



GOVERNO DO ESTADO DO
AMAZONAS

UNIVERSIDADE DO ESTADO DO AMAZONAS
ESCOLA SUPERIOR DE TECNOLOGIA – EST
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA

ARTHUR GABRIEL CARDOSO DA PONTE

ESTUDO DE OCORRÊNCIA DE *GAP* ENTRE TAMPA TRASEIRA E GABINETE
INJETADOS PLASTICAMENTE NUM MONITOR DE 29 POLEGAS

MANAUS

2023

ARTHUR GABRIEL CARDOSO DA PONTE

ESTUDO DE OCORRÊNCIA DE *GAP* ENTRE TAMPA TRASEIRA E GABINETE
INJETADOS PLASTICAMENTE NUM MONITOR DE 29 POLEGAS

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao curso de Engenharia Mecânica da Universidade do Estado do Amazonas como requisito para a obtenção do título de bacharel em Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof. Dr. Gilberto Garcia del Pino.

MANAUS

2023

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.

Ponte Ponte, Arthur Gabriel Cardoso da
ESTUDO DE OCORRÊNCIA DE GAP ENTRE
TAMPA TRASEIRA E GABINETE INJETADOS
PLASTICAMENTE NUM MONITOR DE 29 POLEGAS
/ Arthur Gabriel Cardoso da Ponte. Manaus : [s.n], 2023.
51 f.: color.; 29 cm.

TCC - Graduação em Engenharia Mecânica -
Universidade do Estado do Amazonas, Manaus, 2023.
Inclui bibliografia
Orientador: del Pino, Gilberto Garcia

1. Injeção plástica. 2. GAP. 3. Tampa traseira. 4.
Qualidade. 5. Monitor. I. del Pino, Gilberto Garcia
(Orient.). II. Universidade do Estado do Amazonas. III.
ESTUDO DE OCORRÊNCIA DE GAP ENTRE TAMPA
TRASEIRA E GABINETE INJETADOS
PLASTICAMENTE NUM MONITOR DE 29 POLEGAS

Elaborado por Jeane Macelino Galves - CRB-11/463

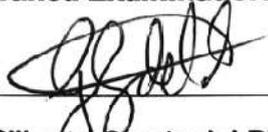
ARTHUR GABRIEL CARDOSO DA PONTE

ESTUDO DE OCORRÊNCIA DE *GAP* ENTRE TAMPA TRASEIRA E GABINETE
INJETADOS PLASTICAMENTE NUM MONITOR DE 29 POLEGAS

Este Trabalho Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Mecânica e aprovado em sua forma final pelo Curso de Engenharia Mecânica

Manaus, 31 de março de 2023.

Banca Examinadora:



Prof. Gilberto Garcia del Pino, Dr.

Orientador(a)



Prof. Antônio Cláudio Kieling, Dr.

Avaliador(a)



Prof. Aristide Rivera Torres, Dr.

Avaliador(a)

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus por todo direcionamento, por me ajudar a manter a postura firme sempre com foco e determinação e por sempre ser bondoso comigo e minha família.

Agradeço a minha família que me deu todo o apoio desde o começo e que sempre acreditou em mim. A minha mãe e ao meu falecido pai que nunca mediram esforços para proporcionar as melhores condições para eu poder estudar e trabalhar.

Agradeço todos os professores que puderam me ensinar e me guiar até aqui, em especial o professor Gilberto que aceitou ser meu orientador e pode me ajudar nessa caminhada.

Agradeço a todos que de alguma forma me ajudaram nesta caminhada para alcançar meus sonhos.

RESUMO

Com o passar do tempo, os processos e produtos tem aumentado sua complexidade, conseqüentemente, a qualidade acompanha essa tendência. Nesse quesito, os clientes estão mais preocupados com seu produto e procuram algo sem falhas ou defeitos. Dessa forma, as empresas, com o intuito de permanecer no mercado, devem entregar produtos e serviços que satisfaçam e conquistem seus consumidores, pois, perder a confiança de um cliente pode acarretar conseqüências que vão além da redução do custo do produto (RODRIGUES, 2018).

Com base nisso, este projeto teve por objetivo destacar uma falha recorrente para uma fábrica de monitores de uma empresa multinacional sul-coreana do Polo Industrial de Manaus, onde há uma linha de produção capaz de fazer a montagem completa do monitor para envio ao cliente. O monitor é dividido em três principais partes: o módulo (onde consta a tela e a placa principal de controle), o gabinete (o qual é acoplado ao módulo para fixá-lo à tampa), e a tampa traseira (responsável por proteger o aparelho contra sujeiras e impactos). Na linha de produção da fábrica em questão foi observado que alguns monitores apresentavam certa abertura em uma das partes de fechamento, especificamente no canto superior direito entre o gabinete e tampa traseira. Tal problema, recorrente em fábricas, é chamado de *GAP* (do inglês, “intervalo”). Devido a isso, a produção teve de ser interrompida por um certo tempo.

Nesse contexto, surgiu a oportunidade de desenvolvimento e pesquisa de métodos que fossem capazes de trabalhar com conceitos de causa raiz como o diagrama de Ishikawa e com conceitos de solução de problema como o famoso método 8D para atuar de forma sistemática de modo que foi possível usar soluções provisórias para manter a produção enquanto não se alcançava a causa raiz, conseqüentemente, a solução definitiva. Após isso, observou-se que o problema se concentrava em parâmetros de injeção que afetava diretamente o gabinete (parte que é fruto de injeção plástica) que, após ajustes, surtiram efeitos positivos, além de melhorias de projetos que foram capazes de erradicar o problema do *GAP* e servir de exemplo para outros inúmeros casos nesta empresa.

Palavras-chave: Injeção plástica, *GAP*, *tampa traseira*, qualidade, monitor.

ABSTRACT

Over time, processes and products have increased their complexity, consequently, quality follows this trend. In this regard, customers are more concerned about your product and are looking for something without flaws or defects. In this way, companies, in order to remain in the market, must deliver products and services that satisfy and conquer their consumers, since losing the trust of a customer can have consequences that go beyond the reduction of the cost of the product (RODRIGUES, 2018).

Based on this, this project aimed to highlight a recurring failure for a monitor factory of a South Korean multinational company in the Industrial Pole of Manaus, where there is a production line capable of making the complete assembly of the monitor for shipment to the customer. The monitor is divided into three main parts: the module (where the screen and the main control board are located), the cabinet (which is attached to the module to fix it to the cover), and the rear cover (responsible for protecting the device against dirt and impacts. In the production line of the factory in question, it was observed that some monitors had a certain opening in one of the closing parts, specifically in the upper right corner between the cabinet and the back cover. Such a problem, recurrent in factories, is called of GAP (from the English, "interval") Due to this, the production had to be interrupted for a certain time.

In this context, the opportunity arose to develop and research methods that were capable of working with root cause concepts such as the Ishikawa diagram and with problem solving concepts such as the famous 8D method to act systematically so that it was possible to use interim solutions to maintain production while the root cause is not reached, consequently, the definitive solution. After that, it was observed that the problem was concentrated in injection parameters that directly affected the cabinet (part that is the result of plastic injection) that, after adjustments, had positive effects, in addition to project improvements that were able to eradicate the problem of GAP and serve as an example for countless other cases in this company.

Keywords: Plastic injection, GAP, back cover, quality, monitor.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

| | |
|--|----|
| Figura 1 - Partes de um monitor e brinquedos em ABS | 16 |
| Figura 2 – Esquema da Máquina injetora..... | 17 |
| Figura 3 - Ciclo de Injeção | 18 |
| Figura 4 - Ilustração do diagrama de Ishikawa..... | 23 |
| Figura 5 - Detalhamento do local de ocorrência de GAP | 27 |
| Figura 6 - Ilustração do antes e depois do uso de Gasket na trava da tampa traseira | 29 |
| Figura 7 - Trava do canto superior direito da tampa traseira antes da modificação..... | 30 |
| Figura 8 - Trava do canto superior direito da tampa traseira depois da modificação | 30 |
| Figura 9 - Parafusadeira manual..... | 32 |
| Figura 10 - Partes mecânicas que envolvem a montagem do monitor | 33 |
| Figura 11 - Sequência de aparafusamento do gabinete ao módulo | 33 |
| Figura 12 - Ilustração do monitor com os auto falantes..... | 34 |
| Figura 13 - Ilustração do monitor com a placa principal | 34 |
| Figura 14 - Sequência correta de fechamento da tampa traseira | 34 |
| Figura 15 - Identificação da trava lateral quebrada | 35 |
| Figura 16 - Cálibre de folga..... | 36 |
| Figura 17 - Exemplo de medição de GAP | 36 |
| Figura 18 - Especificação de planicidade da tampa traseira ($A < 3\text{mm}$)..... | 38 |
| Figura 19 - Método de medição de planicidade..... | 38 |
| Figura 20 - Comparação entre o acabamento das travas dos cantos superior direito o e esquerdo..... | 39 |
| Figura 21 - Comparação do acabamento nos cantos inferior direito e esquerdo do gabinete | 39 |
| Figura 22 - Histórico de injeção do gabinete | 40 |
| Figura 24 - Ajuste: aumento de 0,2 mm nas travas..... | 42 |
| Figura 23 - Região de ajuste..... | 42 |
| Figura 25 - Medição da amostra com a alteração | 43 |
| Figura 26 - Teste de produção em massa..... | 44 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1 - Planilha 5W2H para o problema de GAP | 26 |
| Tabela 2 - Medidas de GAP com o uso de Gasket | 29 |
| Tabela 3 – Medições das dimensões das amostras de tampa traseira | 37 |
| Tabela 4 - Medições das dimensões das amostras de gabinete | 37 |
| Tabela 5 - Comparação de parâmetros de injeção | 41 |
| Tabela 6 - Medição de GAP antes e depois do uso do gabinete alterado | 43 |
| Tabela 7 - Produção e falhas por mês | 46 |

