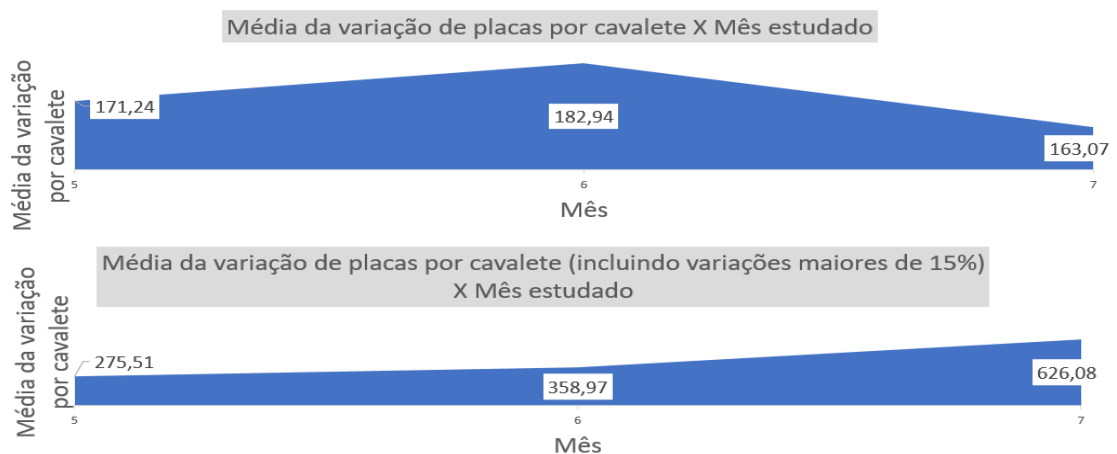


Fonte: O autor (2025)

5.5 AÇÕES E CONTRAMEDIDAS

No terceiro mês de coleta dos dados para fins de negociação, os cavaletes identificados como outliers passaram a ser localizados de forma intencional, e a devolução desses itens foi intensificada com o objetivo de exercer pressão sobre o fornecedor, podemos ver isto na figura 17 que mostra como a variação foi afetada por essa busca por outliers.

Figura 17 - Variação de placas com outliers vs variação de placas sem outliers



Fonte: O autor (2025)

Como observado no gráfico, no mês de julho, existiu uma crescente na variação se levar em conta os outliers, porém levando em consideração a variação dentro do esperado, ela diminui. Isso se deve possivelmente a pressão de fiscalização, e no caso do aumento da variação com os outliers, é devido a busca intencional por itens com essa variação. Com todo o arcabouço adquirido, e com os dados disponíveis, foi reestruturado um plano de ação que ocorreu de acordo com a quadro 3.

Quadro 3 - Plano de ação

CAUSA RAIZ	AÇÃO	RESPONSÁVEL	PRAZO	CUSTO	STATUS
Não é conferida a quantidade de placas por cavaletes antes do envio para a Unidade Cliente	Realização de um acordo entre Cliente e Fornecedor	xxx	28/07/2023	0	Concluído
Não é conferida a quantidade de placas por cavaletes antes do envio para a Unidade Cliente	Realizar ajustes na forma com que a etiqueta é emitida para os cavaletes de placas na Unidade Fornecedor	xxx	27/07/2023	0	Concluído
Não é conferida a quantidade de placas por cavaletes antes do envio para a Unidade Cliente	Fazer amostragem na Unidade Fornecedor	xxx	01/08/2023	0	Em andamento
Não é conferida a quantidade de placas por cavaletes antes do envio para a Unidade Cliente	Abertura de um novo projeto visando viabilizar a contagem de placas utilizando Inteligência Artificial (IA) e Aprendizado de Máquina.	xxx	01/09/2023	0	Espera
Não é conferida a quantidade de placas por cavaletes antes do envio para a Unidade Cliente	Devolução de cargas com 10% ou mais de divergência (Valor contado- etiqueta)	xxx			

Fonte: O autor (2025)

