

ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

**Aplicação da metodologia “Seis Sigma”
visando a redução de caixas perdidas por
vazamento nos centros de distribuição.**

Rodrigo Hitoshi Yashiro

São Paulo

2008

ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

**Aplicação da metodologia “Seis Sigma”
visando a redução de caixas perdidas por
vazamento nos centros de distribuição.**

Trabalho de formatura apresentado à Escola
Politécnica da Universidade de São Paulo
para obtenção do título de Graduação em Engenharia

Rodrigo Hitoshi Yashiro

Orientador: Profa. Dra. Adherbal Caminada

Área de Concentração:
Engenharia Mecânica

São Paulo
2008

FICHA CATALOGRÁFICA

Yashiro, Rodrigo Hitoshi

**Aplicação da metodologia "seis sigma" visando a redução de caixas perdidas por vazamento em centros de distribuição / R.H. Yashiro. – São Paulo, 2008.
80 p.**

Trabalho de Formatura - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Mecânica.

1.Controle da qualidade 2.Administração da produção 3.Embalagens 4.Estatística (Capacidade) I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia Mecânica II.t.

Agradecimentos

Agradeço a minha família que sempre me apoiou em todos os momentos difíceis, que sempre acreditou em mim, sendo fundamentais na minha formação como pessoa. Agradeço também minha namorada Kátia Akico Oyakawa, que além de amiga, esteve presente em todos os momentos que precisei fornecendo todo suporte durante as dificuldades encontradas no caminho. Agradeço o meu orientador, Prof. Adherbal Caminada por todo o suporte fornecido e por estar disposto a contribuir tanto com meu crescimento acadêmico quanto meu crescimento profissional. Agradeço também todos meus amigos pelos momentos de alegria e pelos difíceis momentos passados durante o árduo curso de graduação na escola Politécnica da USP, e por fim, agradeço os meus amigos de trabalho, Karime Abib e Renato Dias, sem o qual esse trabalho não seria possível.

Resumo

O presente trabalho tem como objetivo reduzir o número de caixas perdidas por vazamento de embalagens em Centro de Distribuição de uma indústria de produtos de limpeza.

Para tanto, será utilizada a metodologia “Seis Sigma”, visando encontrar a melhor alternativa, de forma sucinta gerando um ganho financeiro.

Como a metodologia é complexa, uma parte deste trabalho será explicar a metodologia “Seis Sigma”, para depois, aplicar o método no projeto em questão.

Abstract

This project has the objective of reducing the number of discarded box in Distributions Centers in a company of cleaning products.

For the accomplishment of this project, the “Six Sigma” methodology was chosen, in order to find the best option for solve this issue, and looking for a financial gain.

As this methodology is complex, the first part of this work intend explain “Six Sigma” method. After the knowledge acquired, this method and tools are going to be applied in the respective project.

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Fluxo do Processo	13
Figura 2:Exemplo de distribuição normal de um processo com 6sigma de variação	14
Figura 3: Fluxo da metodologia DMAIC.....	15
Figura 4: Esquema de controle de processo.....	19
Figura 5: Funil de refinamento das variaveis de entrada	21
Figura 6: Cp e Cpk	26
Figura 7: Exemplo de formulário de FMEA.....	33
Figura 8: Principais reclamações da categoria de produto	36
Figura 9: Reclamação de Embalagem.....	37
Figura 10: Reclamação do Produto A.....	38
Figura 12: Perda de Caixa por Produto	39
Figura 13: Mapeamento do processo	44
Figura 14: Diagrama de Pareto com a priorização das variáveis da garrafa de 1 litro.....	52
Figura 15: Diagrama de Pareto com a priorização das variáveis da garrafa de 2 litro.....	53
Figura 16: Capacidade de processo da altura do gargalo (medida "H").....	54
Figura 17 : Capacidade de processo do peso da garrafa.....	54
Figura 18 : Capacidade de processo do torque aplicado na tampa.....	55
Figura 19: Garrafas de 1 litro encontradas no CD com problemas de vazamento (presença de impurezas incrustadas com "microfuros"	56
Figura 20: Garrafas com o topo amassado.....	57
Figura 21: Garrafa cortada ao meio	57
Figura 22 :Garrafa danificada com o gargalo rachado.	57
Figura 23 :Garrafas encontrada sem a tampa	57
Figura 24 : Presença de Impurezas.....	58
Figura 25 : Frascos Deformados	58
Figura 26 : Frasco com furo	58
Figura 27 : Frasco com rebarba.....	58
Figura 28 : Frasco com Microfuro	59
Figura 29 : Má formação do gargalo	59
Figura 30 : Garrafa cortada.....	59
Figura 34 :Garrafa deformada plasticamente na região do fio de luz (frente da caixa)	62
Figura 35 : Garrafa sem deformação na região do fio de luz (traz da caixa)	62
Figura 36 : Garrafas encontradas no CD sem o gargalo	62
Figura 37 : Foto da queda do Pallet do produto em estudo	63
Figura 38 : Produtos com o topo amassado	64
Figura 39 : Diferença entre a tampa antiga e a tampa nova.....	67

Figura 40 : Equipamento para teste de compressão da marca Zwick	68
Figura 41 : Gráfico de compressão do topo da garrafa (tampa antiga x tampa nova)	69
Figura 42 : Capacidade de processo da tampa nova.....	70
Figura 43 : Teste de Hipóteses (tampa antiga x tampa nova).....	71
Figura 44 : Deslocamento angular das caixas no Pallet inferior	73
Figura 45 : Tampa antiga X Tampa nova	75

