

**CENTRO UNIVERSITÁRIO DE TECNOLOGIA SENAI CIMATEC  
CURSO DE BACHARELADO EM  
ENGENHARIA AUTOMOTIVA**

**IGOR FRANCISCHETTI SANTOS**

**ESTUDO DE CASO – APLICAÇÃO DA METODOLOGIA LEAN SIX SIGMA EM UMA  
ENSACADORA DE UMA LINHA DE PRODUÇÃO**

**SALVADOR-BA  
2022.1**

**CENTRO UNIVERSITÁRIO DE TECNOLOGIA SENAI CIMATEC**

**THEOPRAX**

Trabalho de conclusão de curso  
apresentado ao curso de Engenharia  
Automotiva do Centro Universitário  
SENAI CIMATEC, como requisito  
parcial para a obtenção do título de  
bacharel em Engenharia Automotiva.

**SALVADOR-BA**  
**2022.1**

## RESUMO

A metodologia DMAIC tem forte potencial para auxiliar a estruturação de problemas organizacionais e apoiar na obtenção de soluções para tais problemas. É considerada uma metodologia chave para o sucesso de iniciativas de melhorias que visam a redução de falhas e busca do aumento de produtividade.

Na resolução deste problema foi utilizada a metodologia Lean Six Sigma, que integra duas filosofias diferentes: Lean e Six Sigma. Enquanto que a primeira se foca na redução de desperdícios, a segunda está mais direcionada na diminuição da variabilidade de processos e de produtos defeituosos. Essa integração foi alcançada aplicando o ciclo DMAIC (Define, Measure, Analyse, Improve, Control).

O propósito desse documento visa esclarecer e comprovar os amplos benefícios da aplicação da metodologia, através de suas ferramentas e conceitos.

**Palavras-chaves:** Lean, Six Sigma, DMAIC, melhoria contínua.

## **ABSTRACT**

The DMAIC methodology has strong potential to help structuring organizational problems and support finding solutions to such problems. It is considered a key methodology for the success of improvement initiatives aimed at reducing failures and seeking to increase productivity.

To solve this problem, the Lean Six Sigma methodology was used, which integrates two different philosophies: Lean and Six Sigma. While the first focuses on reducing waste, the second is more focused on reducing the variability of processes and defective products. This integration was achieved by applying the DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, Control) cycle.

The purpose of this document is to clarify and prove the broad benefits of applying the methodology, through its tools and concepts.

**Keywords:** Lean, Six Sigma, DMAIC, continuous improvement.

## SUMÁRIO

RESUMO.....	3
ABSTRACT.....	4
1. INTRODUÇÃO.....	7
1.1. OBJETIVOS.....	7
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	8
2.1. HISTÓRICO DA METODOLOGIA LEAN SIX SIGMA.....	8
2.2. FERRAMENTAS E MÉTODOS SIX SIGMA.....	8
2.2.1. METODOLOGIA DMAIC.....	9
2.2.2. ETAPA <b>D</b> - ( <i>DEFINE</i> ).....	10
2.2.3. ETAPA <b>M</b> - ( <i>MEASURE</i> ).....	11
<b>2.2.4.</b> ETAPA <b>A</b> - ( <i>ANALYZE</i> ).....	11
2.2.5. ETAPA <b>I</b> - ( <i>IMPROVE</i> ).....	11
2.2.6. ETAPA <b>C</b> - ( <i>CONTROL</i> ).....	12
3. APLICAÇÃO DA METODOLOGIA SIX SIGMA.....	13
3.1. ETAPA <b>D</b> - ( <i>DEFINE</i> ).....	13
3.1.1. DESCRIÇÃO DO PROBLEMA.....	13
3.1.2. VOZ DO CLIENTE.....	14
3.2. ETAPA <b>M</b> - ( <i>MEASURE</i> ).....	16
3.2.1. ESTRATIFICAÇÃO.....	16
3.2.2. PROCEDIMENTOS DE COLETA.....	16
3.2.3. ANÁLISE DE VARIAÇÃO.....	19
3.3. ETAPA <b>A</b> - ( <i>ANALYZE</i> ).....	21
3.3.1. FLUXOGRAMA.....	21
3.3.2. ANÁLISE DAS CAUSAS.....	22
3.4. ETAPA <b>I</b> - ( <i>IMPROVE</i> ).....	25
3.4.1. SOLUÇÕES PROPOSTAS.....	25
3.4.2. AVALIAÇÃO DE RISCO.....	26
3.5. ETAPA <b>C</b> - ( <i>CONTROL</i> ).....	27
3.5.1. OCAP.....	27
4. CONCLUSÃO.....	28
5. REFERÊNCIAS.....	30
ANEXO A.....	31

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Distribuição normal com limites sigmas. ....	9
Figura 2: Ciclo da metodologia DMAIC. ....	10
Figura 3: Gráfico de impacto das ensacadoras ....	13
Figura 4: Gráfico das PNP's da fábrica de cremes. ....	13
Figura 5: Exemplo de mapa SIPOC. ....	15
Figura 6: Gráfico de PNPs por máquina. ....	17
Figura 7: Gráfico de PNPs por turno. ....	17
Figura 8: Gráfico de PNPs por tecnologia. ....	18
Figura 9: Gráfico de PNPs por manutenção. ....	18
Figura 10: Histograma das ensacadoras por tecnologia. ....	19
Figura 11: Histograma das ensacadoras por máquina. ....	20
Figura 12: Processo da ensacadora. ....	21
Figura 13: Revisão do mapa de processo. ....	21
Figura 14: Exemplo de matriz. ....	22
Figura 15: Matriz de causa & efeito focando nas 10 primeiras causas levantadas. ....	23
Figura 16: Matriz x Impacto. ....	24
Figura 17: Amostra inicial das soluções propostas. ....	25
Figura 18: Amostra inicial da análise de risco realizada. ....	26
Figura 19: Exemplo de OCAP. ....	28
Figura 20: Gráfico de PNPs da ensacadora. ....	29

# 1. INTRODUÇÃO

No Brasil, cresce a utilização do Seis Sigmas está crescendo a cada dia. As organizações com unidades de negócio no exterior implementaram o Seis Sigma já há algum tempo - Motorola, ABB, Kodak e General Eletric. O Seis Sigma busca o aumento da satisfação dos clientes e de resultados pela redução da variabilidade e, conseqüentemente, dos defeitos. As organizações desejam cada vez mais desenvolver processos internos eficientes, econômicos, e que garantam que ela gere competitividade, mantendo-se uma postura inovadora no mercado. Contudo, é necessário adotar um sistema de gestão empresarial que permita o atingimento de metas e a perseguição de resultados cada vez melhores assim como a busca por detalhamento de metas e indicadores que sejam factíveis e desafiadores.

## 1.1. OBJETIVOS

O propósito deste projeto foi realizar um estudo de caso, de uma aplicação da metodologia Lean Six Sigma nas linhas de envase, onde pode-se ser focado em PNPs (Paradas Não Programadas) vindas por meio de ensacadoras da fábrica de cremes. No final deste projeto espera-se que exista um maior foco nas aplicações destas metodologias.

Com este projeto pretendeu-se:

- Analisar o status da linha e os respetivos parâmetros;
- Obter uma visão real dos custos associados à PNPs específicas;
- Destacar as causas-raiz dos problemas detectados;
- Destacar algumas ações corretivas com o objetivo de alcançar uma melhoria nos níveis que se encontravam deficitários;

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. HISTÓRICO DA METODOLOGIA LEAN SIX SIGMA

A metodologia Six Sigma foi desenvolvida na década de 1980 pela Motorola, foi desenvolvida e implementada na empresa norte-americana Motorola em 1986, por iniciativa do engenheiro Bill Smith, sendo uma prática fortemente disciplinada, de melhoria contínua, para ser aplicada em processos, produtos e serviços, com o objetivo de reduzir falhas e custos de produção. Nessa época, a Motorola destinava cerca de 5% a 10% dos investimentos - as vezes até 20% - para corrigir defeitos em seus produtos, o que equivalia cerca de US\$ 900 milhões por ano. Desenvolver o 6 Sigma era então uma questão de sobrevivência.