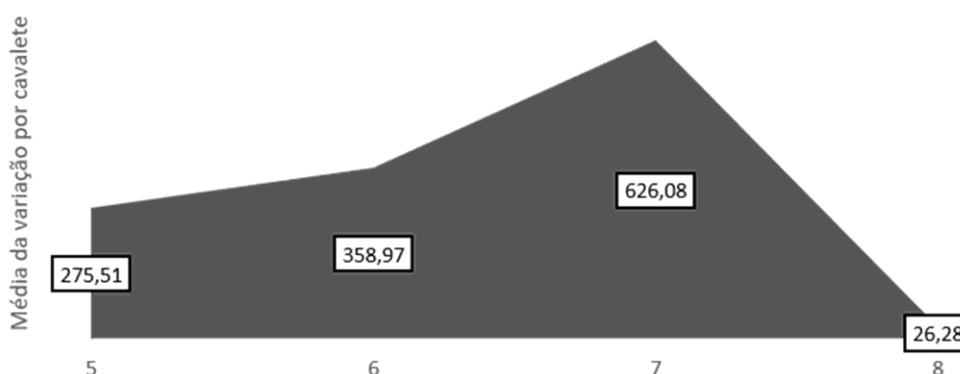
O quadro 3 mostra o plano de ação tomado a partir dos dados coletados, inicialmente realizada uma reunião com um representante do fornecedor, nessa reunião se discutiu os dados e foi posto a teste a forma de fazer a amostragem de placas, após concluir que a amostragem realmente estava sendo feita de forma a ter o mínimo de viés, um acordo foi feito para que a unidade fornecedora, além de dar uma atenção especial para cavaletes de retrabalho (O que muitas vezes acabavam vindo com variações maior de 15%), também foi negociado um ajuste de 5% na emissão de etiquetas, para que a quantidade real emitida pudessem se aproximar ao máximo da quantidade enviada, isso sem custo operacional. Para que essa variação fosse controlada também por parte do fornecedor, passou-se também a ser realizada a contagem por amostras antes da carga ser enviada. A porcentagem de devolução de cavaletes foi ajustada de 15% para 10% de variação aceitável, com o objetivo de atender as necessidades logísticas internas e diminuir impactos ao fornecedor no que diz respeito à produção. Ficou estabelecido também um limite aceitável de variação,

essa definição foi medida com base na expertise dos colaboradores envolvidos e ficou definida como mais ou menos 1,5%, ou seja, variações no intervalo de -1,5% e 1,5% seria consideradas variações dentro do esperado e não necessitaria mais uma rodada de acordos.

5.6 RESULTADOS PÓS-ACORDO

Após o acordo o acompanhamento da variação passou a ser feita utilizando o Power BI integrado a uma lista no SharePoint, essa lista é abastecida com um APP que pode ser utilizado por qualquer operador logístico, dessa forma a amostragem continua sendo relevante ao decorrer do tempo, já que os dados não estariam mais obsoletos. As amostragens do final de julho de 2023 e mês de agosto de 2023, mostram os primeiros resultados da mudança proposta, nesse período foram coletados dados de mais 135 cavaletes. A figura 18 mostra o comportamento dos dados de contagem ao longo do tempo considerando os outliers.