INDICES DE TABELAS

Tabela 1: Tabela de severidade do FMEA	30
Tabela 2: Tabela de ocorrencia do FMEA	30
Tabela 3: Tabela de detecção do FMEA	31
Tabela 4: Custo de produtos perdidos por vazamento.....	41
Tabela 5: Custoto de caixas perdidas devido ao vazamento	41
Tabela 6: Custo devido a reclamação de consumidores devido a vazamento	42
Tabela 7: Custo total envolvido no projeto.....	42
Tabela 8: FMEA do processo.....	47
Tabela 9: Matriz de Causa e Efeito.....	49
Tabela 10: Tabela de entradas críticas da garrafa de 1 litro	50
Tabela 11: Tabela de entradas críticas da garrafa de 2 litros.....	51
Tabela 12: Variáveis priorizadas da garrafa de 1 litro	52
Tabela 13: Variáveis priorizadas da garrafa de 1 litro	53

Sumário

1-Introdução	11
2-Introdução ao Seis Sigma.....	13
2.1-Princípio da metodologia Seis Sigma	14
2.1.1-O modelo “DMAIC”	15
2.1.1.1-Fase “Definir”	16
2.1.1.2-Fase “Medir”	16
2.1.1.3-Fase “Analisar”	17
2.1.1.4-Fase “Melhorar”	18
2.1.1.5-Fase “Controlar”	19
2.1.2-Refinamento das variáveis de entrada.....	20
2.2-Conceitos importantes.....	21
2.2.1-Índices de Capabilidade	22
2.2.1.1-Índices e Taxas de Capabilidade de Processo	24
2.2.1.1.1-Índices:	24
2.3-Ferramentas para aplicação do Seis Sigma	26
2.3.1-FMEA – Failure Mode and Effect Analysis (Análises do Modo de Falha e seus Efeitos)	26
2.3.1.1-Tipos de FMEA.....	27
2.3.1.2-Aplicação da FMEA.....	27
2.3.1.3-Funcionamento Básico	28
2.3.1.4-Etapas para a Aplicação	28
2.3.1.4.1-Planejamento	28
2.3.1.4.2-Análise de Falhas em Potencial	29
2.3.1.4.3- Avaliação dos Riscos	29
2.3.1.4.3.1-Severidade	30
2.3.1.4.3.2-Ocorrência	30
2.3.1.4.3.3-Detecção	31
2.3.1.4.3.4-Melhoria	31
2.3.1.4.3.5-Continuidade	32
2.3.1.4.3.6-Importância	32
2.3.2-DoE (Design of experiments)	33

2.3.2.1-Introdução	33
2.3.2.2-Glossário	35
2.3.2.3-Tipos de Planejamento	35
2.3.2.4-Etapas de Desenvolvimento do Planejamento	35
3-Introdução ao projeto de redução de perdas de caixas.....	36
3.1 – Escolha do projeto	36
3.2 – Aplicação da metodologia DMAIC.....	40
3.2.1 – Fase Define	40
3.2.1.1 – Análise financeira.....	40
3.2.2 – Fase Measure	43
3.2.2.1 – Mapeamento do Processo	44
3.2.2.2 – FMEA do Processo.....	45
3.2.2.3 – Matriz de Causa e Efeito	48
3.2.2.4 – Priorização das variáveis	52
3.2.2.5 – Levantamento de dados no Centro de Distribuição.....	56
3.2.2.6 – Levantamento de dados no Terceiro.....	57
3.2.2.7 – Problemas encontrados na Paletização.....	60
3.2.2.8 – Incidente de segurança: Queda de um Pallet.....	63
3.2.3 – Fase Analize	64
3.2.3.1 – Refinamento das variáveis.....	65
3.2.3.2 – Estudo da garrafa de 1 litro	66
3.2.3.3 – Estudo da garrafa de 2 litros.....	67
3.2.3.3.1–Análise de compressão da garrafa.....	68
3.2.3.3.2 – Estudo da Capacidade de processo da Tampa Nova	70
3.2.3.3.2 – Teste de Hipóteses da diferença de compressão entre as tampas.....	70
3.2.3.3.3 – Análise das variáveis relacionados ao processo no terceiro	72
3.2.3.3.4 –Deslocamento angular das caixas do Pallet devido a compressão	72
3.2.4 – Fase Improve	74
3.2.4.1 – Soluções para o problema das garrafas de 1 litro	74
3.2.4.1.2 – Projeto Gessinger	75
3.2.4.2 – Soluções para a garrafa de 2 litros.....	76
3.2.4.2.1 – Melhorias realizadas no processo do terceiro.....	76

3.2.5 – Fase Control	77
4- Conclusões do projeto	78
5-Bibliografia	79

1-Introdução

O presente trabalho foi baseado em uma parte de um projeto real realizado em uma indústria de bens de consumo, que envolve uma categoria conhecida como “HHC” (*House Hold Care*), que são basicamente os produtos de limpeza de casa, como alvejantes, águas sanitárias, limpadores, desengordurantes entre outros.

Este projeto nasceu devido a uma necessidade de uma série de planos de ação para contornar um crescente aumento nas reclamações de consumidor com os produtos citados anteriormente.

Como se trata de uma série de produtos diferentes, com diferentes tamanhos e variantes, foi necessário realizar discretizações das reclamações de consumidor através de uma ferramenta conhecida como diagrama de Pareto, a fim de analisar quais são as principais reclamações relacionadas a essa categoria de produtos.

A partir destas análises, os principais problemas relacionados com as reclamações dos consumidores foram levantados, e para cada uma delas foi planejada uma ação para tentar resolver ou amenizar esse problema, que envolveram planos de distribuição, ações de marketing visando ensinar os consumidores a utilizar os produtos de forma correta entre outros. Estes problemas possuem soluções diretas, que serão implementadas em breve.

O grande problema são as reclamações relacionadas a qualidade do produto de uma forma geral, que não possuem soluções óbvias, sendo necessário um estudo aprofundado do assunto a fim de se encontrar uma solução. Neste quesito, um problema encontrado a partir das reclamações de consumidor foi o vazamento de embalagens de produtos clorados. Depois de um estudo, que será explicado posteriormente, verificou-se que estes vazamentos iniciam-se antes de chegar aos consumidores, nos centros de distribuição.