A origem do padrão Seis Sigma está num trabalho de benchmarking conduzido pela Motorola. Foram associados os dados internos de sua experiência de pedidos, pagamento de fatura e ordens de pagamento a outras estatísticas vinculadas ao dia-a-dia nos Estados Unidos. As empresas médias tinham taxas de falhas numa faixa de 3000 a 10000 por milhão de passos ou procedimentos, o que é equivalente a um nível Sigma de 3 a 4. Os resultados das melhores empresas, as tais “best-in-class”, foram próximos a 3,4 falhas por milhão, que é equivalente ao nível de 6 Sigma. A partir desta constatação, a Motorola estabeleceu como meta de qualidade a obtenção do Seis Sigma em 1993.

### 2.2. FERRAMENTAS E MÉTODOS SIX SIGMA

É definido como um método organizado que mede a quantidade de defeitos existente num determinado processo, com o principal objetivo de diminuir a taxa de defeitos e a variação dos processos de forma sistemática, através de um conjunto de métodos e procedimentos estatísticos (Linderman, 2003). Para Eckes (2002) diferentemente de outras iniciativas da qualidade, essa metodologia busca identificar a essência do processo para guiar os objetivos estratégicos da organização.

Com Seis Sigma, intensifica-se a necessidade de entender e reduzir as variações, em vez de somente estimá-las. Esta abordagem muda a forma de gerenciamento, pois as decisões passam a ser baseadas em dados e, não apenas, em intuição ou sentimentos.

Os estatísticos utilizam a letra grega Sigma ( $\sigma$ ) para expressar o desvio padrão relativo a uma população. Quanto menor for o valor de sigma, melhor é a capacidade e menor é a probabilidade



de ocorrerem defeitos (Montgomery & Woodall, 2008). O número seis corresponde ao número de níveis de defeitos por milhão, ou seja, seis desvios-padrão entre a média e os limites de especificação do produto.

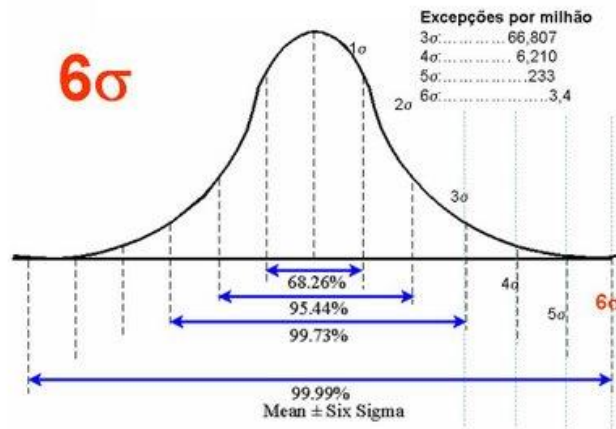


Figura 1: Distribuição normal com limites sigmas.

Seis sigma significa, na realidade, um desempenho que se situa (em termos da qualidade) muito perto da perfeição. Sigma se traduz normalmente em índices de capacidade (CP, ou capacidade para um ótimo desempenho e CPK que é capacidade para um desempenho no mundo do dia a dia).

### 2.2.1. METODOLOGIA DMAIC

A ferramenta utilizada para facilitar o desenvolvimento da metodologia Seis Sigma, e utilizada especificamente para melhorias de produtos e processos existentes e com cinco etapas, é a ferramenta DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*).

Sua definição pauta em melhorar um processo ou produto, falamos em mudar a maneira pela qual as coisas são feitas. Todos sabem, por exemplo, que não há melhorias se não houver mudanças. Contudo, nem todas as mudanças resultarão em melhoria. Para realizarmos melhorias precisamos de método e ferramentas e, para nos guiar pelo método não há nada melhor que um roteiro. Afinal, é ele que irá para nos manter no rumo certo durante o processo de mudança.



Figura 2: Ciclo da metodologia DMAIC.

Estas etapas devem ser seguidas criteriosamente, para que seja evitado trabalhar nas consequências ou sintomas dos problemas e, realmente, se possa agir na verdadeira causa. Muitas vezes, pela pressa em resolver os problemas ou por erros de julgamento, não são avaliados todos os aspectos, tomando decisões incorretas que farão com que os mesmos problemas se repitam no futuro.

### 2.2.2. ETAPA D - (*DEFINE*)

A fase “definir” está diretamente relacionada a ação de garantir que o problema/processo considerado esteja vinculado às prioridades da organização e que, além disso, tenha suporte de gestão. A partir da identificação de um problema que requer solução, ainda nessa fase, é compreendido de forma clara todo o escopo do problema e levantado evidências de apoio da gestão para, assim, o projeto ser autorizado a avançar levando em consideração um comprometimento de recursos (SHANKAR, 2009). No âmbito operacional, uma meta possível seria o aumento de produção de determinado departamento. No de projetos, as metas poderiam ser a redução do nível de defeitos e o aumento de produção. Aplique métodos para identificar oportunidades de melhorias potenciais.

Faça a identificação e contextualização do problema com:

- O que? Quem? Onde? Quando? Quanto?
- Cliente e suas demandas;
- Identificação de fornecedores.

### 2.2.3. ETAPA M - (*MEASURE*)

A fase “medir” tem como objetivo a coleta de informações de linha de base sobre o processo considerado. Essas informações são usadas com o intuito de entender o que exatamente está acontecendo no processo, quais as expectativas e onde estão os problemas. Nessa fase, é importante quantificar o problema, a fim de que na fase de controle se possa perceber a melhoria obtida de forma quantitativa (SHANKAR, 2009). Para essa etapa, algumas ferramentas da qualidade podem ser usadas, como: capacidade, diagrama de Pareto e teste de normalidade. O uso correto das ferramentas auxilia na criação de planos de ação para o processo.

Aplicação de técnicas de coleta de dados, avaliação de performance e de monitoramento:

- Identificação das variáveis a serem medidas;
- Estabelecimento e avaliação do Sistema de medição;
- Plano de amostragem/coleta.

Além de realizar a identificação do desempenho inicial do produto ou processo.

### 2.2.4. ETAPA A – (*ANALYZE*)

O objetivo da fase “analisar” é auxiliar na melhor compreensão das relações de causa e efeito no processo, é nessa etapa em que são identificadas as principais causas para que em seguida sejam analisadas, essa etapa é totalmente voltada ao conhecimento do problema exposto, com o objetivo de descobrir quais são as causas fundamentais e as quantidades de ocorrências apresentadas.

Realizar a identificação e caracterização das fontes de variação:

- Aplicação de técnicas gráficas ou analíticas nos resultados das medições;
- Identificar as variáveis mais influentes;
- Avaliar de como se dá tal influência.

### 2.2.5. ETAPA I – (*IMPROVE*)

O objetivo da fase “melhorar” diz respeito a geração de ideias, desenho de programas de melhorias e implementação de projetos pilotos de ajustes. De acordo com Carroll (2016), nessa etapa, é preciso desenvolver uma estratégia de melhoria para fornecer uma estrutura capaz de prover uma solução de forma sistemática e eficiente. O autor sugere que a estratégia dependerá da

natureza do projeto de melhoria, do nível atual de conhecimento do executor do projeto, da disponibilidade e características dos dados, do custo projetado e da disponibilidade de pessoas e recursos necessários para executar as melhorias propostas.

Deverá minimizar a sensibilidade do produto e/ou processo às condições de uso ou produção e centralizar seu desempenho em seu alvo:

- Identificar oportunidades de melhoria (físicas, analíticas ou virtuais);
- Realização de pilotos;
- Implementação de melhorias.

#### 2.2.6. ETAPA C – (*CONTROL*)

A fase “controlar” é a última fase da metodologia de melhoria de processos DMAIC. a importância dessa fase é representada por garantir a continuidade das melhorias que foram obtidas. Isso garante que elas não sejam esquecidas/perdidas. Werkema (2013) comenta que as principais etapas dessa fase são sustentadas na avaliação de alcance da meta ou não. Caso a meta tenha sido alcançada, é necessário padronizar as alterações realizadas, transmitir os novos padrões a todos os envolvidos, definir e implementar um plano para monitoramento da performance do processo e sumarizar o que foi aprendido, além de fazer recomendações para novos trabalhos.