SUMÁRIO

| | | |
|-------|---|----|
| 1. | INTRODUÇÃO..... | 12 |
| 1.1 | PROBLEMATIZAÇÃO E HIPÓTESES | 13 |
| 1.1.1 | PROBLEMATIZAÇÃO..... | 13 |
| 1.1.2 | HIPÓTESES | 13 |
| 1.2 | DELIMITAÇÃO DO ESTUDO | 13 |
| 1.3 | OBJETIVOS | 13 |
| 1.3.1 | OBJETIVO GERAL | 13 |
| 1.3.2 | OBJETIVOS ESPECÍFICOS..... | 14 |
| 1.3.3 | JUSTIFICATIVA..... | 14 |
| 2. | FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA | 15 |
| 2.1 | RESINAS | 15 |
| 2.1.1 | RESINA NATURAL..... | 15 |
| 2.1.2 | RESINA SINTÉTICA..... | 15 |
| 2.1.3 | RESINA ABS | 15 |
| 2.2 | INJEÇÃO PLÁSTICA..... | 16 |
| 2.2.1 | PROCESSO DE INJEÇÃO | 17 |
| 2.2.2 | UNIDADE DE INJEÇÃO | 17 |
| 2.2.3 | UNIDADE DE FECHAMENTO..... | 18 |
| 2.2.5 | MOLDE..... | 19 |
| 2.2.5 | PRINCIPAIS FALHAS RECORRENTES NA INJEÇÃO..... | 20 |
| 2.3 | SOLUÇÃO DE PROBLEMAS..... | 21 |
| 2.3.1 | 8D – METODOLOGIA DAS OITO DISCIPLINAS | 21 |
| 3 | METODOLOGIA..... | 25 |
| 3.1 | ORGANIZAÇÃO DA EQUIPE..... | 25 |
| 3.2 | DESCRIÇÃO DO PROBLEMA | 26 |
| 3.3 | AÇÃO DE CONTENÇÃO | 28 |

| | |
|--|----|
| | 11 |
| 3.3.2 USO DO SOPRADOR DE CALOR | 30 |
| 3.3.3 UNIDADE LOCAL | 31 |
| 3.4 ANÁLISE DE CAUSA RAIZ..... | 31 |
| 3.5 PLANEJAMENTO DE AÇÃO DE CORREÇÃO | 41 |
| 3.6 TOMADA DA ATITUDE CORRETIVA | 43 |
| 3.7 PARADA DE RECORRÊNCIA DO PROBLEMA..... | 44 |
| 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES..... | 46 |
| 5 CONCLUSÕES..... | 48 |
| 6 REFERÊNCIAS | 49 |

1. INTRODUÇÃO

Foi por volta de 1920 que foram registrados os primeiros métodos de controle de qualidade, sendo impulsionado depois da Segunda Guerra Mundial que importantes metodologias como a produção enxuta (Lean), além da fundação da ISO, Organização Internacional para Padronização. Navarro (2023). Dessa forma, foi necessário a evolução paralela entre indústria e qualidade para garantir a concorrência de mercado.

Quando se analisa todas as partes de um monitor, 2 principais partes mecânicas são o gabinete e a tampa traseira. Os 2 são formados através da injeção plástica de resina ABS. Segundo Alvaro (2021) o ABS é muito famoso no meio da indústria de monitores, dentre suas propriedades mecânicas, esta é maleável e quando resfriada mantém suas características mecânicas e qualidade superficial.

No caso de uma certa empresa do distrito industrial de Manaus não é diferente, é utilizado esta resina para a montagem dessas 2 partes. Para a montagem de um monitor são necessárias 3 principais partes: o **módulo**, que a parte que vai receber a placa e que exibe a imagem na tela, o **back cover (tampa traseira)** e o **cabinet** (gabinete em português).

Quando é feita essa montagem, é observado que, após o travamento, fica uma distância a qual, em muitos casos, considerada desprezível entre o gabinete e a tampa traseira, porém, do ponto de vista do consumidor e da qualidade da fábrica, é preciso entender o quão essa abertura pode ser até que seja afetada a estética do produto. No caso dos monitores, principalmente os monitores gamers, a estética de um monitor é uma das principais características consideradas pelo consumidor.

Dessa forma, fica a questão, o que pode ter causado esse problema de *gap*? Será se o consumidor visualizasse deixaria de levar o produto para casa? quais podem ser os efeitos numa produção em massa? Essas e muitas outras perguntas serão respondidas através desse documento.

1.1 PROBLEMATIZAÇÃO E HIPÓTESES

1.1.1 PROBLEMATIZAÇÃO

Quais são as possíveis causas que levam a esse problema de *gap* e, principalmente, como deve ser a abordagem para solucionar esse problema em uma fábrica que precisa de resposta rápida para atender produção?

1.1.2 HIPÓTESES

H0: A análise de cada cota referente às uniões de cada elemento entre si pode conferir se as medidas estarão dentro do especificado.

H1: Existem possíveis pontos localizados na estrutura que forçam o *back cover* a se desprender do gabinete.

H2: As máquinas injetoras/ molde pode estar fora dos padrões indicados pelo fabricante.

1.2 DELIMITAÇÃO DO ESTUDO

O *GAP* é um problema recorrente em diversos aparelhos eletrônicos, podendo ocorrer em computadores, televisões, monitores, consoles de vídeo games etc. De um modo geral, esse problema pode seguir a mesma linha de raciocínio de resolução, desse modo, será observado o caso em monitores de 29 polegadas com resina termoplástica, pois confere vantagens de análise pelo tamanho reduzido, facilidade de conferir cotas, e entre outras situações.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GERAL

Demonstrar um estudo amplo, com auxílio de ferramentas da engenharia, do problema em questão que pode ser aplicado para outros casos dentro da indústria.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analisar os efeitos de peças que foram injetadas plasticamente e as consequências graves de pequenos erros.
- Montar plano de ação que facilite o entendimento e combate à problemas gerados no cotidiano de indústrias.
- Demonstrar que quando juntos, teoria e prática, tudo pode ser alcançado.

1.3.3 JUSTIFICATIVA

Na indústria atual, o papel principal de um engenheiro é ser um analista, mas não por questões salariais, mas sim por ter uma capacidade de observar causas e efeitos que muitos profissionais podem não ter o conhecimento. De acordo com a Wikipédia, “um engenheiro é um profissional de engenharia, preocupado com a aplicação do conhecimento científico, matemático e da criatividade para desenvolver soluções para problemas técnicos”, ou seja, ele/ela será responsável, em outras palavras, por resolver problemas.

Agora imagine a seguinte situação: há um problema que “estourou” de última hora, algo que precise de decisões rápidas e técnicas para perder o menor tempo de produção possível. É de se imaginar que pessoas comuns entrariam em desespero e não saberiam por onde começar. Mas para o engenheiro, é tudo o que ele precisa para demonstrar sua competência e aplicar os conhecimentos adquiridos.

O *GAP* é um dos milhares de problemas que as indústrias enfrentam cotidianamente e, apesar de parecer simples, pode gerar um efeito em cadeia se não tratado da maneira correta.

Dessa forma, será montado uma cadeia técnica e objetiva para análise e resolução desse problema com ferramentas científicas que realmente são eficazes no meio moderno. Por exemplo, para analisar a causa raiz de um problema, muito se fala em usar a “espinha de peixe”, porém a teoria não chega a nem 50% da resolução, mas o seu uso é muito eficaz para organizar as ideias para achar a solução.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 RESINAS

Antes de mais nada é interessante analisar o material vinculado à cada produto. As resinas são historicamente conhecidas por já serem utilizadas desde os primórdios da humanidade. A resina é uma substância usada para fabricar produtos e plásticos. Apesar de existirem diversos tipos de resinas, seu aspecto no geral é de um material não cristalino, viscoso e insolúvel na água. Pode ser transparente ou translúcido, solúveis em óleos essenciais, álcool, éter e outros. De modo geral temos dois tipos de resina: Resina natural e Resina Sintética (RETRAPENE, 2022)

2.1.1 RESINA NATURAL

Esse tipo de resina é aquele cuja formação se dá por plantas gerando essa substância inflamável de tom amarelo claro, é encontrada no estado sólido e pode amolecer sendo aquecida a 100°C. A resina vegetal rígida fossilizada é o âmbar, encontrada em árvores como o pinheiro, por exemplo. O breu, um tipo de resina natural são muito utilizados na indústria do papel, na fabricação de sabão em pó, vernizes e tintas (RETRAPENE, 2022).

2.1.2 RESINA SINTÉTICA

Apesar de fins semelhantes a resina natural, a resina sintética tem sua origem do petróleo. As resinas de hidrocarbonetos são muito utilizadas na produção de tintas e adesivos, além de fabricar plásticos dos quais se destaca a resina **ABS** (RETRAPENE, 2022).

2.1.3 RESINA ABS

Conforme Alvaro (2021) A resina ABS - Acrilonitrila Butadieno Estireno é uma resina termoplástica derivada do petróleo, é um material muito utilizado pela indústria por possuir excelente custo-benefício e pelas características que compreendem leveza, flexibilidade, resistência, versatilidade, facilidade de moldagem e muito mais. Através dele é possível criar uma série de produtos dos mais diferentes tipos, cores e aspectos.

Dentre as aplicações do ABS podem-se citar:

- Plásticos em geral: instrumentos musicais, canetas, embalagens de viagem, brinquedos, entre outros.
- Indústria Eletroeletrônica: carcaça de computadores, monitores, televisores, mouse, teclado, impressora, celulares, calculadoras, secadores, cafeteiras, entre outros.
- Construção: tubos, EPI's como capacete de segurança e afins.
- Automóveis: grelhas, carcaça de retrovisores, assentos, painéis, entre outros.

Figura 1 - Partes de um monitor e brinquedos em ABS



Fonte: Autor

A Injeção em **ABS** é um processo no qual o ABS é introduzido no cilindro da máquina injetora, aquecido, misturado e posteriormente injetado no molde, passando pela etapa de resfriamento e endurecimento no formato desejado, esse processo garante a produção de vários tipos de peças com formas e tamanhos diferentes, de acordo com a necessidade de cada cliente (PRIMO INDUSTRIAL, 2023).

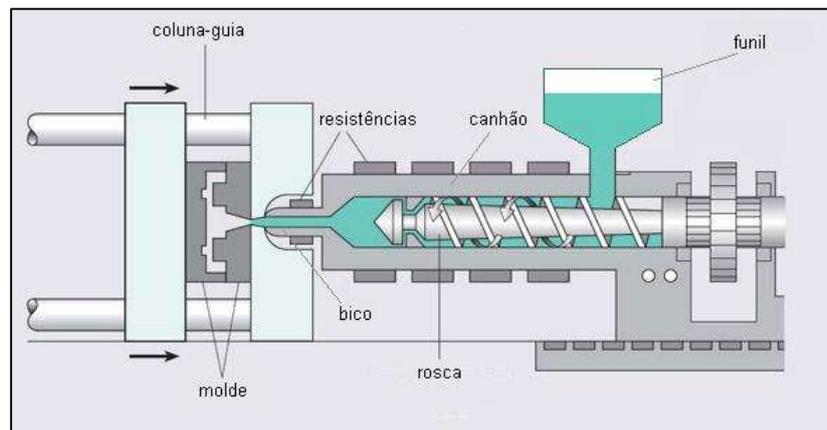
2.2 INJEÇÃO PLÁSTICA

Muito citado na engenharia mecânica, a injeção plástica nada mais é do que injetar um material plástico para adquirir uma forma desejada. Esse serviço passa por um processo complexo, dependendo de alguns fatores, como a temperatura, condições de resfriamento, pressão e velocidade ao injetar no material.