Como se trata de um problema complexo, sem solução definida, foi escolhida a metodologia “Seis Sigma” e suas ferramentas como base para guiar esse projeto.

Como a metodologia seis sigma é complexa, a primeira parte deste trabalho, é garantir o entendimento da metodologia e das respectivas ferramentas, que porventura serão utilizadas.

Uma vez entendida a metodologia e as ferramentas, o projeto em si será explicado, garantido o melhor entendimento do mesmo.

Como a metodologia exige muitos cálculos, para facilitar a compilação das informações, um software estatístico (Minitab) será utilizado, e caso necessário, algumas informações básicas serão introduzidas para garantir o entendimento do processo.

2-Introdução ao Seis Sigma

De uma forma geral, o Seis Sigma é uma metodologia de trabalho e uma estratégia de negócios que se baseia no enfoque ao cliente e ao manejo eficiente dos dados, metodologia e desenhos robustos, através de ferramentas estatísticas.

Esta metodologia permite reduzir a variabilidade dos processos, o desvio padrão (σ), ao redor de um valor médio focando-se em metodologias de prevenção de falhas ao invés de detecção.

A partir de um enfoque disciplinado e rigoroso na análise dos dados, procura-se a quase eliminação dos defeitos, tempo ocioso, além de visar uma diminuição do custo do produto e diminuir o tempo de transação.

Todos esses fatores são determinados pelas necessidades do cliente, em busca das alternativas melhores, mais rápidas e de menor custo.

O “Seis Sigma” permite acelerar as melhoras nos processos, produtos e serviços, permitindo trocas significativas em seu processo, permitindo melhoras significativas em seu rendimento. De uma maneira geral, a idéia seria controlar as saídas do processo (Y's), por meio das entradas controláveis (X's).

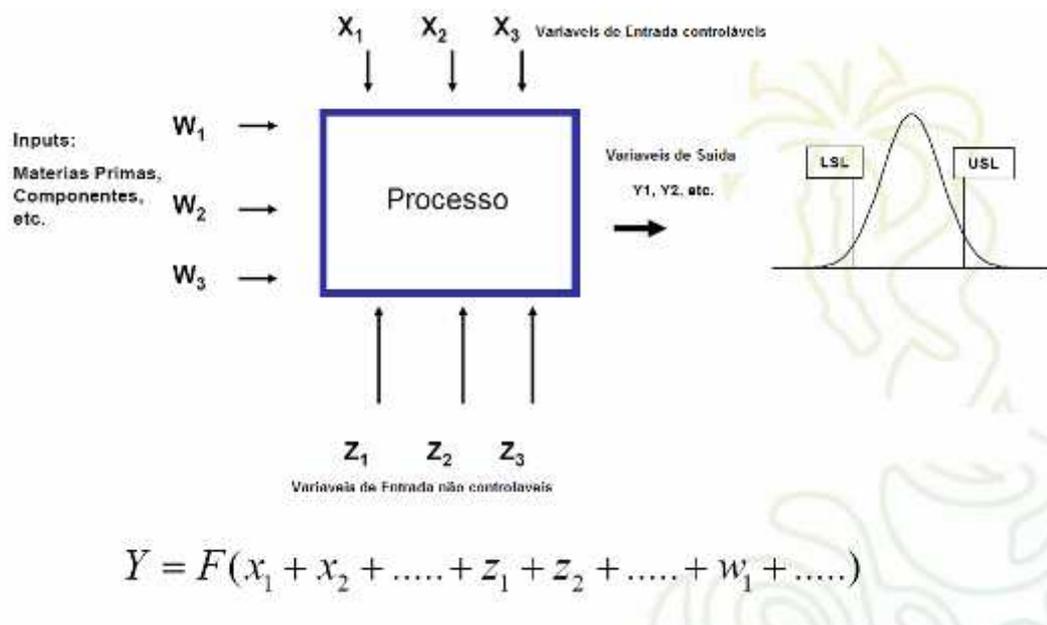


FIGURA 1: FLUXO DO PROCESSO

Devido a seu grau de complexidade, a metodologia dos Seis Sigma, pode não ser completamente implementada, no entanto, a utilização de suas ferramentas pode gerar melhoras significativas no processo. Motivo o qual esta metodologia será utilizada como guia para este projeto.

Conceitualmente, o Seis Sigma se refere a um processo quem tem seis desvios padrões entre o meio do processo e os seus limites de especificação, implicando que a nestas condições, a oportunidade de eventos fora da especificação será muito baixo.

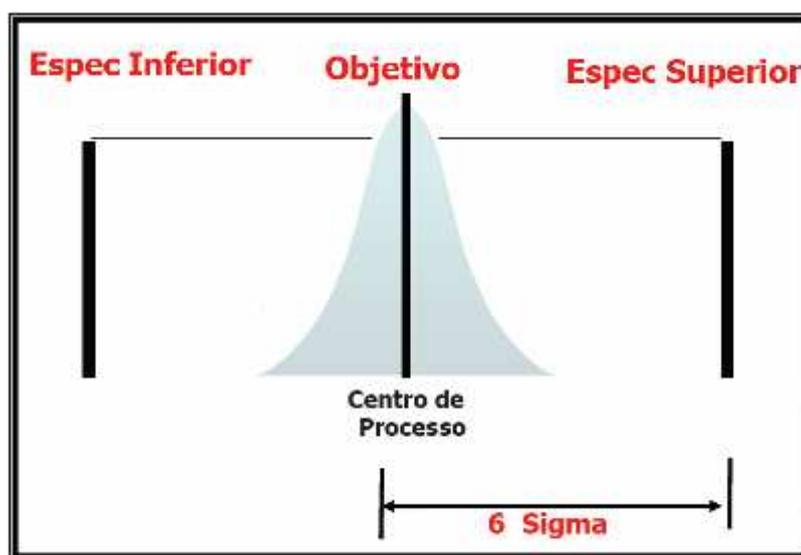


FIGURA 2: EXEMPLO DE DISTRIBUIÇÃO NORMAL DE UM PROCESSO COM 6 SIGMA DE VARIAÇÃO

Como comparação, um processo com 2σ de variação, estatisticamente dizendo, produz 69,1% de produtos dentro da especificação. Em contrapartida, um processo 6σ representa inacreditáveis 99,99966% de produtos dentro da especificação.