Figura 18 - média da variação de placas por cavalete

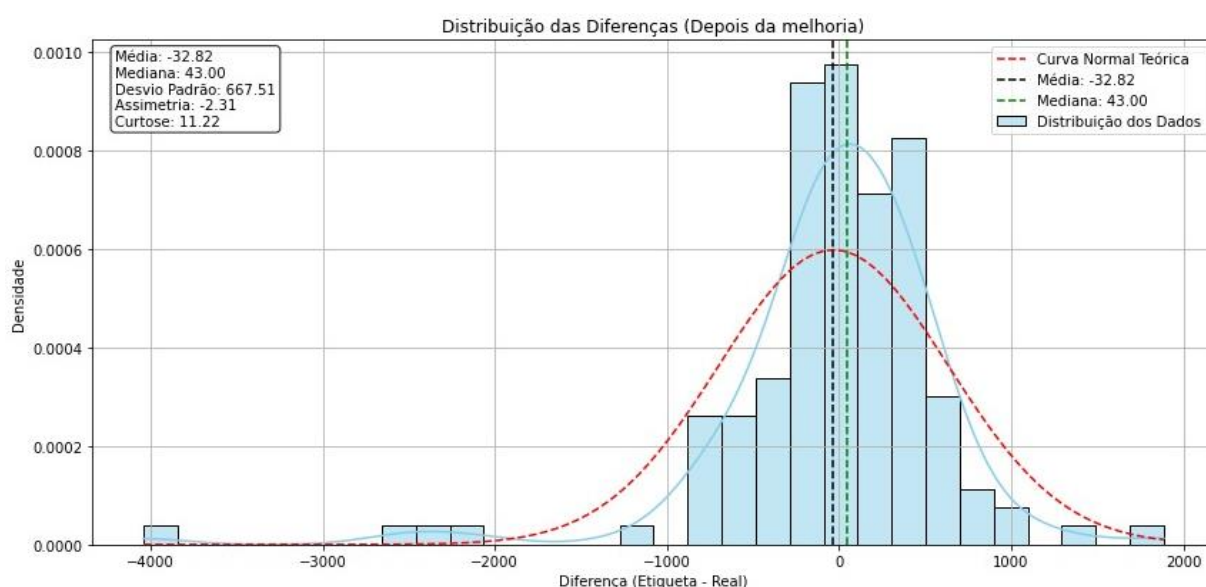


Fonte: O autor (2025)

Desconsiderando o mês de Julho (devido a busca efetiva por outliers) é possível observar que a variação que girava em torno de 318 placas por cavaletes, esse valor passou a ser menos de 27 placas por cavalete, também ocorreu uma diminuição drástica na quantidade de outliers, estes que passaram de uma média de 13,3% nos meses Abril à Julho de 2023, para uma média 5,19% mês de agosto, isso implica que a pressão exercida pela fiscalização e devolução das placas, fez com que a quantidade de outliers tivesse uma redução considerável. Com todos esses fatores a variação medida por amostragem que antes era de 5,7%, no início

do mês de agosto de 2023 com 136 amostragens, passou a ser 0,56%, ou seja, ficou dentro do intervalo esperado, e existiu uma redução de 5,14% na variação. Para avaliar a precisão das quantidades informadas nas etiquetas em comparação às quantidades reais de placas contadas, foram construídos gráficos de boxplot e distribuições das diferenças entre os valores reais e os valores indicados pelas etiquetas, tanto antes quanto após a mudança implementada no processo de etiquetagem.

Figura 19 - Histograma dos dados das diferenças depois da mudança



Fonte: O autor (2025)

5.6.1 COMPARAÇÃO POR GRÁFICO DA CURVA NORMAL

Foram analisadas as distribuições das diferenças entre os valores informados nas etiquetas e as quantidades reais estimadas, comparando os valores antes e depois das ações de intervenção. Pela distribuição e pelo gráfico podemos observar:

Antes da melhoria:

- Média: -394,85
- Mediana: -230,50
- Desvio padrão: 775,47
- Assimetria: -2,93
- Curtose: 14,12

Depois da melhoria:

- Média: -32,82
- Mediana: 43,00
- Desvio padrão: 667,51

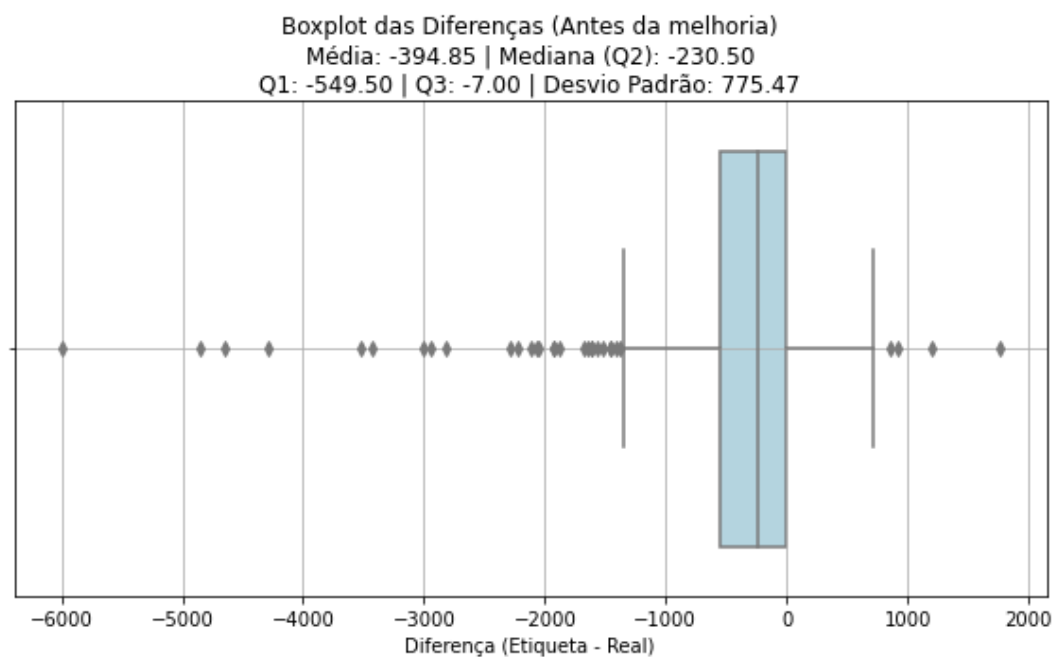
- Assimetria: -2,31
- Curtose: 11,22

Pré-mudança, a distribuição apresenta um formato assimétrico, com a maior parte dos dados concentrando-se em valores negativos (Média negativa), indicando que as etiquetas estão sendo superestimadas em relação a quantidade real estimada de placas. A elevada assimetria negativa e curtose indicam vários valores extremos (outliers), com diferenças negativas superiores a 5.000 placas, o que sustenta a hipótese inicial da existência de erros sistemáticos que fazem com que a unidade cliente tenha uma diminuição na confiabilidade dos estoques além de custos adicionais na compra de insumos necessários para o processo produtivo.

Após-mudança, a distribuição tornou-se mais simétrica e com a média da diferença se aproximando de zero, a mediana passou a ser positiva e tanto o desvio padrão quanto a curtose reduziram, sinalizando menor dispersão e menor frequência de valores extremos, ou seja, foi constatado que o registro de outliers reduziram de uma forma expressiva. A redução da assimetria mostra que os dados se tornaram mais simétricos e próximos de uma distribuição normal.