2.2.1 PROCESSO DE INJEÇÃO

Antes de mais nada, é necessário o preparo da matéria-prima, estudar seu comportamento termoplástico. Após a análise, os grânulos plásticos são transportados até o sistema de alimentação da máquina. Esse material é fundido e transformado em uma massa plastificada quando passado pela rosca transportadora que possui resistência acopladas. Após esse processo, inicia-se a pressão para injetar o material fundido no molde com a pressão gerada pela rosca e, em seguida, o molde é extraído com o material para realização de acabamentos e inspeção. A figura abaixo demonstra o processo (PRIMO INDUSTRIAL, 2023).

Figura 2 – Esquema da Máquina injetora



Fonte: Disponível em: <<http://www.tudosobreplasticos.com/processo/injecao.asp>>.

Acesso em 15 jan. 2023

2.2.2 UNIDADE DE INJEÇÃO

A unidade de injeção é composta pelos seguintes componentes:

- **Funil de alimentação:** armazena e direciona o material granulado até a rosca de plastificação (MANRICH, 2005).
- **Rosca de plastificação:** tem a função de transportar, comprimir, fundir, homogeneizar e dosar o material. Fatores como a geometria da rosca, quantidade de filetes por zona, relação de compressão e relação L/D

dependerão do material a ser injetado. A razão Comprimento/Diâmetro (L/D) afeta diretamente a homogeneização do material (CORDOVA, 2018).

- **Cilindro de plastificação:** local onde a rosca está alojada. Deve-se levar em consideração o tempo em que o material fundido fica no cilindro para não sofrer degradação (MANRICH, 2005).
- **Bico de Injeção:** permite a passagem no material e permite o aumento da velocidade de saída do interior do cilindro para as cavidade do molde (MANRICH, 2005).

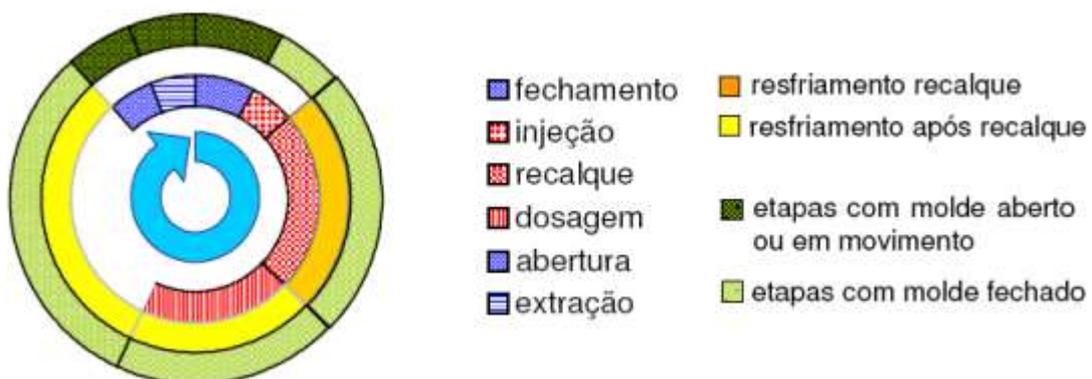
2.2.3 UNIDADE DE FECHAMENTO

A unidade de fechamento é a parte da máquina que contém o molde com o formato final da peça. O molde é umas das partes mais importantes e complexas da injeção, é necessário tomar muito cuidado com o projeto a ser abordado, pois muito dependerá da capacidade da injetora. Um dos moldes atualmente utilizados é o molde de canais quentes cuja sua diferença é que os seus canais são aquecidos e se solidificam junto com a peça, obtendo peças de maior qualidade (MANRICH, 2005).

2.2.4 CICLO DE INJEÇÃO

Segundo Cordova (2018) o ciclo total é a soma do ciclo de máquina e o tempo requerido para retirada das peças até o momento em que se fecha a porta de segurança, e um novo ciclo começa. O ciclo de máquina é a soma total do tempo de

Figura 3 - Ciclo de Injeção



Fonte: Disponível em: <http://www.ingaprojetos.com.br/download/prova_injecao.pdf>.

Acesso em 15 jan. 2023

injeção, do tempo de resfriamento da peça injetada, do tempo de abertura e fechamento do molde, conforme mostra a figura a seguir:

Como em produções são buscados ciclos rápidos para diminuir custos e aumentar a produção, a probabilidade de não se atentar para a qualidade pode gerar gastos catastróficos com produtos defeituosos.

2.2.4.1 ETAPA DE PREENCHIMENTO

Nessa etapa a velocidade de injeção controla o tempo de preenchimento. Durante o preenchimento na cavidade, o material fundido tem um fluxo determinado pela geometria da peça, das condições de processo (temperaturas e velocidade de injeção) e do ponto de injeção (geometria, posição e quantidade) (LOTTI, 2004).

Com velocidade de injeção baixas, ocorre maior transferência de calor, devido o preenchimento mais lento do molde, podendo gerar uma solidificação antes de preencher completamente o molde (CHIU, 1991).

2.2.4.2 ETAPA DE COMPACTAÇÃO

Nessa fase, a cavidade do molde já está preenchida, sendo necessário adicionar mais resina para compensar a contração do material devido a solidificação, sendo um processo muito semelhante ao rechupe nos processos de fundição (CORDOVA, 2018). Um fator importante é o tempo de recalque que é a fase em que a rosca permanece parada em sua posição mais avançada a fim de proporcionar a pressão de injeção necessária ao material plástico injetado no momento em que ele se cristaliza.

2.2.4.3 ETAPA DE RESFRIAMENTO

Sendo a última fase do ciclo de injeção, consiste na solidificação do material fundido quando entra em contato com as paredes do molde (CORDOVA, 2018).

2.2.5 MOLDE

Na injeção plástica, o molde é feito em aço. O molde é um importante componente que deve ser trabalhado com cuidado, pois é um dos componentes de preço mais elevado da injeção. Para garantir seu bom funcionamento, é necessário

atentar aos canais de distribuição, o poço frio e as uniformidades de temperatura (CORDOVA, 2018).

2.2.5 PRINCIPAIS FALHAS RECORRENTES NA INJEÇÃO

Bolhas de ar: nada mais é do que o evento de aprisionamento de ar na peça o que pode tornar o produto frágil. Grandes diferenças de temperatura podem causar tal problema, por isso, deve-se atentar para temperaturas muito altas ou muito baixas do molde e evitar abrir a porta antes da hora (FIT Tecnologia, 2023).

Manchas escuras: em certos casos aparecem colorações mais forte em peças fruto de restos de resinas no fuso e no cilindro, por isso, deve-se fazer manutenções periódicas (FIT Tecnologia, 2023).

Fragilidade: muito recorrente nas linhas de produção, a fragilidade de certo produtos atrapalham no bom andamento do fluxo. Um dos principais causadores desse problema são as tensões residuais acumuladas no produto moldado pois existem regiões onde serão aplicados maiores esforços necessitando de boas técnicas de projeção para garantir a qualidade (FIT Tecnologia, 2023).

Empenamento: geralmente causado pela contração desigual do injetado, o empenamento é um dos problema que podem gerar desconforto no consumidor, por isso, deve-se atentar a refrigeração não uniforme do molde (FIT Tecnologia, 2023).

Rebarbas: as rebarbas são um dos principais defeitos recorrentes na injeção. Nada mais são que sobrar de material, principalmente nas bordas, em locais que não deveriam existir. Nesses casos, é necessário um retrabalho para retirar o material sobrando (FIT Tecnologia, 2023).

Peças incompletas ou falhadas: são peças nas quais não se obteve o completo preenchimento da cavidade. Muitas são as causas para o aparecimento de peças incompletas ou falhadas, dentre elas as mais citadas são: baixo volume do injetado (baixa dosagem), fluxo de material impedido devido à falta de saídas de gás, falta de pressão de injeção, congelamento prematuro da seção transversal do canal (baixa velocidade de injeção ou controle de temperatura inadequado no molde) (DEBLASIO, 2007).

2.3 SOLUÇÃO DE PROBLEMAS

Como já dito anteriormente, a indústria é um ser dinâmico, que precisa de flexibilidade e agilidade e, quando se falar em problemas, em certos casos, é semelhante ao cotidiano de empresas. Dessa forma, é necessário um estudo detalhado das teorias abordadas em prévio conhecimento para encontrar um método melhor, adaptado para cada ambiente. Muitos são os métodos e procedimentos conhecidos para entender o problema e solucioná-lo, porém será se esses métodos são realmente eficientes? Serão analisados os mais conhecidos para formular um mais arrojado.

2.3.1 8D – METODOLOGIA DAS OITO DISCIPLINAS

O método 8D corresponde a uma série de ações que devem ser seguidas desde a identificação do problema até a parabenização da equipe pelos resultados obtidos. Chelson, Payne e Reavill (2005) consideravam as seguintes características do método:

- Pode ser aplicado em equipe de forma ordenada;
- Baseia-se em fatos e não em opiniões pessoais;
- Pode ser aplicado em qualquer tipo de problema ou atividade;
- Proporciona melhor comunicação entre as áreas que compartilham do mesmo objetivo;
- Vale-se de documentos para gerar relatórios.

A seguir, veremos as etapas que tornam o método 8D tão poderoso conforme Treter, Caten e Tinoco (2014):

1ª Etapa - Organização da Equipe: nesta fase da resolução de problemas, é necessário a presença de pessoas das diferentes áreas sob a supervisão de um líder para definir as metas, responsabilidades e a implementação de ações corretivas.

2ª Etapa – Descrição do problema: nada mais é do que a etapa de identificação do problema, saber onde ele ocorre, quando etc. Uma das formas de melhor trabalhar nesta fase é o uso do 5W2H.

3ª Etapa – Ação de contenção: nesta etapa será medido a eficácia das ações paliativas, ou seja, serão tomadas ações provisórias a fim de conter o problema para que não chegue ao cliente.

4ª Etapa – Análise de causa raiz: etapa fundamental para saber o que realmente originou o problema em questão, a análise de causa raiz observará todas as possíveis causas e feitos de cada uma delas para ocorrência do problema principal. Importante lembrar que a causa raiz abrange tanto o problema principal quanto a não detecção dele.

5ª Etapa – Planejamento de ação de correção: o objetivo desta fase é eliminar as causas raízes do tópico anterior e desenvolver ações corretivas permanentes.

6ª Etapa – Tomada da atitude corretiva: depois da quinta etapa, vem a tomada da ação para executar o que foi planejado, além de validar tais ações.

7ª Etapa – Parada de recorrência do problema: etapa que consiste em identificar oportunidades de melhoria para prevenir a reincidência do problema.

8ª Etapa – Encerramento do relatório: a etapa final no método tem por objetivo as conclusões finais sobre a situação, além da parabenização do time que atuou nela e divulgação dos resultados para o resto da corporação a fim de servir de inspiração para resolução de outras situações.