2.1-Principio da metodologia Seis Sigma

A metodologia Seis Sigma, utiliza dados e ferramentas estatísticas para melhorar sistematicamente o processo e manter as melhoras obtidas.

Esta metodologia é um projeto focado em 5 fases: “Define” (Definir), “Measure”(Medir), ”Analyze”(Analisar), “Improve”(Melhorar) e Control” (Controlar), também conhecida como metodologia DMAIC.

2.1.1-O modelo “DMAIC”

O modelo “DMAIC” é um conjunto de ferramentas divididas em cinco fases, que são utilizadas para caracterizar e aperfeiçoar ambos os processos industriais, quanto os de negócios. Cada projeto deve completar as fases na ordem cronológica.

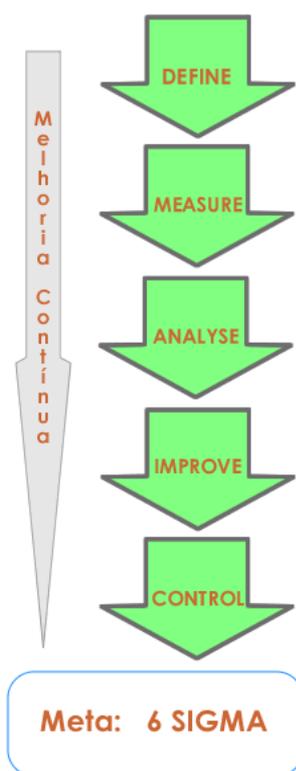


FIGURA 3: FLUXO DA METODOLOGIA DMAIC

Projetos são selecionados e “Definidos” conforme as estratégias executivas de uma empresa, visando atender sua parte operacional e as necessidades do consumidor.

Na fase de “Medir”, são determinadas as características que influenciam o comportamento do processo através de medições e coleta de dados.

Na fase de “Analisar” os dados são analisados usando ferramentas matemáticas e estatísticas. Quando empregadas de acordo, consegue-se uma visão clara da variação no processo e de como limitá-la. A análise revela se um problema é real ou se é apenas um evento aleatório. Se o evento for aleatório, então não existe solução dentro da área de trabalho do “Seis Sigma”.

A próxima fase é Implementação da melhoria (“Improve”). Uma vez determinado se o problema é real e não um evento aleatório, as equipes de “Seis Sigma” procuram identificar as possíveis soluções. As soluções devem ser testadas para se saber como interagem com outras entradas de variáveis. Por fim, a melhor solução é escolhida para a implementação.

Por fim, a fase de “Controle” aplica ferramentas tradicionais e estatísticas para manter as melhoras adquiridas no processo. A ênfase é manter as entradas chaves do processo controladas para garantir que os processos de saídas chaves também estejam controladas.

2.1.1.1-Fase “Definir”

- São estabelecidas as necessidades dos clientes.
- São identificados os processos que devem ser melhorados.
- Passos chave:
- Fazer a seleção do projeto, alinhado com as estratégia de negocio.
- Identificar a voz do cliente (suas necessidades).
- Identificar parâmetros críticos para a satisfação.
- Criar um enunciado do problema.
- Definir corretamente o alcance do projeto.
- Definir um padrão de desempenho e objetivos.
- Negociar esses padrões.

Como “Saída” dessas ações temos:

- “Project Charter” (Carta do Projeto).
- Impacto nos negócios (“Saving” do projeto).
- Objetivos do Projeto
- Definição dos membros do projeto.

2.1.1.2-Fase “Medir”

- Determinara as características do produto que são criticas para a satisfação do cliente (CTS – Critical to satisfaction)

- Focar e buscar as variáveis chave do processo que explicam a variação indesejada das características “CTS”.
- Completar as análises do sistema de medição,
- Estabelecer uma linha de base: Estimar a capacidade do processo a curto e longo prazo.
- Alguns passos chave:
- Identificar as variáveis de entrada e saída do processo (X’s e Y’s).
- Realizar uma matriz de causa e efeito.
- Determinar a capacidade do sistema de medição.
- Estabelecer a Capacidade do processo atual (explicação mais adiante).
- Definir o sistema de medição.
- Revisar a capacidade do sistema de medição.
- Priorização das entradas controláveis (X’s).
- Revisão da Carta de Projeto.

Algumas das ferramentas:

- Mapa de processo.
- FMEA –Failure Mode and Effect Analysis (Análise de modo de falha e efeitos).
- Planilhas de controle para dados medidos.
- “Gage R&R” (Repetibilidade e reproducibilidade de uma medição)
- Capacidade do Processo

2.1.1.3-Fase “Analisar”

- Afinar a busca para as variáveis chave do processo:
- Teste de Hipoteses.
- Correlação/regressão
- Confirmar as medições necessárias para medir os CTS’s
- Começar o entendimento das relações entre os X’s e Y’s e identificar potenciais fontes de variação do processo.

Passos chave:

- Reduzir o numero de variáveis de entrada até se alcançar um numero que seja possível o manejo do processo.
- Determinar as variáveis criticas de entrada por meio do FMEA.
- Determinar a presença de variáveis de ruído.
- Planificar as primeiras ações de melhora.
- Em alguns casos, recomendar o redesenho do processo do produto.