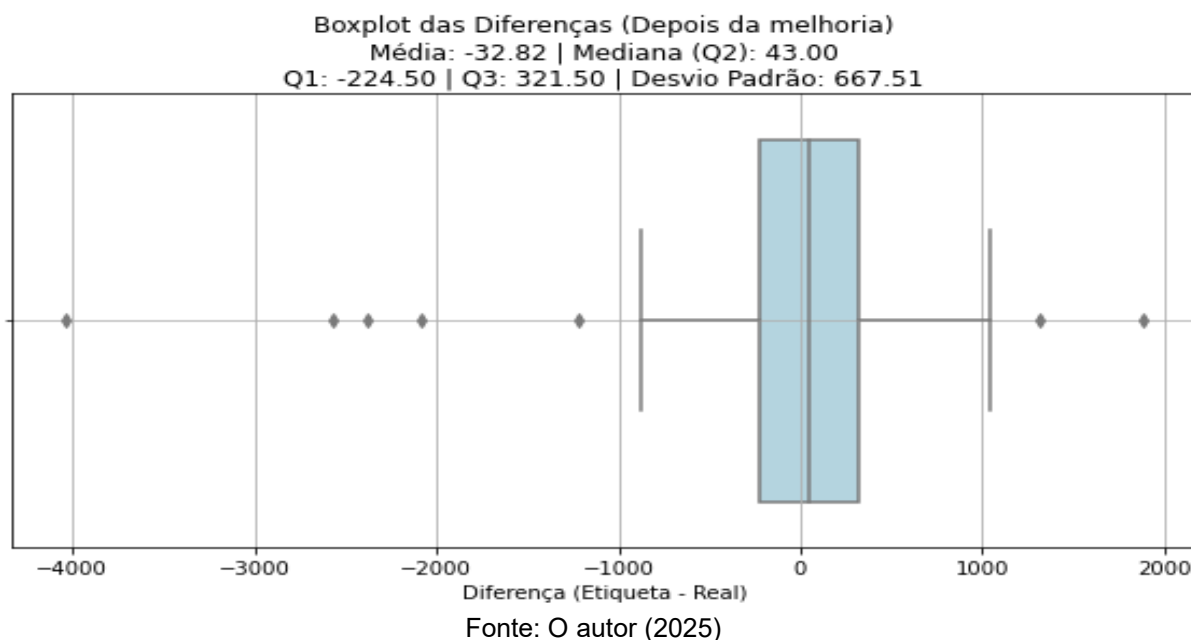
5.6.2 COMPARAÇÃO POR BOXPLOT

Figura 20 - QQPlot dos dados das diferenças antes da mudança



Fonte: autor (2025)

Figura 21 - QQPlot dos dados das diferenças depois da mudança



Os boxplots representados nas figuras 21 e 22 mostram as distribuições das quantidades reais e das quantidades informadas nas etiquetas.

Antes:

- Média: -394.85 | Mediana (Q2): -230.50
 - Valores negativos indicam que as etiquetas superestimaram constantemente a quantidade real
 - A mediana (-230.50) mostra que 50% dos cavaletes tinham diferença superior a 230 placas se comparado ao registrado
- Média: -32.82 | Mediana (Q2): 43.00
 - Redução de 362 na média da variação
 - A Mediana positiva indica que metade dos cavaletes passou a ter quantidades reais iguais ou pouco maiores que as etiquetas, porém como a média ainda continua negativa, isso pode indicar uma compensação ocorrendo, provavelmente por valores extremos (outliers). A fiscalização e o ajuste de 5% reduziram o viés sistemático, além disso, a mediana próxima do zero demonstra que o processo ficou mais preciso. Também é possível fazer algumas análises utilizando os quartis:

- Desvio padrão: 775.47 e intervalo interquartil (IQR = Q3 - Q1): 542.5
 - É possível notar diferenças extremas (de -6000 até + 2000)
 - 50% dos dados estavam entre -549.5 e -7

Depois:

- Desvio padrão: 667.51 e intervalo interquartil (IQR = Q3 - Q1): 546.5
 - Redução no desvio padrão
 - 50% dos dados estavam entre -224.5 e -321.5

As diferenças extremas ainda continuaram a aparecer depois das mudanças, porém a média está mais próxima do zero e foi notada uma redução de outliers, mostrando mais estabilidade. No geral, o desconto de 5% no momento de emitir as etiquetas reduziu as discrepâncias, entre quantidade real estimada e valor de etiquetagem, o que deve gerar mais confiabilidade nos estoques e na cadeia de processos que dependem desse insumo, além de reduzir o custo de produção por bateria produzida na fábrica.

5.7 ANÁLISE DO INVENTÁRIO DE PLACAS

Conforme apresentado na tabela 1 a variação percentual entre a contagem física de placas de chumbo e os registros no SAP, distribuída por mês. Os valores foram convertidos em percentuais para preservar a confidencialidade dos dados reais. É possível identificar que de fato a variação média girava em torno de 30%, com o início das ações de devolução que se intensificou no mês 7, foi evidenciado que já houve uma melhora significativa em relação aos meses anteriores. No mês de agosto de 2023 (08/2023) foi realizado o inventário após os ajustes de 5% na emissão das etiquetas na unidade fornecedora, com isso se esperava uma redução na variação geral da fábrica, o resultado mostrou uma queda de 62,72% na variação de inventário de placas. Resultados semelhantes foram identificados em outros estudos aplicados à indústria de alimentos e logística de armazéns, reforçando a efetividade do uso de metodologias estruturadas no recebimento (WRÓBEL et al., 2024; PEREIRA; SCHOTT; ESTORILIO, 2025).