2.3.2 DIAGRAMA DE ISHIKAWA

O famoso diagrama de “espinha de peixe” como ficou grandemente conhecido, o diagrama de Ishikawa é uma das poderosas ferramentas da qualidade fundamental para encontrar as possíveis causas raízes de algum problema. Constituído de 6 tópicos fundamentais, este método aloca a maior parte das causas de problemas em empresas, sendo ideal para o trabalho em questão.

Cada um dos tópicos mostrado no diagrama são essenciais para a análise, dessa forma, pode-se definir cada um deles da seguinte forma segundo PEDRA (2023).

Figura 4 - Ilustração do diagrama de Ishikawa



Fonte: Disponível em: <<https://www.napratica.org.br/diagrama-de-ishikawa/>>.

Acesso em 16 jan. 2023.

- **Método:** geralmente nas fábricas é estipulado um conjunto de técnica padrão para a realização de alguma atividade a fim de garantir a qualidade, por isso é sempre importante checar o método utilizado para saber se está sendo seguido da maneira correta.
- **Medida:** erros gerados em medições são muito comuns, por isso é necessário ter os equipamentos com a calibração em dia e saber o que realmente está sendo medido, além de ter a certeza do padrões antes da tomada de qualquer decisão.
- **Máquina:** a indústria atual, como uma forma de maior produção, vem utilizando cada vez mais e mais máquinas, porém é necessário tomar cuidado para assegurar que elas estão desempenhando a função a qual foram programadas, pois pode haver erros que gerem pequenos problemas que afetarão um ambiente futuro.
- **Meio ambiente:** A localização geográfica pode influenciar muito numa produção caso o local de trabalho não esteja em condições isoladas, dessa forma, é preciso tomar bastante cuidado para que o ambiente interno e externo não interfira nos resultados de produção.
- **Mão de obra:** O ser humano ainda é a peça fundamental em qualquer processo produtivo, mas, assim como qualquer outro ser, esta sujeito falhas, por isso é preciso garantir o treinamento correto e acompanhamento de trabalho para garantir a uniformidade e padronização de procedimentos.

- **Material:** em muitos casos o uso de um material de baixa qualidade aparenta a ser mais vantajoso pois é mais barato, porém pode trazer consequências irreversíveis, perdas de produção e muitos outros problemas, por isso é necessário sempre está checando o material antes de sua entrada na linha produtiva.

3 METODOLOGIA

A ideia de analisar um problema se utiliza de artifícios aprendidos por teóricos e das novas ideias advindas do conhecimento geral. Para entender cada caso de análise de um problema pode-se usar elementos gerais e elementos específicos.

Nesse contexto, nada melhor e mais claro para a análise de causa raiz como o diagrama de Ishikawa e os conceitos de solução de problema pelo método 8D para definir planejar e definir atitudes que sejam paliativas (enquanto não é encontrada a causa raiz) e, em seguida, atuar de forma incisiva na causa para definir uma solução definitiva, junto com melhorias e ações que poderiam ser tomadas para evitar o problema de *GAP*. Dessa forma, partiu-se para ações conforme estão descritos nos métodos.

3.1 ORGANIZAÇÃO DA EQUIPE

Conforme explicado anteriormente, é fundamental a presença de pessoas de diversas áreas e, nesse caso, são necessárias pessoas qualificadas para o entendimento do problema. Dessa forma, devem ser analisados as seguintes características de cada um da equipe:

- Disponibilidade: obviamente que, mesmo com toda a experiência, um gerente não pode ser escolhido, pois é necessário tempo para entender cada situações, por isso, é necessário analisar a disponibilidade das pessoas que estarão na equipe.
- Qualificação: analistas são ideais para a resolução desse problema, por isso devem estar presentes, levando em consideração suas respectivas áreas de atuação.

Dessa forma, foi formado uma equipe com as seguintes características:

- 1 engenheiro do produto: pois são responsáveis pela aplicação de tal produto (monitor) e entendem de cada elemento nele presente.
- 1 engenheiro de processo: pois, além do produto, é importante entender o andamento de cada etapa de processo para saber de uma possível causa raiz.

- 1 engenheiro da qualidade: pode ser trabalhado o que for para resolver, mas se enquanto não for aprovado por alguém de qualidade, nada valerá a pena, por isso fundamental a presença de tal.
- 1 supervisor de engenharia: necessário para acompanhar e delegar as tarefas do time.

O ideal seria a presença de mais pessoas por qualificação, porém é necessário avaliar as condições existem e, às vezes, mais pessoas além do necessário podem retardar a resolução. Não mais, as demais pessoas atuantes são igualmente importantes, porém a equipe formada acima que deverá tomar as atitudes necessárias para o entendimento e resolução do problema.

3.2 DESCRIÇÃO DO PROBLEMA

Importante lembrar que a ferramenta 5W2H pode ser usado tanto para identificação de problema quanto para a resolução dele. Inicialmente, será montada uma tabela para identificar o problema, detalhando cada situação.

Tabela 1 - Planilha 5W2H para o problema de GAP

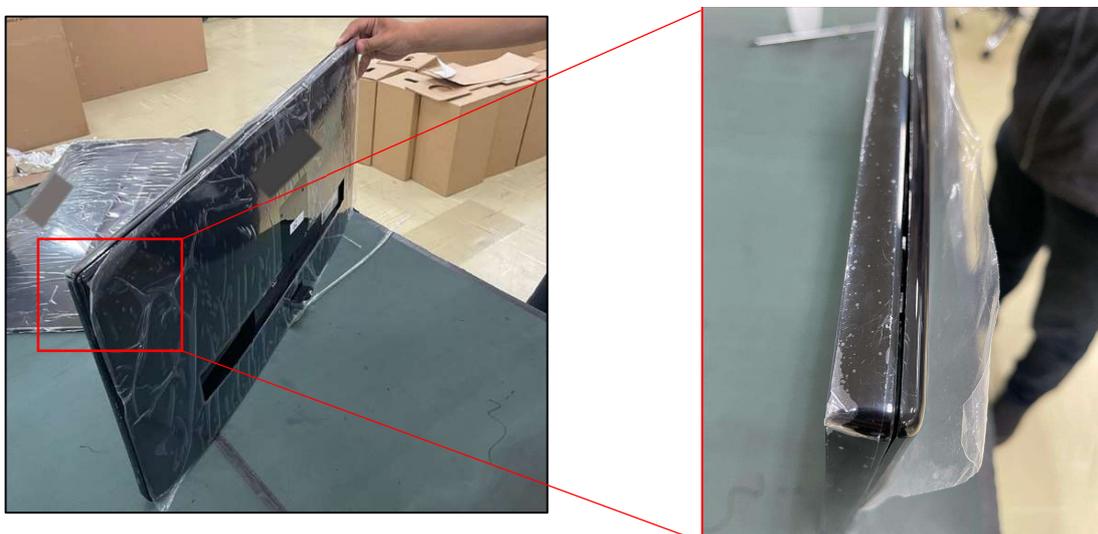
| | |
|--------------------------|---|
| Descrição inicial | GAP no monitor de modelo de monitor de 29 polegadas |
| O que | Identificação do problema de GAP no monitor |
| Porque | Segundo a qualidade, estaria fora dos padrões de consumo, sendo necessário a parada de produção de tal modelo. |
| Como | 1. Necessário coletar 5 amostras da ocorrência para análise. 2. Verificar se realmente é ou não problema (uso de paquímetro/cálibre de folga é fundamental). O engenheiro deverá ir atrás das especificações do modelo (GAP > 0,8 é problema, do contrário, não é problema). |

| | |
|----------------|--|
| Onde | <ol style="list-style-type: none"> 1. O problema foi identificado primeiramente na distribuidora do modelo em São Paulo. 2. Em seguida foi identificado que ocorria também na linha de produção em Manaus. 3. As ações iniciais serão realizadas no setor de engenharia de produto. 4. O problema ocorre no canto superior direito entre a tampa traseira e o gabinete do monitor. |
| Quem | <ol style="list-style-type: none"> 1. O time de qualidade em São Paulo relatou o caso e foi passado para equipe de qualidade local. 2. O time de produto e processos foram acionados. 3. A equipe formada deverá analisar a situação |
| Quando | No momento em que houve a identificação do problema (08/08/2022) |
| Quanto? | 2 Horas de trabalho/pessoa, como havia 4 pessoas (aproximadamente 320 reais) |

Fonte: Autor

Dessa forma, a abertura acima foi medida e, realmente, estava fora dos padrões, ou seja, o *GAP* estava acima de 0,8 mm nos 5 casos citados. Além disso,

Figura 5 - Detalhamento do local de ocorrência de GAP



Fonte: Autor

como mostrado na tabela, o problema se fez presente na distribuição em São Paulo onde existia um total de 39 peças com problema.

3.3 AÇÃO DE CONTENÇÃO

A dinâmica de uma fábrica de grande porte é de um nível extraordinário, onde o que importa é a produção e, conseqüentemente, as vendas. Surgido então esse problema, cobra-se uma resposta rápida para dar a vazão mais rápida possível. Surge-se então as soluções paliativas como uma forma de resposta rápida. Uma das mais importantes etapas é a ação de contenção, essa etapa que vai “segurar as pontas” enquanto o problema não for resolvido de fato. Para a situação mostrada, deve-se atuar em duas linhas de frente, em Manaus e em São Paulo.

Foram necessárias análises preliminares para tomar ações rápidas, das quais podem se destacar:

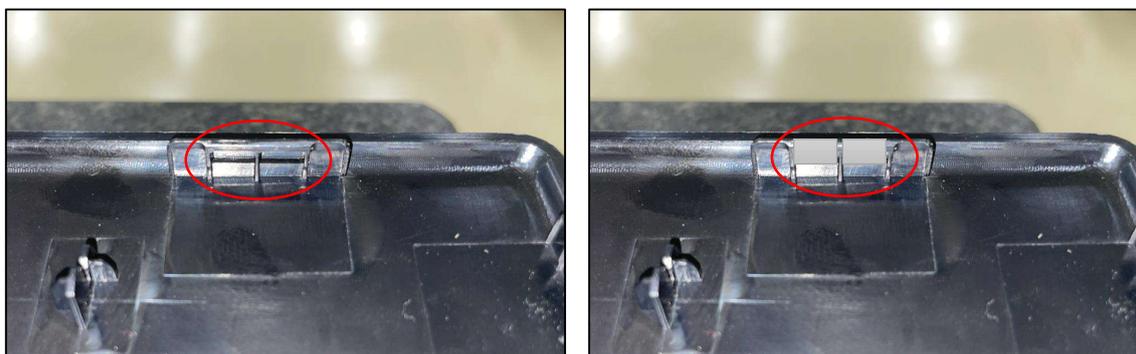
- O problema é a abertura gerada na tampa traseira do monitor, por algum motivo então, conclui-se que ela está mal encaixada ao gabinete.
- Se está mal encaixada, algum problema está nas travas/ encaixes da peça, no caso, na trava do canto superior direito do monitor.
- Algumas tampas traseiras eram mais curvadas internamente do que outras, no sentido que melhorasse o fechamento nesses casos.
- Dessa forma, mesmo não sabendo a causa raiz, será tomada uma medida para que, pelo menos a peça se encaixe à outra.
- Procura-se então o método mais eficaz para realizar esse procedimento.