Algumas ferramentas:

- Intervalo de confiança.
- Frequencia e tamanho das amostras.
- Analises multivariaveis.
- Analises de Variancia (ANOVA)

Como “Saída” dessas ações temos:

- Modo de falhas das variáveis controláveis (X's)
- Potenciais variáveis controláveis.
- Relação entre X's e Y's.
- Revisão da Carta de Projeto.

2.1.1.4-Fase “Melhorar”

- Terminar a busca de variaveis chave do processo.
- Determinar o efeito das variaveis chave do processo na variação indesejada nas características “Criticas para Satisfação”(CTS) e “Criticas para Qualidade”(CTQ).
- Estabelecer o nivel de desempenho para as variaveis do processo que reduzem a variação indesejada em CTS e CTQ:
- Caracterização.
- Otimização.
- Quantificar a relação entre as variáveis criticas X's e Y's.

Alguns passos chave:

- Para as potenciais entradas controláveis, realizar experimentos para manipular as entradas e determinar seus efeitos sobre as saídas.
- Esta fase é caracterizada por uma sequencia de experimentos especialmente organizados.
- É a etapa onde se identificam as variáveis críticas de entrada.
- O Desenho de Experimentos (DoE) é a ferramenta chave nesta etapa.

Como “Saída” dessas ações temos:

- $y = f(x_1, x_2, \dots, x_k)$
- Verificação de X's críticos.
- Plano de melhora dos processos.
- Mapa do novo processo.

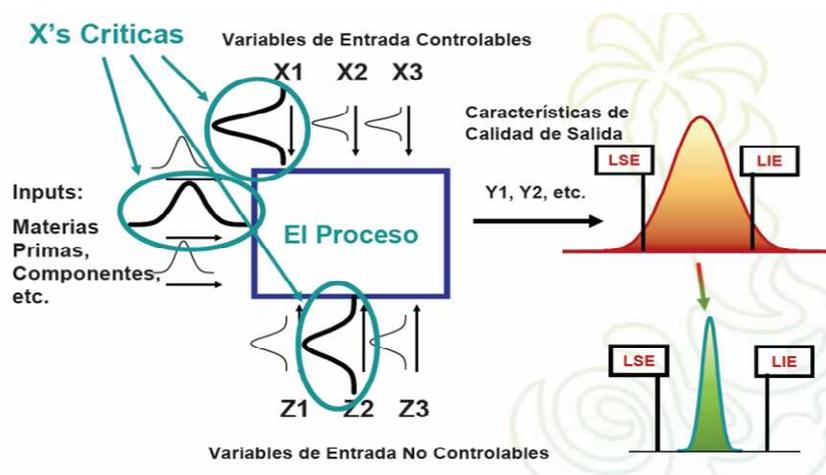


FIGURA 4: ESQUEMA DE CONTROLE DE PROCESSO

2.1.1.5-Fase “Controlar”

- Assegurar que as novas condições do processo estejam documentadas e monitoradas com métodos de controle estatísticos de processo.

- Depois do período de estabilização, voltar a estimar a capacidade do processo.
- Dependendo dos resultados das análises deste processo, repetir um ou mais procedimentos das fases anteriores.

Algumas das ferramentas:

- Planos de controle.
- Controle estatístico de processos.
- Análises de capacidade de processo.

Alguns passos chave:

- Documentar e implementar o plano de controle.
- Manter as melhores identificadas na fase de “Melhorar”.
- Monitorar a “Capabilidade de longo termo”.
- Implementar e manter o programa de melhoria contínua.

Como “Saída” dessas ações temos:

- Processo capaz e dentro do controle estatístico.
- Plano de controle:
- Esquema de medições, ações corretivas e responsáveis.
- Plano de desdobramento e consolidação:
- Sistemas, processos e estrutura.
- Funcionários comprometidos com a melhoria.
- Compartilhar as boas práticas adquiridas.
- Medição dos resultados financeiros obtidos.

2.1.2-Refinamento das variáveis de entrada

Para visualizar como deve ser o progresso com relação as variáveis de entrada ao longo do processo, foi confeccionado um “funil” ilustrativo, para mostrar tal fluxo. O funil se encontra a seguir:

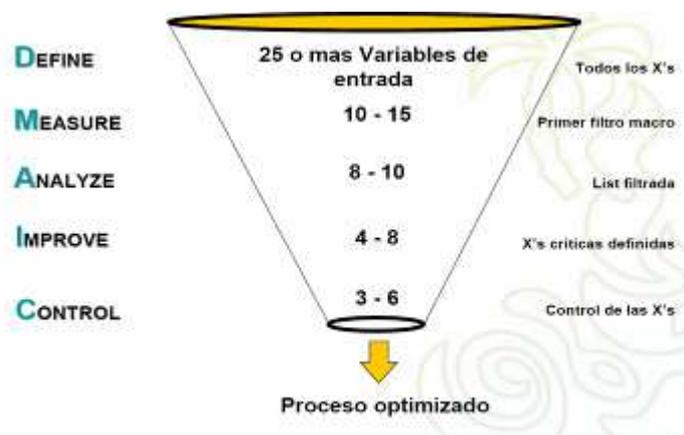


FIGURA 5: FUNIL DE REFINAMENTO DAS VARIÁVEIS DE ENTRADA

2.2-Conceitos importantes

Aleatoriedade: uma condição na qual os valores individuais não são previsíveis, apesar deles poderem vir de uma distribuição definível;

Amostra: nome dado ao subgrupo, ou seja, um ou mais eventos ou medições utilizados para analisar o desempenho de um processo;

Capabilidade de processo: faixa total de variação inerente de um processo estável;

Carta de controle: uma representação gráfica de uma característica de um processo, mostrando os valores de alguma estatística obtida daquela característica, uma linha central, e um ou dois limites de controle;