6 CONCLUSÃO

Este trabalho demonstrou que a implementação de metodologias baseadas na coleta de dados, aliadas a ferramentas de qualidade como o Kaizen e PDCA, foi fundamental para reduzir a variação entre a quantidade etiquetada e a quantidade real estimada de placas de chumbo recebidas na unidade produtiva estudada. Essa abordagem combinou análise estatística e fiscalização sistemática para negociação com o fornecedor, resultando em uma redução expressiva da divergência média de 5,7% para 0,56%, além de também diminuir a quantidade de outliers (de 13,3% para 5,19%) no período estudado. Esses resultados não apenas melhoram a acuracidade do estoque, como também reduzem os custos operacionais e aumentam a confiabilidade dos estoques e consequentemente do sistema de gestão como um todo.

A interdisciplinaridade entre as áreas de produção, logística, financeira e gerencial foi não só essencial como também necessária para a continuação e sucesso do projeto, dessa forma corroborando com a visão de Slack et al. (2009) que a eficiência operacional depende da integração entre departamentos. Além disso, a utilização de ferramentas tecnológicas, como o Power Bi, Power APPs, e ferramentas de inteligência artificial para contagem, reforçam a importância do uso da Tecnologia da Informação na gestão de operações fabris, conforme destacado por Davis, Aquilano e Chase (2003).

Apesar dos resultados positivos, foram identificadas várias limitações ao longo do estudo, como por exemplo a necessidade de uma futura análises mais específicas por SKU, ou seja, ao invés da aplicação da penalização de 5% por etiqueta, poderiam ser aplicadas pela variação individual de cada SKU, além disso, a implementação de controles automatizados no fornecedor poderia eliminar variações na origem, sendo assim futuras pesquisas poderiam explorar:

- Automatização do processo de contagem no fornecedor, utilizando tecnologias como visão computacional, IoT, ou até mesmo a renovação

das linhas de produção com a contagem partindo da máquina ao invés de precisar ter o input manual.

- Estudo de impacto financeiro incluindo o custo-benefício da fiscalização contínua versus os ganhos de precisão.
- Expansão da metodologia para outros insumos na cadeia produtiva, ou até mesmo outras fábricas.

Os resultados também reforçam a premissa de Corrêa e Corrêa (2012) de que a acuracidade de estoque é um pilar para a eficiência logística e a competitividade industrial. A solução explorada neste trabalho, teve como pilar, ser uma solução de baixo custo e alto impacto, mostrando que soluções simples, porém bem embasadas, podem gerar grandes impactos, demonstrando como a melhoria contínua (Kaizen) e monitoramento sistemático pode transformar processos operacionais, alinhando-se a ideia de Slack et al. (2018) de que "pequenos melhoramentos acumulados geram transformações expressivas".