Portanto, os seguintes métodos foram tomados como uma forma de ação provisória:

3.3.1 USO DE GASKET

Do inglês, *Gasket* significa “junta”, na situação da empresa atual, nada mais é do que um pedaço de fita empregado em outras partes do aparelho que foi utilizado para melhorar a trava da tampa traseira. A ideia consiste em enrolar a fita ao redor da trava para foçar mais o seu encaixe.

Figura 6 - Ilustração do antes e depois do uso de Gasket na trava da tampa traseira



Fonte: Autor

Tabela 2 - Medidas de GAP com o uso de Gasket

| 1 camada | | 2 camadas | | 3 camadas | |
|----------|--------|-----------|--------|-----------|--------|
| Antes | Depois | Antes | Depois | Antes | Depois |
| 1 | 1 | 1 | 1,2 | 1 | 1,2 |
| 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,2 |
| 1,1 | 1,2 | 1,1 | 1,2 | 1,1 | 1,2 |
| 1,2 | 1,2 | 1,2 | 1,3 | 1,2 | 1,3 |
| 1,3 | 1,3 | 1,3 | 1,3 | 1,3 | 1,4 |

Fonte: Autor

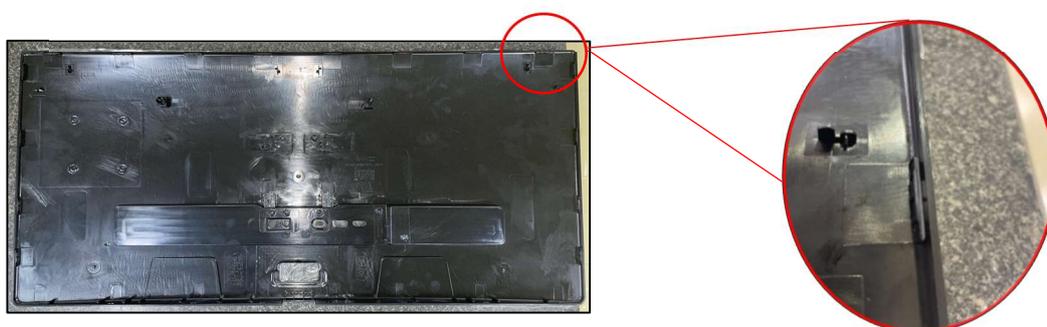
Dessa forma, foram testados os resultados com uma, duas e três camadas de fita, porém nenhuma surtiu efeito. Com o “calor a flor da pele”, apelou-se para o lado de testes destrutivos para encontrar método mais eficazes.

3.3.2 USO DO SOPRADOR DE CALOR

Através de um soprador de calor, a trava da tampa traseira seria empurrada através da deformação plástica, de tal forma que ficasse alinhada à sua correspondente no gabinete. A sequência a seguir mostrará um passo a passo adotado como uma forma de retrabalho:

- 1: Identificação do local de retrabalho:

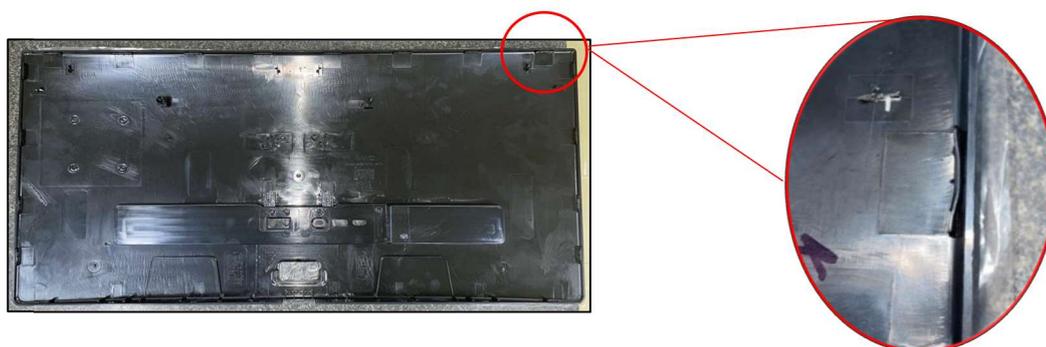
Figura 7 - Trava do canto superior direito da tampa traseira antes da modificação



Fonte: Autor

- 2: Utilizar o soprador de calor à 200°C com os EPI's necessários para aquecer a ponta de alguma ferramenta metálica (o usado foi um alicate) e em seguida, usá-la para deformar a trava:

Figura 8 - Trava do canto superior direito da tampa traseira depois da modificação



Fonte: Autor

O método de mostrou bastante eficiente, logo sendo usado como método de retrabalho para a unidade de distribuição.

3.3.3 UNIDADE LOCAL

Para a situação local, foram feitos os seguintes procedimentos:

- Continuar com a produção normal do monitor;
- Quando observasse a presença de *GAP*, realizar a troca imediata por outra tampa traseira mais curvada;
- Analisar se há formação de *GAP*;
- Enviar para a distribuição.

Dessa forma, pode-se manter a produção normal do aparelho, sem que haja grandes perdas, porém atentando para o acúmulo de tampas traseiras consideradas não conformes (NG) as quais vão ser utilizadas quando as melhorias futuras forem aplicadas.

3.4 ANÁLISE DE CAUSA RAIZ

Estando o problema “contido”, parte-se para uma análise detalhada para descobrir a verdadeira causa do problema. O método usado nessa etapa foi o Diagrama de Ishikawa ou Diagrama de espinha de peixe. Através desse método pode-se observar as possíveis causas e entender o que realmente originou o problema.

Um fator importante a ser analisado é em que etapa da ordem de produção o problema foi encontrado, pois, partindo da ideia de que todo produto é testado e validado antes da produção em massa, se um problema for encontrado na linha de produção em massa, possivelmente poderia ser um problema de processo (método) o qual será entendido mais à frente.

Ambiente: fatores prováveis que afetariam a situação da produção seria as condições ambientais, porém, no caso em questão, as linhas são em um ambiente controlado, sem influência de chuva, sol ou outros efeitos naturais.

Pessoal: esta etapa de análise de habilidade da equipe seria para o caso de uma produção especializada com métodos complexos de montagem, porém, no caso em questão, não há tanta complexidade, pois se trata apenas de montagem onde envolvem questões de aparafusamento e encaixe.

Máquina: Em grandes indústrias é necessário o uso de máquinas para a automação do processo, no caso em questão, por estar no início da produção de

monitores, a fabricação estava sendo feito manualmente, sendo um único ponto a ser checado seria a parafusadeira onde o seu torque pode variar.

Figura 9 - Parafusadeira manual



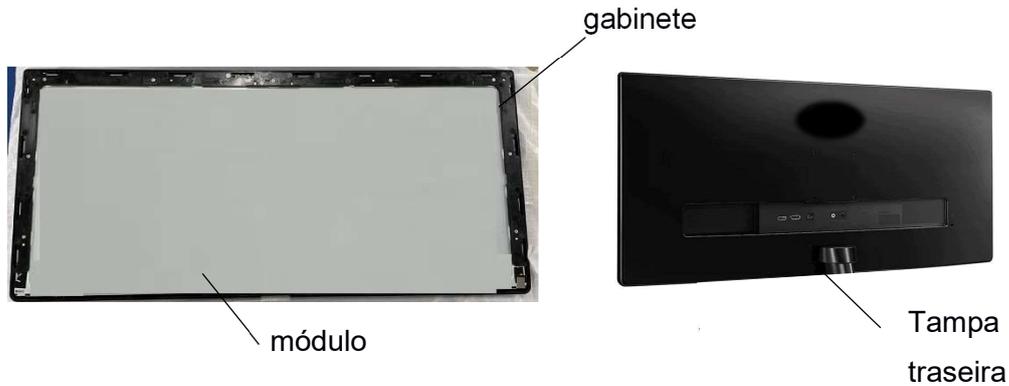
Fonte: Autor

O torque estava marcado corretamente (5 N.m), dessa forma, parte-se para o próximo tópico.

Método: outro nome dado a esta etapa é o processo. O processo abrange desde o início ao fim da linha de produção. Dessa forma, é preciso entender fatores preponderantes que afetem a ocorrência do *GAP*, para isso, identificaremos as partes de montagem. Lembrando que, como dito anteriormente, este modelo já estava em produção em massa, ou seja, os testes de lançamento dele foram aprovados, dessa forma, possivelmente a causa raiz poderia estar nesta etapa.

As três principais partes de montagem são: o módulo, que nada mais é do que a tela do monitor, o gabinete, que serve de intermédio entre o módulo e a tampa traseira, e a própria tampa traseira (*back cover*), que serve de proteção mecânica aos componentes eletrônicos que serão inseridos no módulo.

Figura 10 - Partes mecânicas que envolvem a montagem do monitor



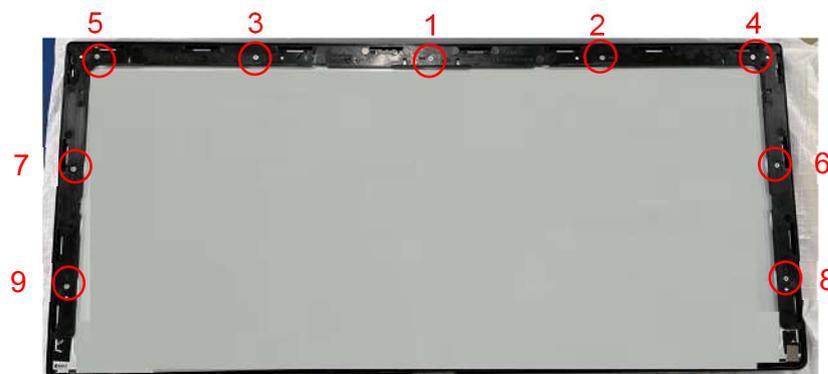
Fonte: Autor

Dessa forma, como em qualquer outro processo, é necessário analisar o passo a passo de montagem para entender se alguma parte do método se encontra fora dos padrões, para isso, faz-se a seguinte linha de montagem:



1. Acoplamento do gabinete ao módulo e aparafusamento seguindo a correta sequência: por ser uma peça plástica, a rigidez do gabinete é um tanto variável, e para garantir que ele fique o mais centralizado possível ao módulo, é necessário parafusar seguindo uma alternância, conforme mostrado:

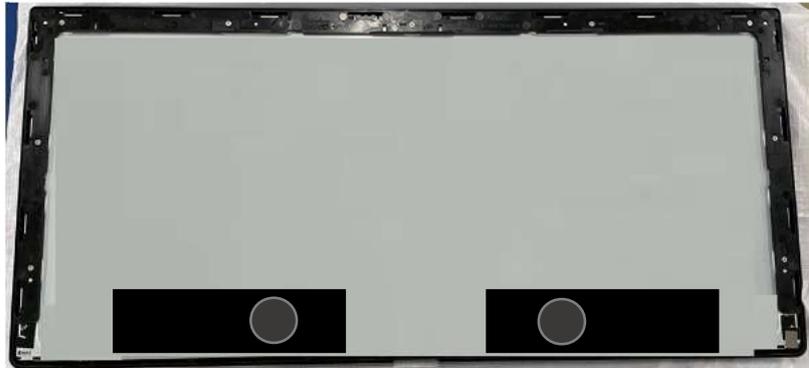
Figura 11 - Sequência de aparafusamento do gabinete ao módulo



Fonte: Autor

2. Encaixe dos auto falantes: nessa etapa serão inseridos os auto falantes (do inglês: *speakers*).

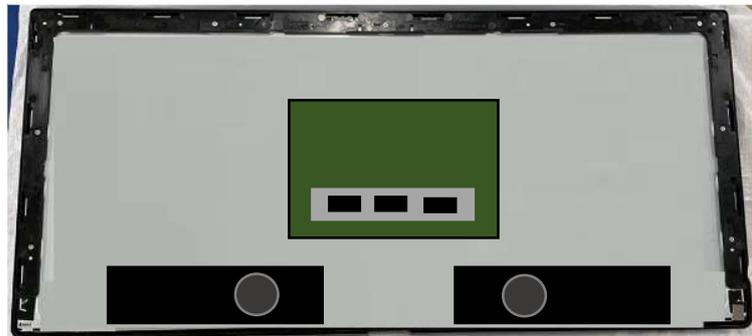
Figura 12 - Ilustração do monitor com os auto falantes



Fonte: Autor

3. Encaixe e aparafusamento da placa: a placa é inserida e, em seguida, é feito o processo de aparafusamento.

Figura 13 - Ilustração do monitor com a placa principal



Fonte: Autor

4. Encaixe da tampa traseira seguindo o fluxo de pressão correto

Figura 14 - Sequência correta de fechamento da tampa traseira



Fonte: Autor

Todas as etapas foram testadas, mas foi apenas na etapa 4 que foram encontradas algumas incoerências. Percebeu-se que a sequência de pressão estava incorreta gerando quebra da trava superior lateral direito, justamente onde ocorre o *GAP*. Após a identificação dessa falha e correção da sequência de aperto, os casos de gap reduziram em 5%.

Figura 15 - Identificação da trava lateral quebrada



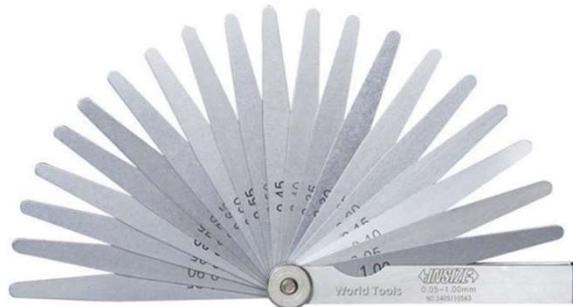
Fonte: Autor

Feita a sequência correta dos passos, é garantido que a causa raiz não se encontra em quaisquer etapa de processo, pois estava tudo nos padrões de montagem.

Paralelamente a isso, foram testadas montagens de tampas seguindo o fluxo do processo da colocação que cada componente do monitor, ou seja, coloca-se o auto falante, testa a montagem, coloca-se a placa, testa a montagem, a fim de averiguar caso haja algum componente que exerça força contrária ao acoplamento. Também não foi detectado quaisquer problema.

Medida: apesar de, em certos casos, parecer problema, é necessário entender os parâmetros e saber se os métodos de medição estão aplicados da maneira correta. Como o caso em questão era o *GAP*, é fundamental o uso de medidores adequados e calibrados para tal situação, dessa forma, como a situação é medir abertura, nada mais certo do que usar um calibre de folga.

Figura 16 - Cálíbre de folga



Fonte: Autor

Além disso, o método de medição deve estar bem definido para evitar erros, dessa forma, deve-se seguir o seguinte passo: observar a abertura, escolher uma lâmina adequada, deslizá-la suavemente pela abertura, caso ela passe suavemente pela abertura verificar se uma lâmina de maior espessura também entrará facilmente, do contrário a medida da primeira lâmina será a abertura.

Figura 17 - Exemplo de medição de *GAP*



Fonte: Autor

Esta etapa de causa raiz foi muito importante, pois, em certos casos, pode parecer realmente como problema quando analisado visualmente, mas é necessário

entender as especificações de cada produto para realmente certificar o erro. Em outras palavras, em pelo menos 20% dos casos relatados de *GAP*, na verdade estava dentro dos parâmetros de especificação do projeto (abertura $\leq 0,8$ mm) como foi o caso mostrado acima. Por isso, foi muito importante atentar para as medições com suas especificações para entender o que de fato é problema.

Material: por fim, após ter descartado todas as outras etapas da causa, faz-se necessário analisar cuidadosamente o produto em consequência de seu material. Foi dividido em etapas para um estudo mais detalhado.

1. Aferimento de cotas da tampa traseira: visto que é um problema de encaixe, nada mais certo do que medir todas as cotas da tampa traseira e do gabinete para averiguar quaisquer discrepância dimensional. Dessa forma, foram separadas 5 amostras das quais foram relatadas a presença de *GAP* para análise.

Tabela 3 – Medições das dimensões das amostras de tampa traseira

| | Comprimento (mm) | Altura (mm) |
|---------------|------------------|---------------|
| Especificação | 701,8 - 702,6 | 320,6 - 321,5 |
| Amostra 1 | 701,9 | 320,9 |
| Amostra 2 | 702,2 | 320,8 |
| Amostra 3 | 702,5 | 320,7 |
| Amostra 4 | 702 | 320,9 |
| Amostra 5 | 702,2 | 321 |

Fonte: Autor

Tabela 4 - Medições das dimensões das amostras de gabinete

| | Comprimento (mm) | Altura (mm) |
|---------------|------------------|-------------|
| Especificação | 702,4 - 703,2 | 321 - 321,8 |
| Amostra 1 | 703,2 | 321,3 |
| Amostra 2 | 703,2 | 321,4 |
| Amostra 3 | 703,2 | 321,3 |
| Amostra 4 | 703 | 321,5 |
| Amostra 5 | 703,1 | 321,4 |

Fonte: Autor

De fato, as peças não apresentam problemas dimensionais, parte-se para a próxima etapa.

2. Verificar a planicidade da tampa traseira: apesar da tampa se apresentar dentro dos parâmetros dimensionais, é necessário verificar sua planicidade.

Figura 18 - Especificação de planicidade da tampa traseira ($A < 3\text{mm}$)



Fonte: Autor

Nota-se que é uma curvatura convergente, ou seja, para o interior da peça, dessa forma, ficando claro que a tampa traseira pode sim ter uma leve curvatura para dentro, porém nenhuma curvatura externa. Em seguida será mostrado o método de medição para aferir se haveria alguma curvatura externa com o auxílio de blocos padrões. Caso houver a tal curvatura, o medidor encontraria alguma medida nos cantos da tampa.

Figura 19 - Método de medição de planicidade

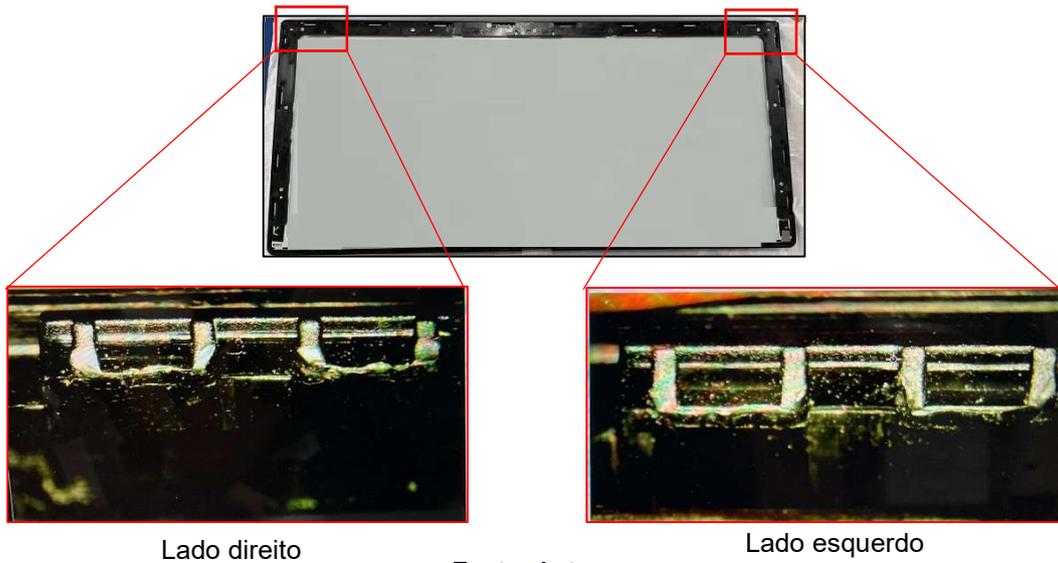


Fonte: Autor

Após a medição das 5 amostras, observou-se que todas tenderam a planicidade, descartando essa hipótese.

3. Análise comparativa: fazendo uma comparação entre o canto superior direito, o qual apresenta *GAP*, e o lado superior esquerdo, que não apresenta *GAP*, é possível observar diferenças sutis com relação às travas no gabinete.

Figura 20 - Comparação entre o acabamento das travas dos cantos superior direito e esquerdo



Da imagem, fica claro que há algum problema na qualidade com a presença de rebarbas no canto superior direito, justamente o lado o qual vem apresentando o *GAP*.

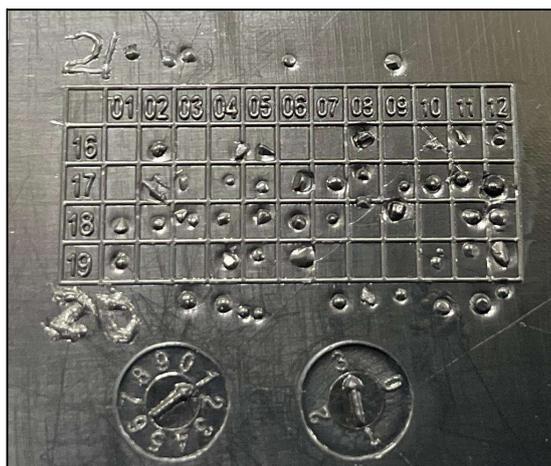
Figura 21 - Comparação do acabamento nos cantos inferior direito e esquerdo do gabinete



Dessa forma, observa-se que o problema não se encontra apenas na trava, mas também apresentava no canto. De fato, se a trava não está dentro do tamanho indicado, não fechará corretamente, gerando, então, o *GAP*. Daí em diante parte-se para um estudo de causa raiz do problema de qualidade do injetado.