Limites de Controle: uma linha ou linhas em uma carta de controle utilizada como uma base para julgar a estabilidade do processo. A variação além de um limite de controle é evidência de que causas especiais estão afetando o processo. Limites de controle são calculados a partir dos dados do processo e não devem ser confundidos com as especificações de engenharia;

Causa Comum: fonte de variação que afeta todos os valores individuais do resultado do processo sendo estudado; na análise da carta de controle ele representa parte da variação aleatória do processo;

Causa Especial: fonte de variação que é intermitente, freqüentemente imprevisível e instável às vezes chamado de causa assinalável . É sinalizado a partir de um ponto além dos limites de controle ou uma seqüência ou outro padrão não aleatório de pontos dentro dos limites de controle;

Controle Estatístico: condição descrevendo um processo do qual todas as causas especiais de variação tenham sido eliminadas, restando apenas as causas comuns, i.e., a variação observada pode ser atribuída a um sistema constante de causas ocasionais; evidenciada numa carta de controle pela ausência de pontos além dos limites de controle e pela ausência de padrões não-aleatórios ou tendências dentro dos limites de controle;

Desempenho de processo: faixa total da variação global do processo ($6s$);

Desvio-padrão: uma medida da dispersão do resultado do processo ou a dispersão de uma estatística amostral do processo (ex. de médias de subgrupos); denotado pela letra grega σ (sigma), ou a letra s (padra desvio padrão da amostra);

Processo Estável: processo sob controle estatístico;

2.2.1-Índices de Capabilidade

Os índices e taxas que medem a capabilidade, ou seja, a capacidade de um dado processo fabricar produtos dentro da faixa de especificação, surgiram dos estudos sobre Controle Estatístico de Processo (CEP) realizados pelo Dr. Walter Shewhart do Bell Laboratories na década de 20. Seu surgimento se confunde com o próprio nascimento da área de qualidade. É que o trabalho inicial realizado no Bell

Laboratories foi a base das principais técnicas e ferramentas que fariam nascer nas empresas americanas os departamentos de qualidade durante a segunda guerra.

Outro subproduto destas técnicas foi também o surgimento da American Society for Quality Control - ASQC (hoje denominada ASQ) . Acontecimento que também é um marco no nascimento da área de estudo e de atuação profissional de qualidade. Assim, o Controle Estatístico de Processo é uma das ferramentas mais clássicas na área de qualidade e com certeza uma das mais comprovadas e empregadas no meio prático. Desde seu surgimento tem sido aplicada aos mais diversos processos, situações e regiões em todo o mundo. Há também um grande conhecimento acumulado sobre sua aplicação, principais benefícios e restrições.

O objetivo do controle estatístico do processo é aprimorar e controlar o processo produtivo por meio da identificação das diferentes fontes de variabilidade do processo. Utilizando conceitos de estatística procura-se separar os efeitos da variabilidade causada pelas chamadas Causas Comuns , ou seja, àquelas inerentes à natureza do processo produtivo, das Causas Especiais , ou àquelas derivadas da atuação de variáveis específicas e controláveis sobre o processo. A técnica é composta de uma ferramenta principal denominada Gráficos de Controle que permite identificar se o processo está sob controle estatístico, situação em que atuariam somente causas comuns.

O controle estatístico é implantado por meio de um ciclo em que coleta-se dados do processo, monitora-se sua situação (verificando se o mesmo permanece sob controle estatístico) e posteriormente realizam-se análises e propostas de melhorias para atingir patamares melhores de desempenho. Os índices de capacidade podem ser obtidos diretamente dos dados registrados nas cartas de controle e medem, para um processo sob controle estatístico, a relação entre a faixa de tolerância especificadas para uma dada característica de projeto do produto e a variabilidade natural do processo produtivo destinado a obtenção daquela característica (a variabilidade devida as causas comuns).

Se a variabilidade do processo é muito maior ultrapassando os limites de especificação é possível estimar a probabilidade de produção de peças fora da especificação. Se esta probabilidade é muito alta pode-se inferir que o processo não é capaz de produzir àquela característica mesmo que peças conformes possam estar

sendo obtidas. Mudanças significativas neste processo ou mesmo a adoção de processos alternativos podem então ser necessárias para tornar este processo capaz estatisticamente.

Estes índices são de extrema importância para o profissional que trabalha no desenvolvimento de produto por duas grandes razões. Nas fases iniciais de projeto, a avaliação de séries históricas dos índices de capacidade obtidos de peças similares pode permitir que os processistas e projetistas escolham processos e especificações dos produtos coerentemente adequadas, garantindo a obtenção de características do produto por meio de processos altamente capazes estatisticamente. Outra importante aplicação destes índices no desenvolvimento de produto é durante a homologação do processo. Nesta etapa os índices podem ser utilizados para avaliar a capacidade do processo, identificando processos problemáticos à tempo de correções antes da entrada em linha de produção.

2.2.1.1-Índices e Taxas de Capacidade de Processo

Abaixo apresenta-se os índices de capacidade apresentados por IQA(1997). Além destes existe uma grande quantidade de índices propostos na literatura para as mais diversas aplicações.