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, F. et al. ISO-based framework optimizing IIoT for sustainable supply chain operations. *Sustainability*, v. 17, n. 14, p. 6421, 2025.
- BANDEIRA, A.; CAMPOS, L. M. S. Developing logistics and operations visibility: A historical overview. *Brazilian Journal of Operations & Production Management*, v. 21, p. e20240286, 2024. DOI: 10.14488/BJOPM.2024.019.
- BASTOS, Maria Eugênia Piuvezam de Albuquerque. Redução do índice de orelha oxidada em placas de baterias automotivas: um estudo de caso em uma estufa industrial sem controle. 2021. 85 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Produção) – Centro Universitário Unifacisa, Campina Grande, 2021.
- BESSA, M. J. C.; CARVALHO, T. M. X. B. Tecnologia da informação aplicada à logística. *Revista Ciências Administrativas*, 2007.
- CHARAN, J.; KANTHARIA, N. D. How to calculate sample size in animal studies? *Journal of Pharmacology & Pharmacotherapeutics*, v. 4, n. 4, p. 303-306, 2013. DOI: 10.4103/0976-500X.119726.
- COCHRAN, W. G. Sampling techniques. 2. ed. New York: Wiley, 1963.
- CORRÊA, H. L.; CORRÊA, C. A. Administração de produção e operações: manufatura e serviços: uma abordagem estratégica. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2012.
- DA SILVA, Jéssica Belém; DE MACEDO ANASTÁCIO, Francisca Alexandra. Método Kanban como ferramenta de controle de gestão. *Id on-line Revista de Psicologia*, v. 13, n. 43, p. 1018-1027, 2019.
- DEMING, W. Edwards. Out of the crisis. Cambridge: Massachusetts Institute of Technology, Center for Advanced Engineering Study, 1986.
- FIGUEIREDO, L. S.; CERANTOLA, R.; PEREIRA, T. L. F.; et al. Purpose, Lean and sustainability: don't you forget who we are. *Gestão & Produção*, v. 32, e2110, 2025. DOI: 10.1590/0104-530X-2110-24.
- FONTELLES, M. J.; SIMÕES, M. G.; ALMEIDA, J. C.; FONTELLES, R. G. S. Metodologia da pesquisa: diretrizes para o cálculo do tamanho da amostra. *Revista Paranaense de Medicina*, v. 24, p. 57-64, 2010.
- FREITAS, Isabel Siega; BARROS FILHO, Luis Cordeiro de. Diagnóstico da implantação da metodologia de gestão estratégica World Class Manufacturing

(WCM) nas indústrias de Pernambuco. *Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada*, v. 3, n. 1, p. 65-74, 2016.

IMAI, M. *Gemba Kaizen: a commonsense approach to a continuous improvement strategy*. New York: McGraw-Hill, 1997.

INDRAWATI, N.; KARMILA, N. Digital transformation of grocery in-store shopping—scanners and RFID technologies. *Foods*, v. 13, n. 18, p. 2948, 2024.

JIANG, Qing; LI, Feng; REN, Tianhe; et al. T-Rex: counting by visual prompting. *arXiv*, 2023. Disponível em: <<https://arxiv.org/abs/2311.13596>>. Acesso em: 6 ago. 2025.

KIM, J.-D.; KIM, T.-H.; HAN, S. W. Demand forecasting of spare parts using artificial intelligence: a case study of K-X tanks. *Mathematics*, v. 11, n. 3, p. 501, 2023. DOI: 10.3390/math11030501.

LIKER, J. K. *The Toyota way: 14 management principles from the world's greatest manufacturer*. New York: McGraw-Hill, 2005.

MARQUES, José Carlos; ANDRADE, Estêvão; ABREU, Maria da Luz; SILVA, Teodoto; CUNHA, Vitalina. *Ferramentas da qualidade*. [S.l.: s.n.], [20--].

MICROSOFT. *Visão geral do Power Apps*. Microsoft Learn, 2025. Disponível em: <<https://learn.microsoft.com/pt-br/power-apps/powerapps-overview>>. Acesso em: 9 ago. 2025.

MOURA, Jéssica de Oliveira. *Visão geral de eficiência e aplicação do WCM*. 2019. Monografia (Graduação em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2019.

OLIVEIRA, J. F.; DOLCI, D. B. Antecedentes e consequências da governança relacional na cadeia de suprimentos do agronegócio. *Revista de Administração—REAd*, v. 30, n. 3, p. 1493-1524, 2024. DOI: 10.1590/1413-2311.422.139641.

PEREIRA, R. M. et al. *Administração de produção e operações: evolução, conceito e interdisciplinaridade com as demais áreas funcionais*. [S.l.: s.n.], [20--].

PEREIRA, T. de S.; SCHOTT, F. M.; ESTORILIO, C. C. Enhancing inventory accuracy in dairy industries: a DMAIC approach. *Brazilian Journal of Operations & Production Management*, v. 22, p. e20251238, 2025. DOI: 10.14488/BJOPM.2025.098.

REZENDE, D. A.; ABREU, A. F. *Tecnologia da informação aplicada a sistemas de informação empresariais*. São Paulo: Atlas, 2000.