Deverá manter e perpetuar os ganhos obtidos:

- Implementação de dispositivos á prova de erros;
- Monitoramento das melhorias;
- Treinamentos;
- Análise do Sistema de medição;
- Estabelecer um plano de controle;
- Plano de reação;

### 3. APLICAÇÃO DA METODOLOGIA SIX SIGMA

#### 3.1. ETAPA D – (DEFINE)

##### 3.1.1. DESCRIÇÃO DO PROBLEMA

Atualmente, aproximadamente 3% da disponibilidade das linhas de envase de uma determinada planta são desperdiçadas por PNP's. Com isso, temos a oportunidade de atacar o principal ofensor desse problema, que são as paradas das ensacadoras da fábrica de cremes.

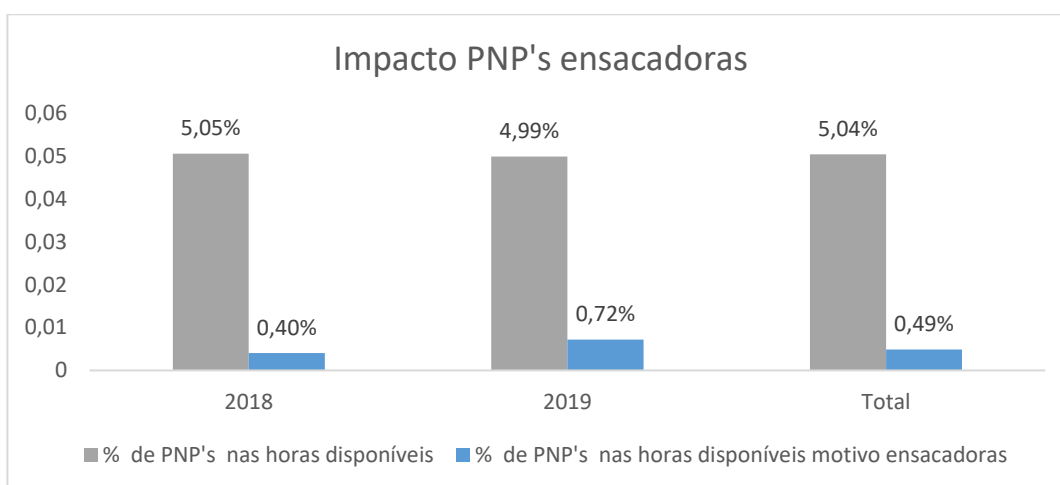


Figura 3: Gráfico de impacto das ensacadoras

Como mostrado na tabela acima, vemos uma grande porcentagem das PNP's estão direcionadas apenas para as ensacadoras, tornando um alvo fácil e de grandes mudanças.

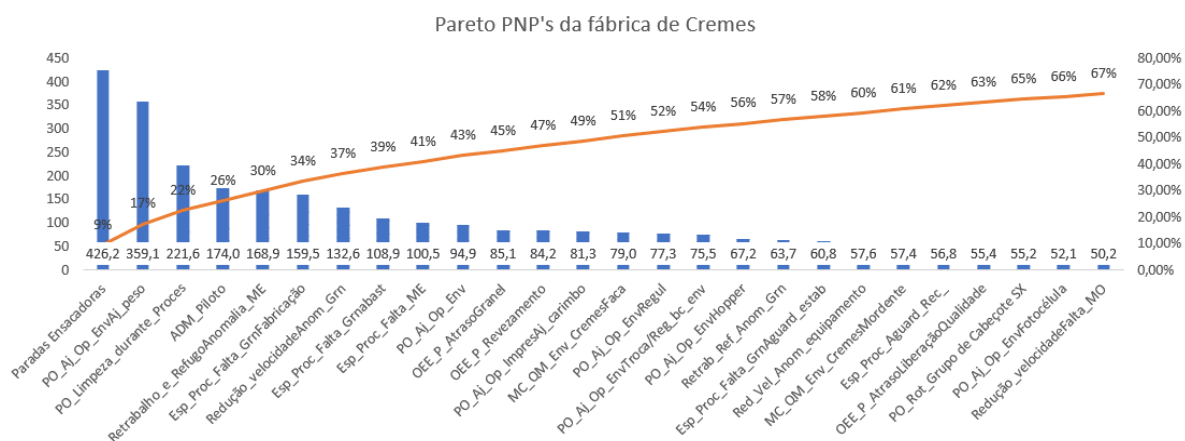


Figura 4: Gráfico das PNP's da fábrica de cremes.

Como bem destacado na esquerda do gráfico acima, as paradas pelas ensacadoras são as mais relevantes. Atualmente é desperdiçado em torno de 18 toneladas de sacos plásticos com a finalidade de proteção das embalagens para transporte para os pontos de vendas e distribuição.

### 3.1.2. VOZ DO CLIENTE

Outra ferramenta utilizada, foi a “Voz do Cliente”, onde foi retirado alguns pontos importantes por funcionários que vivenciam as PNPs e que estão com alta frequência com carga horária destinada as ensacadoras. Pode-se destacar os pontos seguintes:

- Coordenadora:
  - Focar nas perdas das ensacadoras, devido ao entendimento das variáveis dos problemas.
  - Dificuldades da operação quanto a regulagem e limpeza.
- Operador de Produção I:
  - Dificuldades com alinhamento do filme;
  - Dificuldades quanto a qualidade do filme;
  - Frequência excessivas de troca de bobina;
- Auxiliar de Produção:
  - Dificuldades com alinhamento do filme;
  - Dificuldades quanto a qualidade do filme;
  - Dificuldades com a fita que a faca bate.
- Manutenção:
  - Mostrou os pontos de dificuldades dos técnicos.

### 3.1.3. SIPOC

Mapas de processos são representações de processos utilizando símbolos e objetivando visualizar o processo e alinhar o conhecimento sobre o processo com o time de projeto e os decisores.



Figura 5: Exemplo de mapa SIPOC.

Assim seguido do exemplo acima de um processo, chegou-se ao mapa abaixo:

Tabela 1: Mapa de processo SIPOC.

<b>Fornecedores (Suppliers)</b>	<b>Insumos (Inputs)</b>	<b>Processo (Process)</b>	<b>Produtos (Outputs)</b>	<b>Consumidores (Customers)</b>
Programador de produção	Insumos da lista técnica Transelevador Paleteira	Separar Insumos	Insumos disponíveis	Linha de envase
Operadores e auxiliares Manutenção Engenharia	Centerline Receita	Produzir	Paleta apontado no sistema Tempo de parada da ensacadora	Logística
Transportador	Programação de rotas Produto acabado	Expedir	Produto nas carretas	Centro de distribuição

### 3.2. ETAPA M – (MEASURE)

#### 3.2.1. ESTRATIFICAÇÃO

Para iniciar a etapa de medições, o problema foi estratificado em diferentes níveis e para cada um deles, suas respectivas variáveis, mostrado abaixo.

Tabela 2: Planejamento da estratificação

Níveis de estratificação	PNPs de ensacadoras						
<b>1° PNPs Totais</b>	Família vol. (total/mês)	Máquina (total/mês)	Operador (total/mês)	Turnos (total/mês)	Cadência (total)	Produto (total)	Tecnologia Bisnaga, pote (total/mês)
<b>2° PNP Filme rompido</b>	Família vol. (total/mês)	Máquina (total/mês)	Operador (total/mês)	Turnos (total/mês)	Cadência (total)	Produto (total)	Tecnologia Bisnaga, pote (total/mês)
<b>3° PNP de Troca de bobina</b>	Máquina (total/mês)	Operador (total/mês)	Turnos (total/mês)				
<b>4° PNP Máquina de saco</b>	Família vol. (total/mês)	Máquina (total/mês)	Sub e conjunto de componentes da máquina (manutenção)	Cadência (total)	Produto (total)		
<b>5° PNP Limpeza soldagem</b>	Família vol. (total/mês)	Máquina (total/mês)	Operador (total/mês)	Turnos (total/mês)	Cadência (total)	Produto (total)	Tecnologia Bisnaga, pote (total/mês)
<b>6° Durabilidade</b>	Ciclos de trabalhos dos comp. (total/mês)						

#### 3.2.2. PROCEDIMENTOS DE COLETA

Por meio de uma ficha de controle de trocas de componentes fixada nas 6 ensacadoras da fábrica, ele terá como objetivo monitorar a durabilidade dos componentes para promover ações de melhoria/alteração de plano preventivo. O preenchimento é manual e simples, preenchimento dos dados da peça trocada, código SAP, data, responsável, número da nota, além de anotar o contador, pois poderemos saber qual o número de ciclos que este componente suporta.