2.2.1.1.1-Índices:

Capacidade (Cp) (Conhecido como Capacidade de Máquina) : Definido como o intervalo de tolerância dividido pela capacidade do processo, ou seja, 6 vezes o desvio padrão estimado considerando a ausência de causas especiais. Ele é independente da centralização do processo o desvio padrão é estimado considerando processos estáveis. Este índice é calculado subtraindo-se o limite de especificação superior pelo limite de especificação inferior, dividindo posteriormente o valor obtido por seis vezes o desvio padrão.

$$C_p = \frac{LSE - LIE}{6\hat{\sigma}_{R/d2}}$$

Desempenho (Pp): Intervalo de tolerância dividido pelo desempenho do processo, ou seja, pelo desvio padrão estimado pelas leituras individuais. Também independentemente da centralização. Este índice é calculado subtraindo-se o limite superior de especificação pelo limite inferior, dividindo posteriormente o resultado obtido por seis vezes o desvio padrão.

$$P_p = \frac{LSE - LIE}{6\hat{\sigma}_s}$$

Superior de Capabilidade (CPU) : variação superior da tolerância dividida por 3 vezes o desvio padrão estimado pela capacidade do processo. Índice encontrado através da subtração entre o limite superior de especificação pela média do processo. O valor encontrado deve ser dividido por 3 desvios padrões.

$$CPU_p = \frac{LSE - \bar{X}}{3\hat{\sigma}_s}$$

Inferior de Capabilidade (CPL): variação inferior da tolerância dividida pela dispersão superior real do processo. Calculo similar ao limite inferior, no entanto, a media do processo deve ser subtraída pelo limite inferior de especificação e o resultado

$$CPL = \frac{\bar{X} - LIE}{3\hat{\sigma}_s}$$

Capabilidade (Cpk): é o índice que leva em conta a centralização do processo e é definido como o mínimo entre CPU e CPL. Indica a centralização do processo (valor menor ou igual ao Cp)

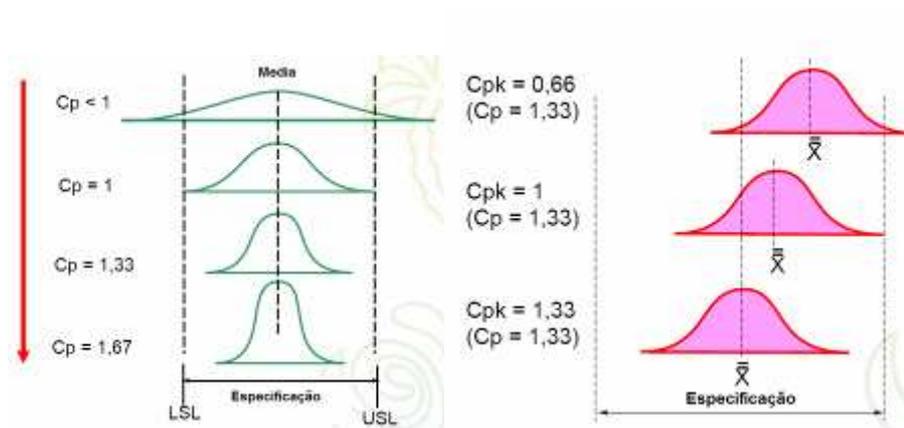


FIGURA 6: CP E CPK

2.3-Ferramentas para aplicação do Seis Sigma

A seguir, serão listadas as principais ferramentas que são utilizadas em projetos Seis Sigma, e que serão utilizadas para analisar os dados para este projeto:

2.3.1-FMEA – Failure Mode and Effect Analysis (Análises do Modo de Falha e seus Efeitos)

A metodologia de Análise do Tipo e Efeito de Falha, conhecida como FMEA (do inglês Failure Mode and Effect Analysis), é uma ferramenta que busca, em princípio, evitar, por meio da análise das falhas potenciais e propostas de ações de melhoria, que ocorram falhas no projeto do produto ou do processo. Este é o objetivo básico desta técnica, ou seja, detectar falhas antes que se produza uma peça e/ou produto. Pode-se dizer que, com sua utilização, se está diminuindo as chances do produto ou processo falhar, ou seja, estamos buscando aumentar sua confiabilidade.

Esta dimensão da qualidade, a confiabilidade, tem se tornado cada vez mais importante para os consumidores, pois, a falha de um produto, mesmo que prontamente reparada pelo serviço de assistência técnica e totalmente coberta por termos de garantia, causa, no mínimo, uma insatisfação ao consumidor ao privá-lo do uso do produto por determinado tempo. Além disso, cada vez mais são lançados produtos em que determinados tipos de falhas podem ter consequências drásticas para o consumidor, tais como aviões e equipamentos hospitalares nos quais o mal funcionamento pode significar até mesmo um risco de vida ao usuário.

Apesar de ter sido desenvolvida com um enfoque no projeto de novos produtos e processos, a metodologia FMEA, pela sua grande utilidade, passou a ser aplicada de diversas maneiras. Assim, ela atualmente é utilizada para diminuir as falhas de produtos e processos existentes e para diminuir a probabilidade de falha em processos administrativos. Tem sido empregada também em aplicações específicas tais como análises de fontes de risco em engenharia de segurança e na indústria de alimentos.

A norma QS 9000 especifica o FMEA como um dos documentos necessários para um fornecedor submeter uma peça/produto à aprovação da montadora. Este é um dos principais motivos pela divulgação desta técnica. Deve-se no entanto implantar o FMEA em um empresa, visando-se os seus resultados (vide importância) e não simplesmente para atender a uma exigência da montadora.

2.3.1.1-Tipos de FMEA

Esta metodologia pode ser aplicada tanto no desenvolvimento do projeto do produto como do processo. As etapas e a maneira de realização da análise são as mesmas, ambas diferenciando-se somente quanto ao objetivo. Assim as análises FMEA´s são classificadas em dois tipos:

- FMEA DE PRODUTO: Na qual são consideradas as falhas que poderão ocorrer com o produto dentro das especificações do projeto. O objetivo desta análise é evitar falhas no produto ou no processo decorrentes do projeto. É comumente denominada também de FMEA de projeto.
- FMEA DE PROCESSO: São consideradas as falhas no planejamento e execução do processo, ou seja, o objetivo desta análise é evitar falhas do processo, tendo como base as não conformidades do produto com as especificações do projeto.

Há ainda um terceiro tipo, menos comum, que é o FMEA de procedimentos administrativos. Nele analisa-se as falhas potenciais de cada etapa do processo com o mesmo objetivo que as análises anteriores, ou seja, diminuir os riscos de falha.