Uma dificuldade da situação é que o tanto o gabinete quanto a tampa traseira são importados, ou seja, dificulta a análise detalhada do problema, porém é possível analisar a situação do molde no próprio injetado, pois, é de conhecimento geral, vir o

Figura 22 - Histórico de injeção do gabinete



Fonte: Autor

histórico de injeção gravado ao injetado.

A partir da imagem é possível depreender que é um molde é usado desde o ano de 2016, ou seja, são 6 anos de uso de um mesmo molde. É sabido que um tempo de uso médio de molde para injeção plástica é de 4 a 5 anos, ou seja, esse molde já estava além do seu limite. No entanto, outro fator importante é que, mesmo sendo um molde antigo, ainda há certa qualidade no canto superior esquerdo, dando indícios que o molde ainda seria capaz de ser usado, além de o valor de um novo molde poder alcançar seis dígitos.

Dessa forma, observa-se que há algum problema no processo de injeção que está causando o defeito de qualidade levando a entender que não se obteve o completo preenchimento da cavidade. Portando, lembrando dos fatos anteriormente citados, de fato o problema ocorre longe do ponto de injeção o qual se encontra no canto inferior esquerdo, então indicando vários fatores como:

- baixo volume do injetado (baixa dosagem);
- fluxo de material impedido devido à falta de saídas de gás;
- falta de pressão de injeção;

- congelamento prematuro da seção transversal do canal (baixa velocidade de injeção ou controle de temperatura inadequado no molde).

Portanto, pelos fatores de distância ao fornecedor, foi solicitado uma imagem com os parâmetros utilizados na máquina de injeção para a peça e em seguida comparados aos especificados pelo projeto através de uma tabela:

Tabela 5 - Comparação de parâmetros de injeção

| Fatores | A | B | C | D | E |
|------------|-----|----|-----|--------------------|----|
| Unidade | °C | °C | bar | cm ³ /s | s |
| Projeto | 215 | 65 | 185 | 110 | 24 |
| Fornecedor | 215 | 65 | 185 | 110 | 15 |

Nota: A = Temperatura do fundido; B = Temperatura do molde; C = Pressão de compactação; D = Velocidade de Injeção; E = Tempo de Recalque

Fonte: Autor

Dessa forma, observou-se uma clara forma de se aumentar a produtividade, porém gerou causas catastróficas, pois o ABS é um polímero amorfo que precisa de recalque.

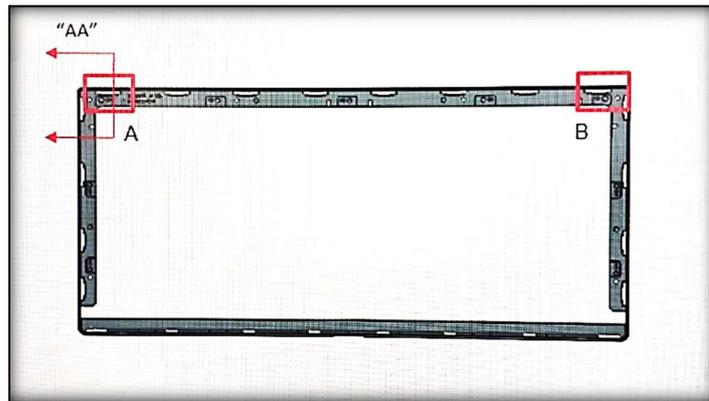
3.5 PLANEJAMENTO DE AÇÃO DE CORREÇÃO

Com base nos fatores descritos de causa raiz, entendeu-se que era necessário planejar ações acima do gabinete e do processo de injeção no fornecedor.

Como primeiro ato é preciso ajustar os parâmetros de modo que **corrigisse o valor do tempo de recalque para 24 segundos**. Notou-se que a extremidade do gabinete ficaria totalmente cristalizada, significando que o plástico fundido conseguiria alcançar a extremidade do molde com facilidade, portanto, ocorrendo o preenchimento total do molde, garantindo a qualidade superficial.

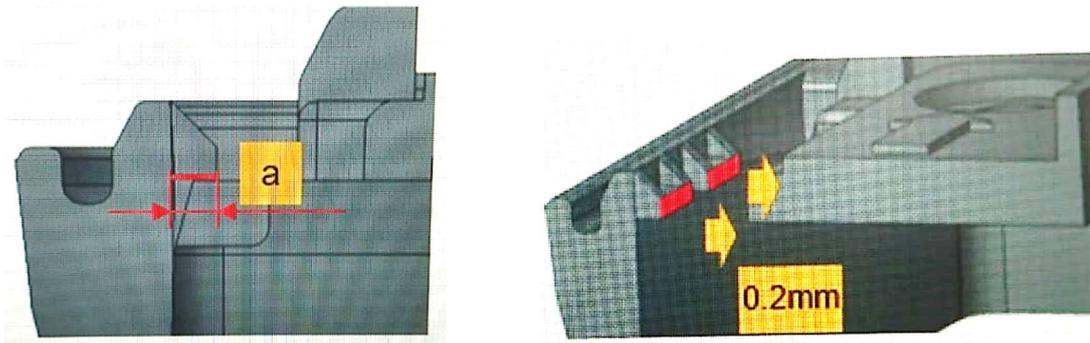
Além disso, para assegurar uma melhor força de fechamento foi necessário solicitar alteração o projeto de tal forma que a trava das duas pontas aumentasse em 0,2 mm conforme mostra a figura.

Figura 24 - Região de ajuste



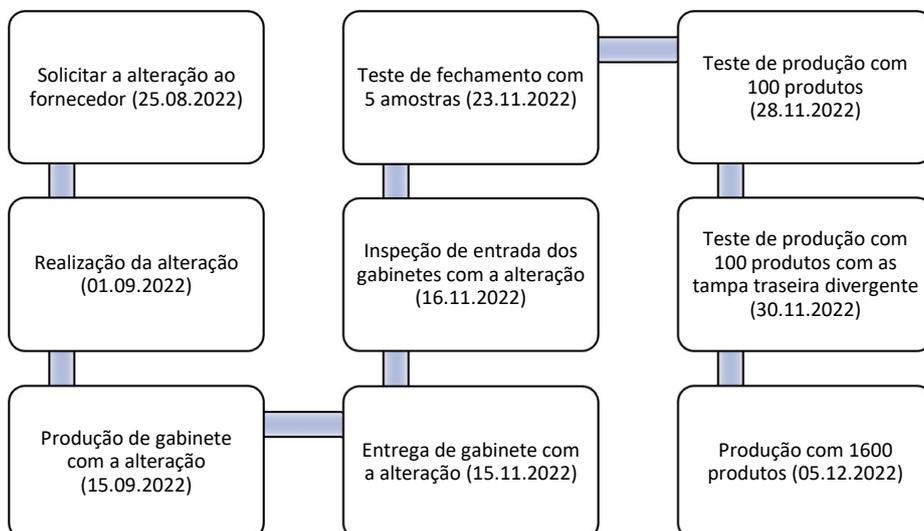
Fonte: Autor

Figura 23 - Ajuste: aumento de 0,2 mm nas travas



Fonte: Autor

Portanto foi necessário criar um fluxograma para a aplicação:



3.6 TOMADA DA ATITUDE CORRETIVA

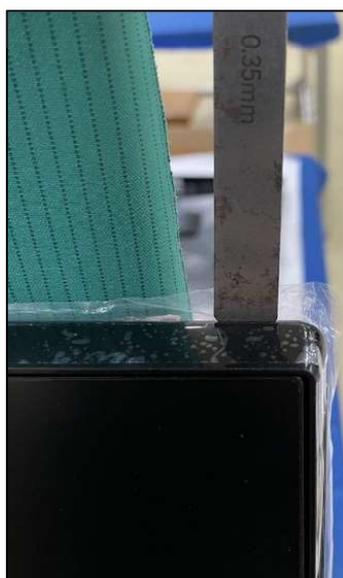
Com base no planejado, foi realizada a solicitação de a alteração do tempo de recalque e a alteração de projeto conforme citado anteriormente, aguardou-se a resposta do fornecedor e a tomada das alterações. Não houve problemas pois não estava sendo produzidos os gabinetes no fornecedor, dessa forma, não haveria problema de mistura de lote.

Após a alteração do projeto, foi necessária a alteração do molde, o que não levou muito tempo pois é necessário apenas “cavar” a cavidade das travas para aumentar seu preenchimento e, conseqüentemente, aumentar o tamanho da trava.

Logo em seguida, foi realizada a produção de um lote piloto com as alterações necessárias e enviada à unidade local para produção. Devido à distância e outros fatores de transporte, o *lead time* de entrega (tempo necessário até a chegada da peça) foi o que mais atrasou os testes.

Com a chegada tão esperada dos gabinetes ajustados, o primeiro passo a ser tomado é mensurar todas as cotas para checar se tudo está dentro dos parâmetros para uso. Após isso, Tudo nos conformes, parte-se para o teste com 5 amostras onde a tampa foi considerada NG (não conforme) para analisar se funcionará os ajustes.

Figura 25 - Medição da amostra com a alteração



Fonte: Autor

Tabela 6 - Medição de GAP antes e depois do uso do gabinete alterado

| Amostra | GAP | |
|---------|-------|--------|
| | antes | Depois |
| 1 | 1 | 0,4 |
| 2 | 1,2 | 0,35 |
| 3 | 1,1 | 0,3 |
| 4 | 1,1 | 0,4 |
| 5 | 1 | 0,4 |

Fonte: Autor

Feito o teste, parte-se para um teste com maior número de monitores (100) para averiguar numa produção. Nesse teste, foram usadas apenas as amostradas com tampa traseiras conformes e não apresentou nenhum problema.

Em seguida, usando as tampa que foram consideradas não conformes, foi realizado um teste de 100 monitores para verificar se surtiria efeito para elas também. Após o teste, nenhuma delas apresentou GAP.

Seguiu-se para a produção em massa para finalizar e voltar a produção ideal desse modelo, porém sendo acompanhado a cada produção.

Figura 26 - Teste de produção em massa



Fonte: Autor

3.7 PARADA DE RECORRÊNCIA DO PROBLEMA

Com o problema resolvido, percebe-se inúmeras formas de tê-lo evitado ou tê-lo resolvido de forma mais rápida, por isso é sempre importante deixar o histórico de resolução de um problema para que ele sirva de inspirações para outros problemas futuros.

Melhorias a serem tomadas e o que poderia ter sido evitado:

1. Em primeiro caso, pode-se citar a própria melhoria solicitada de aumento da trava em 0,2 mm para reforço de fechamento

2. Como visto anteriormente no estudo da causa raiz, antes de declarar um problema como problema é necessário checar os parâmetros que definem aquilo como um problema de fato, ou seja, usar um medidor (cálibre de folga) para medir se realmente os GAP's encontrados estavam acima de 0,8 mm já diminuiria a dimensão do problema.