Tabela 3: Controle de troca de componentes.

Controle de durabilidade dos componentes da ensacadora					
Item trocado	Cód. SAP	Data	Responsável	Nº da nota	Contador



Em seguida é retirado as medições e análises de todas as estratificações feitas anteriormente. Entre elas, podemos destacar algumas, como:

- PNP por Máquina

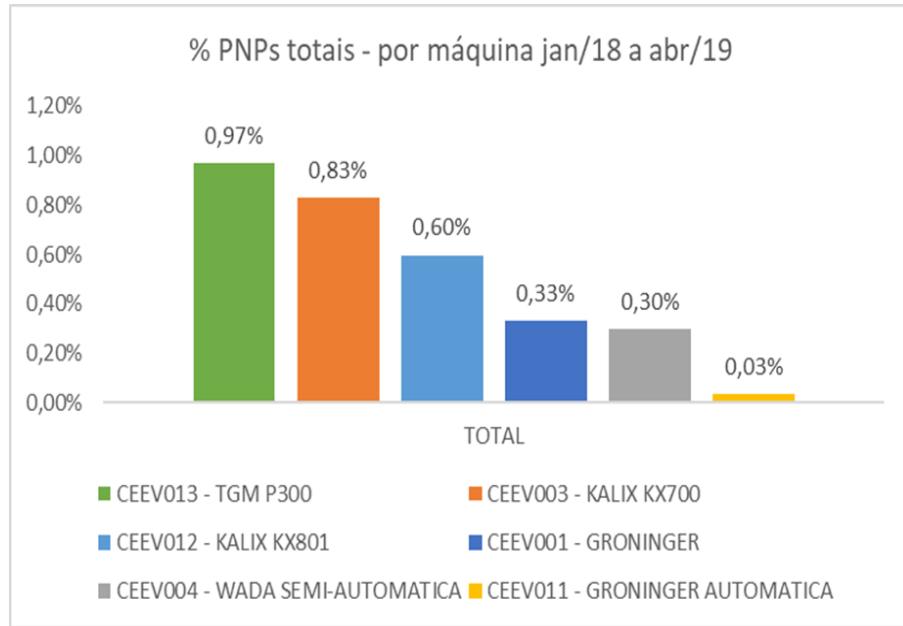


Figura 6: Gráfico de PNP por máquina.

- PNP por Turno

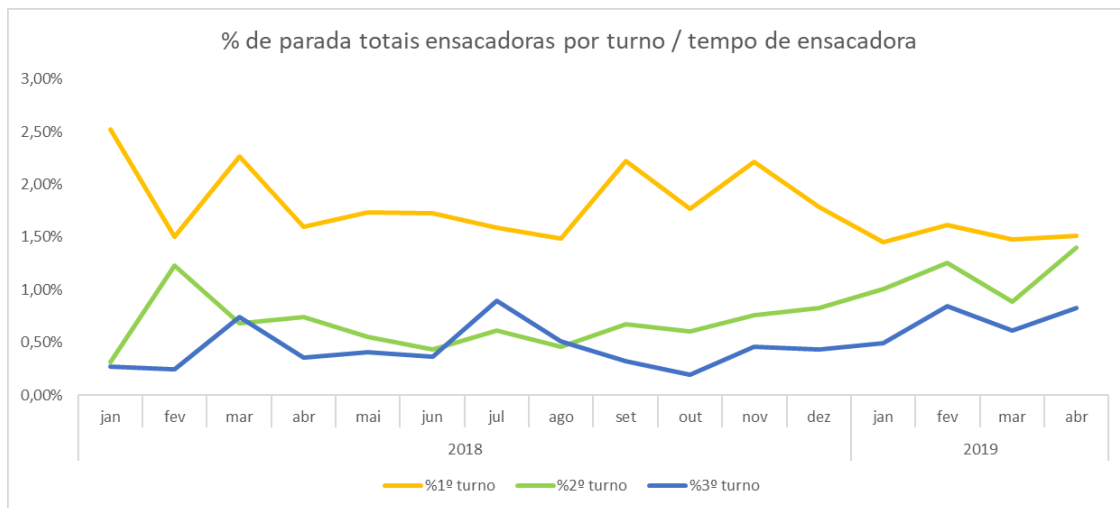


Figura 7: Gráfico de PNP por turno.

- PNP por Tecnologia

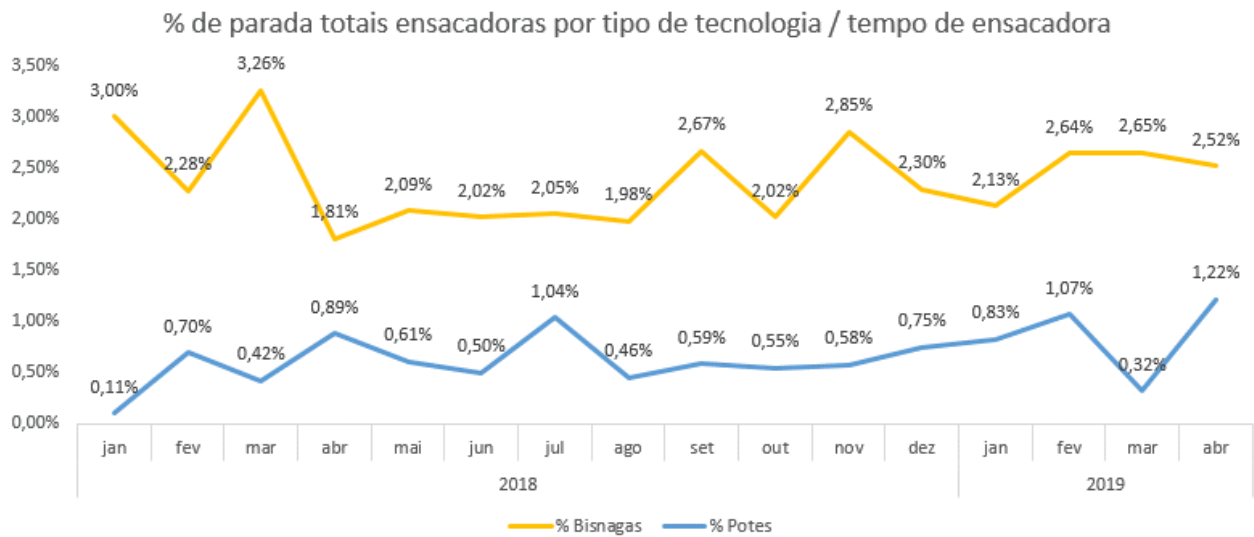


Figura 8: Gráfico de PNP por tecnologia.

- PNP por Manutenção

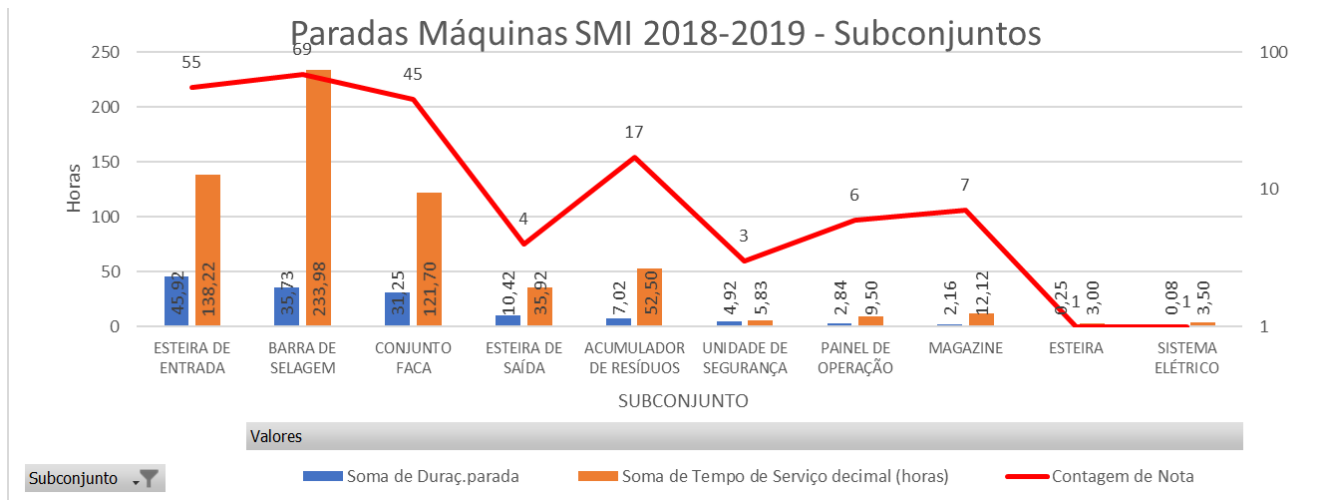


Figura 9: Gráfico de PNP por manutenção.

### 3.2.3. ANÁLISE DE VARIAÇÃO

Após retirar as medições, pode-se notar algum foco. Para essa análise foi escolhido as variáveis:

- Tecnologia
  - Bisnaga
  - Pote

Tabela 4: Resumo de descritivas - tecnologia

#### Estadísticas Descritivas: % PNP

##### Estadísticas

Variável	Média	DesvPad	Mínimo	Q1	Mediana	Q3	Máximo
% PNP	0,03713	0,00815	0,02569	0,03073	0,03548	0,04280	0,05332

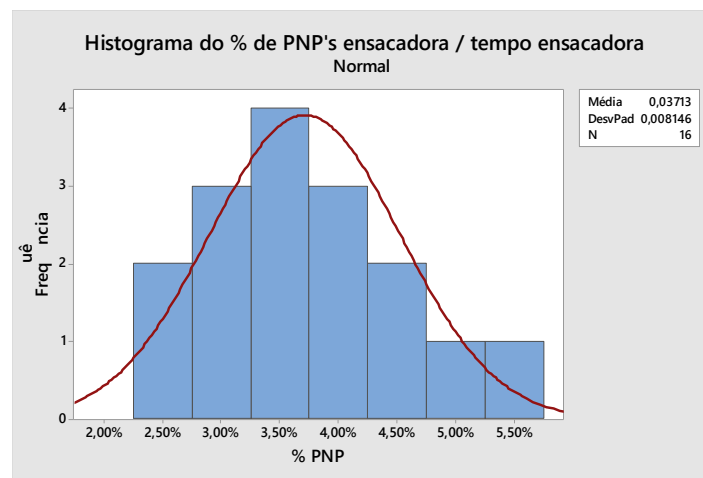


Figura 10: Histograma das ensacadoras por tecnologia.

Os dados mostram que 78,51% das PNP's de ensacadora tem origem em processamento de bisnagas. Analisando todos os tipos de PNP's de ensacadora, bisnagas representa o maior foco.

- Máquina
  - TGM
  - KX700
  - KX801

Tabela 5: Resumo de descritivas - máquina.

## Estadísticas Descritivas: % PNP

### Estadísticas

Variável	Média	DesvPad	Mínimo	Q1	Mediana	Q3	Máximo
% PNP	0,03713	0,00815	0,02569	0,03073	0,03548	0,04280	0,05332

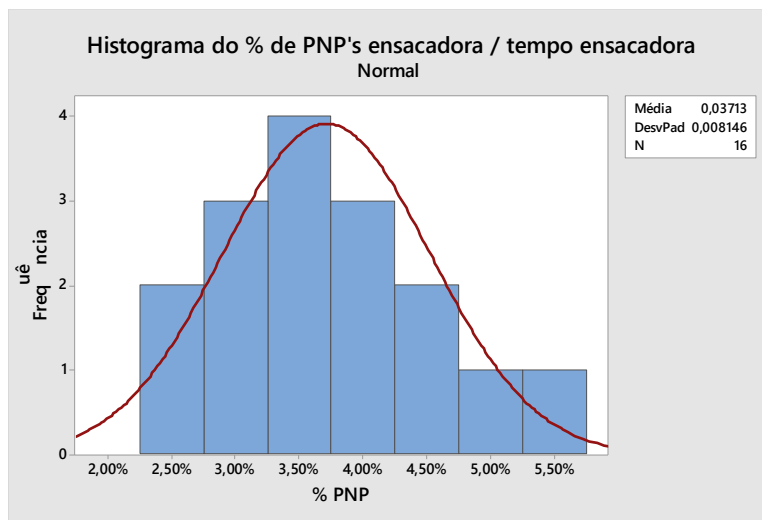


Figura 11: Histograma das ensacadoras por máquina.

Os dados mostram que 78,30% das PNP's de ensacadora tem origem nas máquinas TGM, KX700 e KX801. Analisando todos os tipos de PNP's de ensacadora, estas 3 máquinas representam o maior foco destas PNP's.

### 3.3. ETAPA A – (ANALYZE)

#### 3.3.1. FLUXOGRAMA

O mapa de processo é a ferramenta mais utilizada nesta etapa do projeto. Existem outras possibilidades que podemos utilizar dependendo do tema do projeto, mas, no geral o mapa atende bem as necessidades. Aqui o objetivo é detalhar o processo macro que iniciamos com o SIPOC em atividades mais específicas. Inicia-se estudando qual o produto esperado do processo (PF) e os parâmetros relevantes do produto final (Y). Certamente o indicador do seu projeto terá um Y.

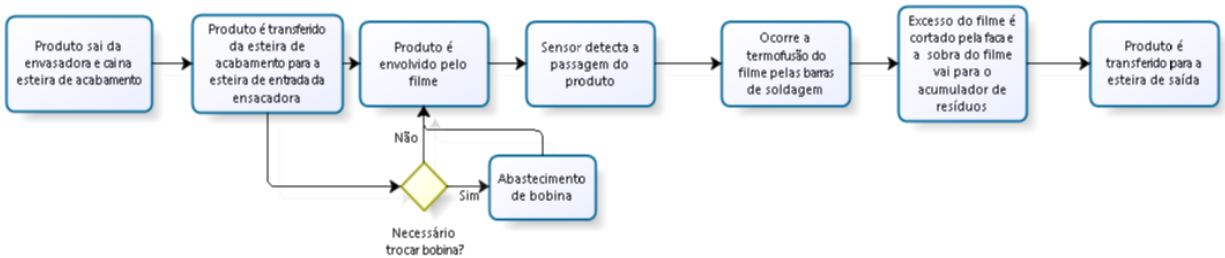


Figura 12: Processo da ensacadora.

Após destrinchar o processo foi passado por uma revisão do fluxograma acima, porém não é para desenhar o processo futuro com as mudanças que a equipe está imaginando. Para trabalhar as propostas e mudanças temos a etapa *improve*, aqui a proposta é criticar o mapa de processo feito. É possível que neste momento do projeto a equipe tenha mais conhecimento e deve ser utilizado para atualizar o mapa do processo (do estado atual) para que reflita a verdadeira situação.