3. Outro fato citado no estudo da causa raiz foi uma simples análise visual, pois em muitos casos a trava da tampa traseira já estava quebrada, ou seja, não importa o que fizesse no gabinete para ajeitar, nada ia resolver. Dessa forma, o time responsável pela primeira análise deveria ter analisado visualmente os casos para saber se não estava sendo aplicada uma forma demasiada que poderia levar a avaria da trava.

4. Uma inspeção mais detalhada quando o lote chegasse, auxiliaria da identificação do problema antes que ele aparecesse. Caso tivesse notado defeitos de qualidade no gabinete quando o lote chegou à unidade local, uma ação teria sido tomada com antecedência.

5. Um fator crucial que evitaria o problema na fonte seria uma correta checagem da produção injetada logo após a produção. O uso de uma peça padrão, uma referência iria ser ideal. Somado a isso, apesar de ser um gasto para a empresa, iria ser muito vantajoso o envio de peças teste ao fornecedor, ou seja, com o uso do módulo, o fornecedor poderia fazer uma amostragem de montagem para testar se está tudo dentro dos padrões.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após a longa jornada em busca de soluções para o GAP no monitor de 29 polegadas, obtiveram-se respostas positivas às ações tomadas. A seguir, pode ser mostrado a produção com o número de falhas com dados reais de produção:

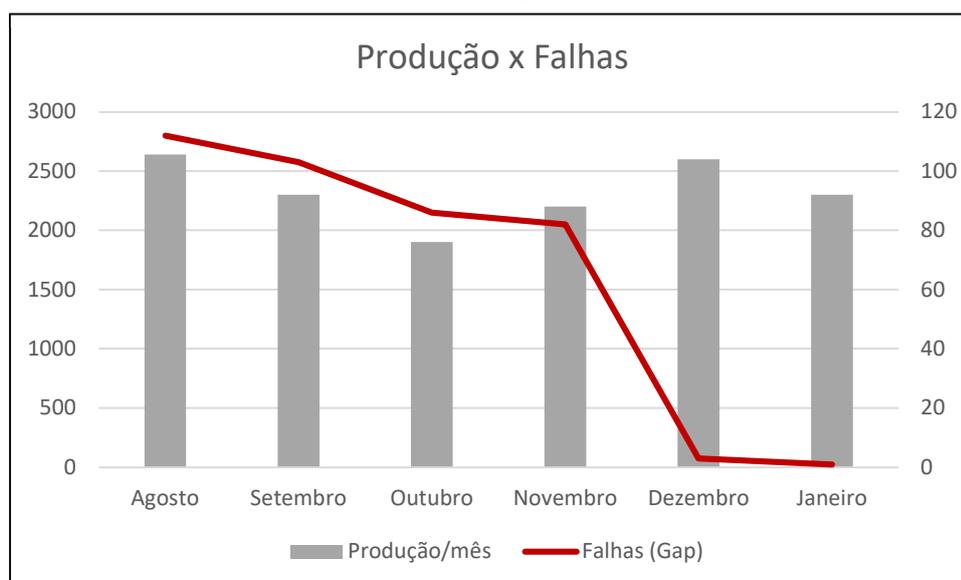
Tabela 7 - Produção e falhas por mês

| Mês | Agosto | Setembro | Outubro | Novembro | Dezembro | Janeiro |
|---------------------|--------|----------|---------|----------|----------|---------|
| Produção/mês | 2640 | 2300 | 1900 | 2200 | 2600 | 2300 |
| Falhas (Gap) | 112 | 103 | 86 | 82 | 3 | 1 |

Fonte: Autor

Podemos observar que, após os ajustes tomados (meses representados em verde), pode haver uma melhora significativa. As soluções paliativas se mostraram muito eficientes, através do ajuste da trava na tampa traseira pode-se dar vazão às produções que estavam para distribuição. A troca de tampa traseira pode dar prosseguimento a produção apesar do grande número de casos que se apresentaram. Lembrando que, após o ajuste, pode-se reutilizar as tampas que foram substituídas.

Gráfico 1 - Produção x Falhas



Fonte: Autor

atenta-se que, para os casos que ainda ocorrem *GAP*, se deu pelo fato de alguns problemas encontrados ainda de trava quebrada, que, com o tempo, tendem desaparecer.

5 CONCLUSÕES

Um dos fatores cruciais aprendidos com essa situação é a paciência, pois é preciso ter calma durante todo problema enfrentado. A calma possibilita o raciocínio lógico e, conseqüentemente, tomada de decisões com base na razão e não na emoção. O problema situado nada mais é do que um entre milhares que ocorrem nas fábricas atuais, por isso manter a calma, tomar boas decisões e agir são fatores indispensáveis na vida do engenheiro.

O *GAP* é, de fato, complexo, mas através dos métodos e ensinamentos aprendidos é possível torná-lo fácil de resolver. Por isso que, através da metodologia 8D foi possível organizar uma linha lógica de fatos e passos a serem seguidos para sanar o problema. Estudar tudo o que pode envolver, pelo menos mecanicamente, é um papel fundamental do engenheiro mecânico do produto, para que, quando surja quaisquer que seja o problema mecânico, pelo menos se tenha uma noção antes do primeiro ato.

O problema foi resolvido com sucesso e garantido que não venha reincidir para as próximas produções de monitores de 29 polegadas.

A engenharia é uma engrenagem fundamental na sociedade atual, ela possibilita a revolução da ciência, possibilita encontrar soluções para todos os problemas do mundo moderno. Nesse quesito, quando é falado sobre o *GAP* estudado neste documento, a engenharia se faz presente desde o início ao fim. O engenheiro mecânico é fundamental para entender cada questão, pois com conhecimentos de estática e dinâmica, causa e efeito, se torna um “detetive” para problemas relacionados à criação humana.

6 REFERÊNCIAS

ALVARO, J. **Plástico: Resina ABS: Acrilonitrila Butadieno Estireno As Características, Fórmula, História e Onde é Aplicado o Plástico ABS**, 2021. Disponível em: < <https://www.plastico.com.br/acrilonitrila-butadieno-estireno-abs-caracteristicas-e-mais-informacoes/>>. Acesso em: 9 jan. 2023.

BRUCK, A. **c2Lab: Processo de Injeção Plástica: como funciona?**, 2021. Disponível em: < <https://c2lab.com.br/blog-processo-de-injecao-plastica-como-funciona/>>. Acesso em 10 jan. 2023.

CORDOVA, B. A. B. **Otimização do processo de moldagem por injeção do ABS via métodos estatísticos**. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência de Materiais) — Ponta Grossa: Universidade Estadual de Ponta Grossa, 2018.

GARCIA, F. C. M. et al. **Aplicação da metodologia 8D para resolução de problemas: um estudo de caso em um fornecedor da indústria automobilística**. XXXVIII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. **Anais do XXXVIII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**. Maceió: 2018.

INJEÇÃO de plásticos: 7 problemas que atrapalham sua produção. **FIT Tecnologia**, 2023. Disponível em: < <https://fit-tecnologia.com.br/injecao-de-plasticos-7-problemas-producao/#:~:text=Reunimos%20aqui%207%20defeitos%20em,deforma%C3%A7%C3%A3o%20e%20fragilidade%20do%20injetado>>. Acesso em: 15 jan. 2023.

INJEÇÃO Plástica: Conheça o processo de injeção do plástico. **Primo Industrial**, 2023. Disponível em: < <https://www.primoindustrial.com.br/injecao-plastica-conheca-o-processo-de-injecao-do-plastico> >. Acesso em: 18 jan. 2023.

MELLO, K. M. DOS S.; SANTOS, A. J. DOS. **Aplicação do método A3 para resolução de problemas em um processo de estampagem de cubas de cozinha**. Joinville: UniSociesc, 2021.

PEDRA, D. **Siteware: 4 ferramentas para análise de causa raiz como guia para tomada de decisão**, 2023. Disponível em: < <https://www.siteware.com.br/gestao-estrategica/ferramentas-analise-causa-raiz/> >. Acesso em: 20 jan. 2023.

RODRIGUES, R. L.; MARTINS, L. M. DE. Processo de solução de problemas em uma empresa do setor automotivo. **Revista Espacios Vol. 39**, p. 28, 2018.

TABELAS com valores para aplicações de termoplásticos. **Moldes Injeção Plásticos**, 2023. Disponível em: < <http://moldesinjecaoplasticos.com.br/tabelas-com-valores-para-aplicacoes-de-plasticos/> >. Acesso em: 25 jan. 2023.

VARGAS, D. L. **Resolução de problemas utilizando a metodologia 8D: Estudo de caso de uma indústria do setor sucroalcooleiro**. IX Simpósio de Engenharia de Produção de Sergipe. **Anais do IX Simpósio de Engenharia de Produção de Sergipe**. Sergipe: 2017.

LOTTI, Cybele. **Influência das condições de processamento na morfologia e nas propriedades mecânicas de sistemas poliméricos moldados por injeção e sua predição através de redes neurais 167 artificiais**. 2004. 228 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de Materiais, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2004.

CHIU, Cheng-ping; SHIH, Laming-chang; WEI, Jong-hwei. **Dynamic modeling of the mold filling process in an injection molding machine**. Polymer Engineering And Science, [s.l.], v. 31, n. 19, p.1417-1425, out. 1991. WileyBlackwell.

CHELSOM, J.V.; PAYNE, A.C.; REAVILL, L.R.P. **Management for engineers, scientists and technologists. 2. ed**. Chichester: John Wiley & Sons Ltd., 2005.

MÜLLER TRETER, F.; SCHWENGBER TEN CATEN, C.; CANNAROZZO TINOCO, M. A. **Utilização da análise de causa raiz e 8D nos atrasos de entrega de ordens de compra**. Ingeniería Industrial, Actualidad y Nuevas Tendencias, Venezuela, ano 7, v. 4, n.13, p. 63-79, 2014.

RODRIGUES, LETÍCIA DEL CARO. **Análise sobre injeção plástica, seus parâmetros e os possíveis defeitos relacionados ao processo**. Dissertação (Graduação em Engenharia Mecânica) — Taubaté: Universidade de Taubaté, 2018.

5 tipos de resina e onde são utilizadas. **Retaprene**, 2023. Disponível em: <<https://www.retaprene.com.br/tipos-de-resina-e-onde-sao-utilizadas/>>. Acesso em: 18 jan. 2023.

NAVARRO, BRUNO: **Conheça a história da qualidade e seu uso na gestão empresarial**. Disponível em: <<https://www.escolaedti.com.br/historia-da-qualidade>>. Acesso em: 20 jan. 2023.

DE BASIO, CARLOS ANIBAL. **Solução de Defeitos na Moldagem por Injeção de Termoplásticos**. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia Mecânica) — Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 2007.