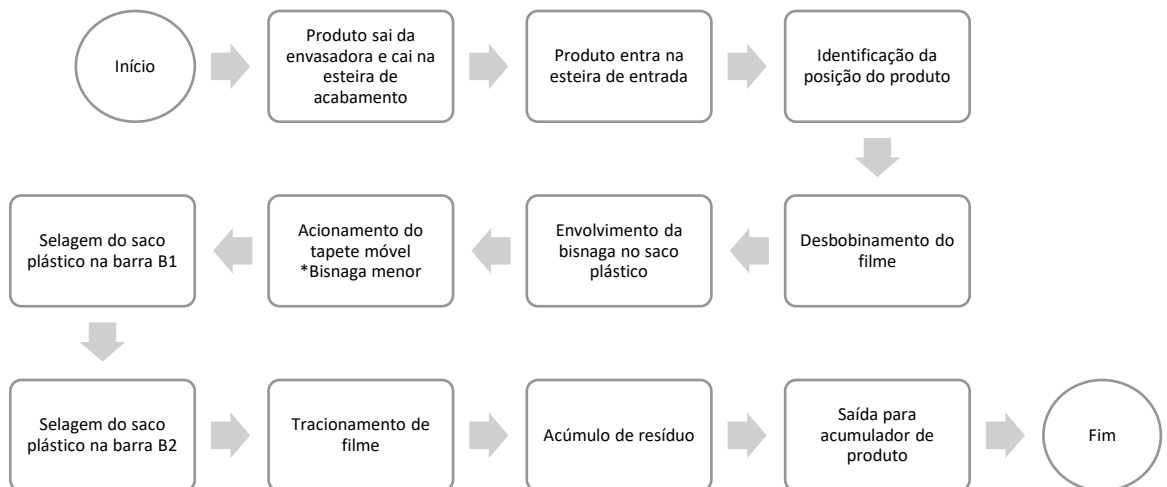


Figura 13: Revisão do mapa de processo.

### 3.3.2. ANÁLISE DAS CAUSAS

Com os dados atuais em mesa, foram listados uma série de possíveis causas, totalizando cerca de 45 causas com foco apenas nas bisnagas, dentre elas:

- Falta de peças para reposição;
- Cadência excessiva;
- Acúmulo de resíduo nos rolos da esteira;
- Filme desalinhado;
- Falha na regulagem do sensor;
- Desalinhamento dos roletes;
- Correias frouxas;
- Alguns produtos não necessitam da embalagem plásticas.

De todas as causas potenciais que foram listadas até o momento, agora devemos separar algumas cuja relevância fique evidente. Uma das ferramentas para fazer essa distinção é a matriz de priorização. Foram determinados critérios juntamente com a equipe local e feito uma pontuação de acordo com a correlação de cada uma das causas levantadas com os critérios estabelecidos.

#### 3.3.2.1. MATRIZ CAUSA X EFEITO

Matriz de Causa e Efeito é uma ferramenta que auxilia, através da definição, identificação e priorização de causas, quais são as raízes e seus impactos dentro de um problema. Esse tipo de matriz possibilita entender o processo sobre o qual está inserido a oportunidade, vulgo problema, de uma maneira mais analítica.

Nome: Processo de Envase de Suco de Uva.		Objetivos Definidos:		PTS
		Maior Produtividade	Volume Correto	
Etapas do processo		4	5	
I	Inserir os frascos na linha.	5	3	35
II	Envasar os frascos na linha.	5	5	45
III	Rosquear tampa dos frascos na linha.	3	1	17
IV	Rotular os frascos na linha.	2	1	13
V	Encaixotar os frascos.	4	1	21

Figura 14: Exemplo de matriz.

Dessa forma, depois de selecionar as variáveis que mais tem influência no resultado final, podem ser aplicadas outras ferramentas de planejamento e ação, como Brainstorming e Matriz de Força x Impacto, para alcançar uma conclusão mais eficaz e satisfatória. Dentro da matriz foi cruzado e quantificado cada possível causa.

X's do Processo		PNP ensacadora de bisnaga	PNP ensacadora de pote
X1	Sentido da bisnaga na esteira de acabamento invertido*****	10	0
X2	Velocidade da esteira de acabamento é maior ou igual a da esteira de entrada	3	2
X3	Falta de centerline e regulagem padrão entre máquinas**** (não é atualizado)	10	10
X4	Cadência alta, próxima ao limite das ensacadoras***	10	2
X5	Sem tempo para realização de manutenção preventiva*	10	10
X6	Falta de peças de reposição*	5	5
X7	Deslocamento do tapete de entrada**** ocasionando rompimento	9	5
X8	Quebras recorrentes dos eixos da esteira de entrada**	8	8
X9	Acúmulo de residuo nos rolos da esteira de entrada**	9	9
X10	Sujidade na esteira de entrada (desliza)**	3	10

Figura 15: Matriz de causa & efeito focando nas 10 primeiras causas levantadas.

### 3.3.2.2. MATRIZ ESFORÇO X IMPACTO

A matriz Esforço X Impacto é uma ferramenta de gestão que serve para priorização de atividades e problemas. Ela é uma espécie de grade composta por quatro áreas para a categorização das tarefas e ações identificadas após uma análise da situação em questão. A ordenação ocorre de acordo com o esforço gasto em cada ação e o impacto que ela representa no projeto ou objetivo trabalhado.

Em relação ao eixo “esforço”, considera-se o volume de trabalho necessário e o “suor” da equipe para que um problema seja solucionado. O eixo “impacto” entende-se pelo ganho e pelas consequências positivas obtidos para o time ou para o projeto com a resolução do problema.

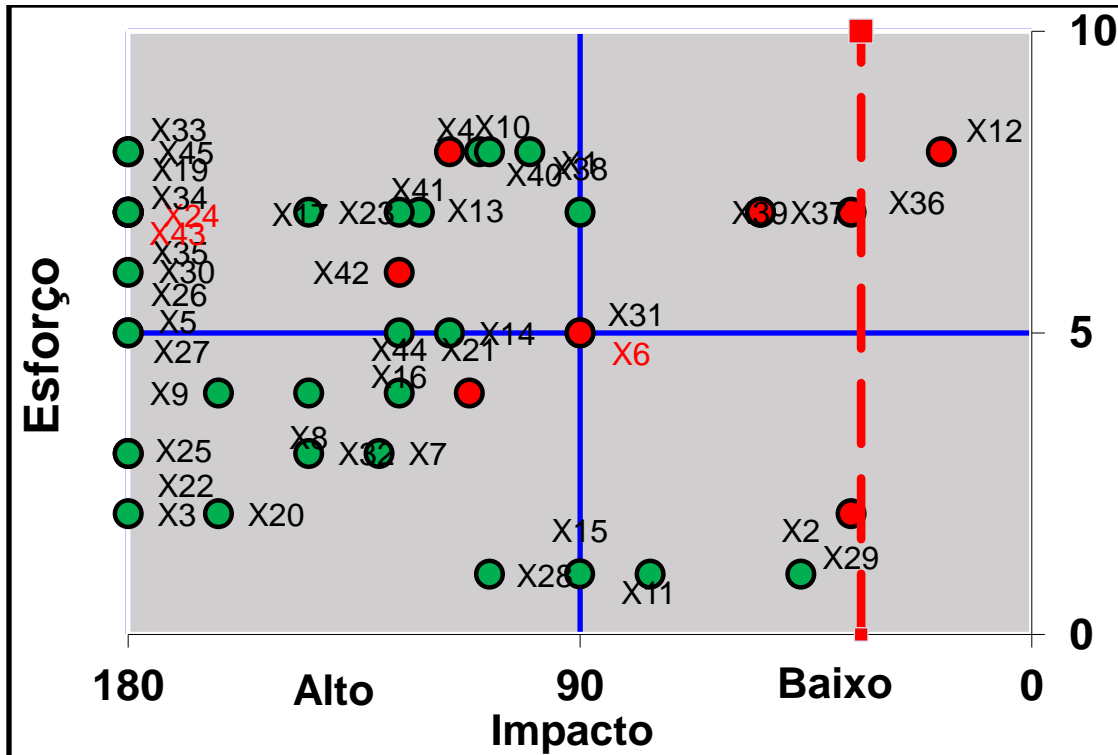


Figura 16: Matriz x Impacto.

Com a matriz realizada, preferencialmente no futuro, sempre irá buscar a região onde teremos um baixo esforço para um grande impacto. Nesta região, se concentram as causas:

- Fita de teflon inadequada;
- Sujeira em excesso na barra de selagem;
- Falta de *Centerline* e regulagem nas máquinas;
- Filme preso na esteira;
- Quebras do eixo da esteira de entrada;
- Falta de espaçador no conjunto do tensionador;
- Deslocamento do tapete de entrada;
- Desnívelamento da esteira;
- Conjunto do acionamento das barras com folga;
- Acúmulo de produto no acumulador de saída.

Para finalizar, foi feito uma tabela onde temos todas causas fundamentais com suas respectivas descrições.



### 3.4. ETAPA I – (IMPROVE)

#### 3.4.1. SOLUÇÕES PROPOSTAS

Fazer uma lista de soluções possíveis para cada causa fundamental. Deve-se explorar várias possibilidades de solução para uma mesma causa fundamental. Ainda que a equipe esteja inclinada a adotar uma determinada solução, há de se fazer um exercício mental e levantar outras oportunidades para nos dar a opção de escolha da solução mais adequada.

Bisnaga	CAUSA FUNDAMENTAL	SOLUÇÕES PROPOSTAS	ÁREA
X1	Sentido da bisnaga na esteira de acabamento	Replicar bench norden	Manutenção
X1	Sentido da bisnaga na esteira de acabamento	calha de saída em L	Manutenção
X2	Velocidade da esteira de acabamento é	padronizar potenciometro com escala (visual/analogico/digital)	Manutenção
X2	Velocidade da esteira de acabamento é	inter travamento, duas velocidades	Manutenção
X2	Velocidade da esteira de acabamento é	redução dos motores diferentes (equalizar)	Manutenção
X2	Velocidade da esteira de acabamento é	Incluir dados de velocidade no centerline	Melhoria Contínua
X3	Falta de centerline e regulagem padrão	alinhar com gestão e guardiões disciplina na utilização do centerline	Operação
X3	Falta de centerline e regulagem padrão	coletar centerline para familias de produtos	Operação
X3	Falta de centerline e regulagem padrão	atualização das receitas no ihm na maquina	Operação
X3	Falta de centerline e regulagem padrão	trouble shoot para problemas/defeitos para orientação dos operadores	Melhoria Contínua
X5	Sem tempo para realização de	levantamento dos tempos das atividades de manutenção	Manutenção
X5	Sem tempo para realização de	programar paradas de acordo com os tempos levantados com a produção	Operação
X5	Sem tempo para realização de	refazer novo calendario preventivo	Manutenção
X7	Deslocamento do tapete de entrada****	mesmo que X9	
X8	Quebras recorrentes dos eixos da esteira de	troca dos eixos recuperados	Manutenção
X8	Quebras recorrentes dos eixos da esteira de	instalação dos alinhadores de esteira	Manutenção

Figura 17: Amostra inicial das soluções propostas.

Uma vez listadas as opções de solução para as causas, deve-se estabelecer alguns critérios que ajudem a evidenciar as soluções mais adequadas. Assim como priorizamos causas, vamos priorizar as soluções. Estabeleça critérios para priorização como: Facilidade de implantação, Custo para implantação, Impacto no processo, efeitos correlatos etc., e faça a pontuação de correlação.

### 3.4.2. AVALIAÇÃO DE RISCO

Toda mudança apresenta algum risco, lista-los e fazer uma avaliação sobre a probabilidade de isso acontecer e do impacto no processo caso ocorra são fundamentais. Para aqueles riscos conhecidos com chances de ocorrência e impacto alto é necessário tomar contramedidas para mitigação desse risco.

SOLUÇÃO PRIORIZADA	RISCO DA IMPLEMENTAÇÃO (Efeitos indesejáveis)	ANÁLISE DE RISCO	
		PROBABILIDADE	IMPACTO
alterar MRP da faca para troca em preventiva	Sim - Aumento de custo de estoques	ALTA	BAIXO - (R\$ 700,00)
revisão do MRP das correias	Sim - Aumento de custo de estoques	ALTA	MÉDIO - (R\$ 3.000,00)
abaixar a posição do acumulador	Sim - Risco Ergonômico	ALTA	ALTO
troca do parafuso mosca para chaveta	Sim - Alteração na máquina de comodato	ALTA	BAIXO - (ALTERAÇÃO REVERSÍVEL)
Colocar travas (pino/cola/anel elastico) pode ser no horário de almoço	Sim - Alteração na máquina de comodato	ALTA	BAIXO - (ALTERAÇÃO REVERSÍVEL)
instalar batente fisico mais resistente	Sim - Alteração na máquina de comodato	ALTA	BAIXO - (ALTERAÇÃO REVERSÍVEL)
replicar melhoria da bahia chapa sensor acumulador de residuo	Sim - Alteração na máquina de comodato	ALTA	BAIXO - (ALTERAÇÃO REVERSÍVEL)
programar paradas de acordo com os tempos levantados com a produção	Sim	MÉDIA	ALTO
experimentar retirada de sacos em algumas familias de produtos	Sim (marcas de atrito em peças)	ALTA	ALTO
Trocar o modelo das ensacadoras (mais atualizado, mesmo fornecedor)	Sim (contratual)	MÉDIA	ALTO
Manter atualizado o estoque de esponjas na higienização (tem MRP?)	Sim - Aumento de custo de estoques	ALTA	BAIXO
redução dos motores diferentes (equalizar)	Sim (alteração do sistema de tração da esteira)	MÉDIA	ALTO
aproximar sensor de leitura da bisnaga (se o teste do sensor da 801 não der certo)	Sim - Alteração na máquina de comodato	ALTA	BAIXO - (ALTERAÇÃO REVERSÍVEL)
inter travamento, duas velocidades	Sim (risco de paradas na envasadora pela parada da ensacadora)	ALTA	ALTO
aumentar autonomia do acumulador	Sim - Alteração na máquina de comodato	ALTA	BAIXO - (ALTERAÇÃO REVERSÍVEL)
alterar tipo do suporte do encoder	Sim - Alteração na máquina de comodato	ALTA	BAIXO - (ALTERAÇÃO REVERSÍVEL)
colocar uma escova fixa na posição inferior	Sim - Alteração na máquina de comodato	ALTA	BAIXO - (ALTERAÇÃO REVERSÍVEL)

Figura 18: Amostra inicial da análise de risco realizada.

### 3.5. ETAPA C – (CONTROL)

Criar padrões e procedimentos é apenas uma parcela na manutenção do resultado. É preciso garantir que todas as pessoas que trabalham ou tenham alguma interação com os processos em questão recebam treinamento sobre a nova forma de trabalhar.

Sempre atualize o plano de ação e certifique-se que todas as ações foram implementadas. Faça uma lista das entregas do plano e registre em um *check list*. Verifique se todas as entregas foram feitas.

O fato de as ações estarem concluídas não significa que o que se esperava com aquela ação foi entregue, isso deve ser verificado.

Além de descrever quais foram os problemas encontrados ao longo do projeto, quais ferramentas foram utilizadas com sucesso no projeto e quais as recomendações para outras pessoas que queiram implementar um projeto similar.

#### 3.5.1. OCAP

O OCAP é uma ferramenta que, quando usada em conjunto com a carta de MONITORAMENTO, pode facilitar a identificação das anomalias crônicas que devem ser atacadas para a melhoria do processo. Quando a carta sinalizar que o processo está fora do esperado, deve-se identificar, com o auxílio do OCAP, o motivo que levou à ocorrência da causa especial e a ação corretiva a ser tomada. A OCAP realizada estará disponível em anexo.

A utilização das cartas de MONITORAMENTO em conjunto com o OCAP resulta em:

- Domínio da situação atual do processo.
- Aumento da eficiência da ação gerencial de manutenção da qualidade.
- Maior atuação do supervisor e do staff técnico na ação gerencial de melhoria da qualidade.

O OCAP é constituído por três partes:

- Ativadores:
  - ◆ Definem as condições que indicam quando o OCAP deve ser seguido.
- Pontos de verificação:
  - ◆ São condições do processo que devem ser investigadas para a descoberta da causa especial de variação.

- Finalizadores:
  - ◆ Contêm as ações que devem ser adotadas para a remoção do sintoma e para a eliminação da causa especial de variação.

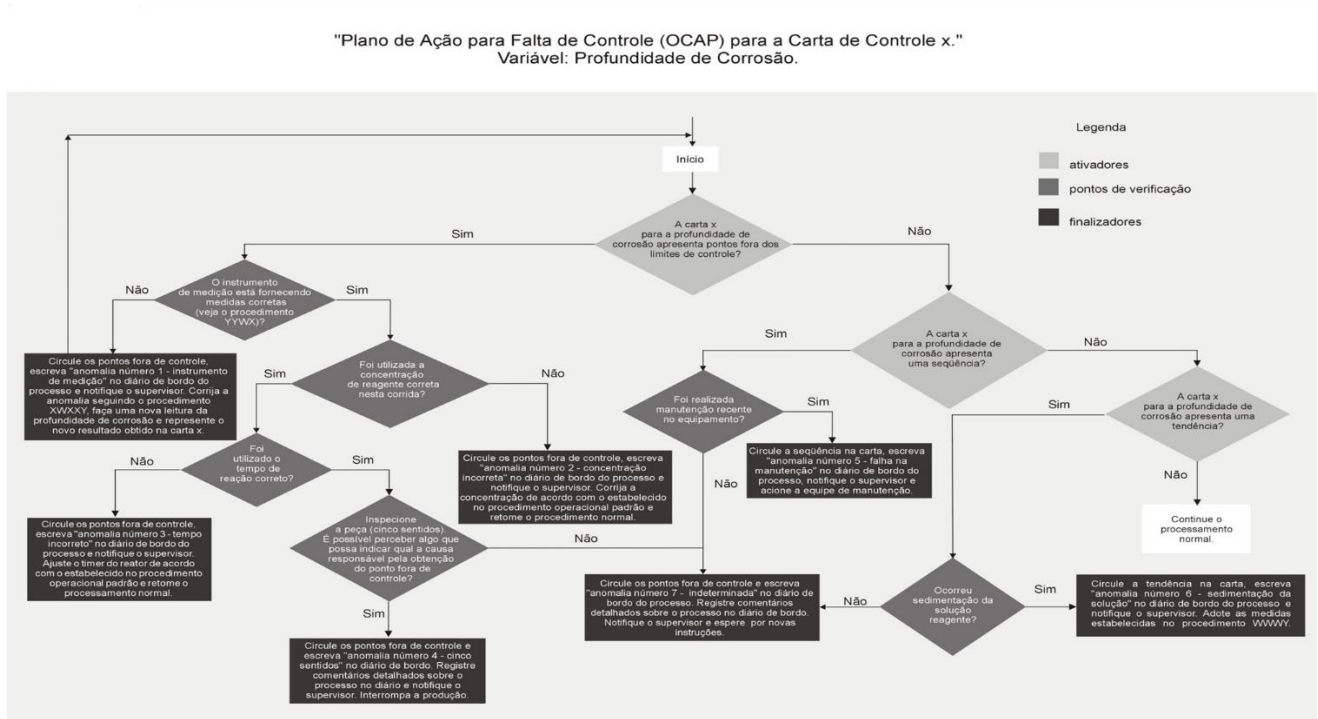


Figura 19: Exemplo de OCAP.

## 4. CONCLUSÃO

Ao aplicar o DMAIC, foram obtidos resultados positivos para a empresa com a identificação dos principais problemas, principais causas e levantamento de ações corretivas. Por fim, pode-se concluir que o uso da metodologia no problema proposto pode ser considerado positivo e benéfico para a empresa, quando visto que a solução obtida tem sentido lógico e apresentou uma forte melhoria.

Apesar do DMAIC ser um dos elementos da metodologia Seis Sigma, o mesmo quando bem conduzido e com a utilização integrada de Ferramentas da Qualidade pode trazer bons resultados para a organização. A utilização assertiva de Ferramentas da Qualidade como o Gráfico de Pareto, a Matriz G.U.T. e o Diagrama de Ishikawa, por exemplo, podem preparar a empresa para futuras melhorias, como também a metodologia Seis Sigma em sua totalidade.

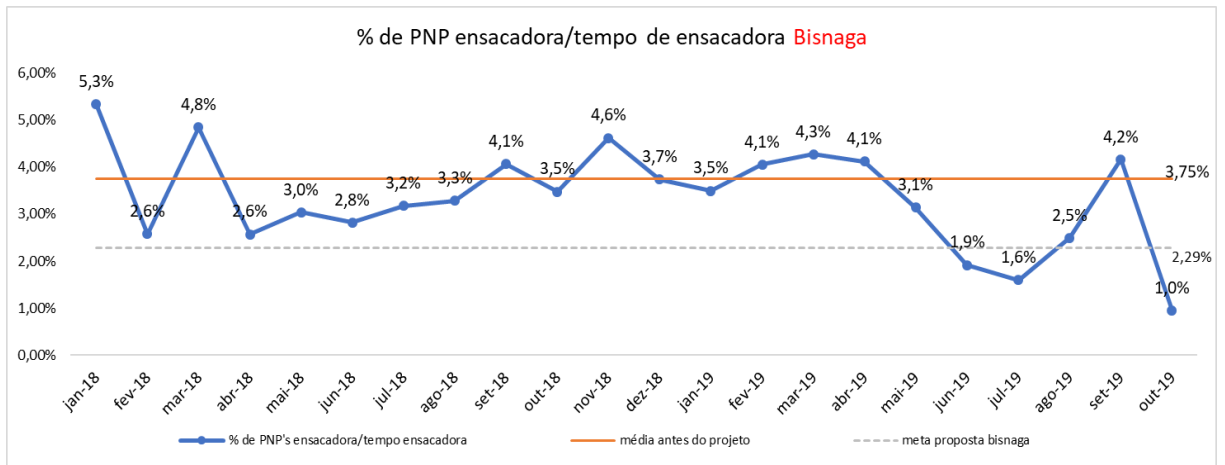


Figura 20: Gráfico de PNP's da ensacadora.

No gráfico acima, fica claro como pode se visualizar a redução de PNP's da ensacadora. De um modo geral, no final deste projeto pode-se concluir que os resultados foram positivos e que o uso das ferramentas *lean* e da metodologia *Six Sigma* foi eficaz, uma vez que foi verificado um aumento da qualidade.

## 5. REFERÊNCIAS

Linderman, K., Schroeder, R.G., Zaheer, S., Choo, A.S. (2003). Six Sigma: A goal theoretic perspective. *Journal of Operations Management*, 21(2), 193-203.

Montgomery, D. C. and Woodall, W. H. (2008). An Overview of Six Sigma. *International Statistical Review*, 76(3):329–346

ECKES, G. Making Six Sigma Last. *Ivey Business Journal*, Vol. 66, n.3, 77-81, 2002

SHANKAR, R. Process Improvement Using Six Sigma: A DMAIC Guide. Milwaukee: Quality Press, 2009.

CARROLL, C. T. Six Sigma for Powerful Improvement: A Green Belt DMAIC Training System with Software Tools and a 25-Lesson Course. New York: CRC Press, Taylor & Francis Group, 2016.

WERKEMA, C. Métodos PDCA e DMAIC e suas ferramentas analíticas. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.

CARROLL, C. T. Six Sigma for Powerful Improvement: A Green Belt DMAIC Training System with Software Tools and a 25-Lesson Course. New York: CRC Press, Taylor & Francis Group, 2016.

KWAK, Y. H.; ANBARI, F. T. Benefits, obstacles, and future of six sigma approach. *Technovation*, Vol.26, 708-715, 2006.

NANDAKUMAR, N.; SALEESHYA, P. G.; HARIKUMAR, P. Bottleneck Identification and Process Improvement by Lean Six Sigma DMAIC Methodology. *Materials Today: Proceedings*, Vol.24, 1217-1224, 2020.

# ANEXO A