2.3.1.2-Aplicação da FMEA

Pode-se aplicar a análise FMEA nas seguintes situações:

- Para diminuir a probabilidade da ocorrência de falhas em projetos de novos produtos ou processos;
- Para diminuir a probabilidade de falhas potenciais (ou seja, que ainda não tenham ocorrido) em produtos/processos já em operação;
- Para aumentar a confiabilidade de produtos ou processos já em operação por meio da análise das falhas que já ocorreram;
- Para diminuir os riscos de erros e aumentar a qualidade em procedimentos administrativos.

2.3.1.3-Funcionamento Básico

O princípio da metodologia é o mesmo independente do tipo de FMEA e a aplicação, ou seja, se é FMEA de produto, processo ou procedimento e se é aplicado para produtos/processos novos ou já em operação. A análise consiste basicamente na formação de um grupo de pessoas que identificam para o produto/processo em questão suas funções, os tipos de falhas que podem ocorrer, os efeitos e as possíveis causas desta falha. Em seguida são avaliados os riscos de cada causa de falha por meio de índices e, com base nesta avaliação, são tomadas as ações necessárias para diminuir estes riscos, aumentando a confiabilidade do produto/processo.

Para aplicar-se a análise FMEA em um determinado produto/processo, portanto, forma-se um grupo de trabalho que irá definir a função ou característica daquele produto/processo, irá relacionar todos os tipos de falhas que possam ocorrer, descrever, para cada tipo de falha suas possíveis causas e efeitos, relacionar as medidas de detecção e prevenção de falhas que estão sendo, ou já foram tomadas, e, para cada causa de falha, atribuir índices para avaliar os riscos e, por meio destes riscos, discutir medidas de melhoria.

2.3.1.4-Etapas para a Aplicação

2.3.1.4.1-Planejamento

Esta fase é realizada pelo responsável pela aplicação da metodologia e compreende:

- Descrição dos objetivos e abrangência da análise: em que identifica-se qual(ais) produto(s)/processo(s) será(ão) analisado(s);
- Formação dos grupos de trabalho: em que define-se os integrantes do grupo, que deve ser preferencialmente pequeno (entre 4 a 6 pessoas) e multidisciplinar (contando com pessoas de diversas áreas como qualidade, desenvolvimento e produção);
- Planejamento das reuniões: as reuniões devem ser agendadas com antecedência e com o consentimento de todos os participantes para evitar paralizações;

2.3.1.4.2-Análise de Falhas em Potencial

Esta fase é realizada pelo grupo de trabalho que discute e preenche o formulário FMEA de acordo com os passos que seguem abaixo:

- 1) funções e características do produto/processo
- 2) tipo(s) de falha(s) potencial(is) para cada função
- 3) efeito(s) do tipo de falha
- 4) causa(s) possível(eis) da falha
- 5) controles atuais

2.3.1.4.3- Avaliação dos Riscos

Nesta fase são definidos pelo grupo os índices de severidade (S), ocorrência (O) e detecção (D) para cada causa de falha, de acordo com critérios previamente definidos (um exemplo de critérios que podem ser utilizados é apresentado nas tabelas abaixo, mas o ideal é que a empresa tenha os seus próprios critérios adaptados a sua realidade específica). Depois são calculados os coeficientes de prioridade de risco (R), por meio da multiplicação dos outros três índices.

2.3.1.4.3.1-Severidade

Índice	Severidade	Critério
1	Mínima	O cliente mal percebe que a falha ocorre
2 3	Pequena	Ligeira deterioração no desempenho com leve descontentamento do cliente
4 5 6	Moderada	Deterioração significativa no desempenho de um sistema com descontentamento do cliente
7 8	Alta	Sistema deixa de funcionar e grande descontentamento do cliente
9 10	Muito Alta	Idem ao anterior porém afeta a segurança

TABELA 1: TABELA DE SEVERIDADE DO FMEA

2.3.1.4.3.2-Ocorrência

Índice	Ocorrência	Proporção	Cpk
1	Remota	1:1.000.000	Cpk > 1,67
2 3	Pequena	1:20.000 1:4.000	Cpk > 1,00
4 5 6	Moderada	1:1000 1:400 1:80	Cpk <1,00
7 8	Alta	1:40 1:20	
9 10	Muito Alta	1:8 1:2	

TABELA 2: TABELA DE OCORRENCIA DO FMEA

2.3.1.4.3.3-Detecção

Índice	Detecção	Critério
1 2	Muito grande	Certamente será detectado
3 4	Grande	Grande probabilidade de ser detectado
5 6	Moderada	Provavelmente será detectado
7 8	Pequena	Provavelmente não será detectado
9 10	Muito pequena	Certamente não será detectado

TABELA 3: TABELA DE DETECÇÃO DO FMEA

Observações Importantes: Quando o grupo estiver avaliando um índice, os demais não podem ser levados em conta, ou seja, a avaliação de cada índice é independente. Por exemplo, se estamos avaliando o índice de severidade de uma determinada causa cujo efeito é significativo, não podemos colocar um valor mais baixo para este índice somente porque a probabilidade de detecção seja alta.

No caso de FMEA de processo pode-se utilizar os índices de capacidade da máquina, (Cpk) para se determinar o índice de ocorrência.

2.3.1.4.3.4-Melhoria

Nesta fase o grupo, utilizando os conhecimentos, criatividade e até mesmo outras técnicas como brainstorming, lista todas as ações que podem ser realizadas para diminuir os riscos. Estas medidas podem ser:

- Medidas de prevenção total ao tipo de falha;
- Medidas de prevenção total de uma causa de falha;
- Medidas que dificultam a ocorrência de falhas;
- Medidas que limitem o efeito do tipo de falha;

- Medidas que aumentam a probabilidade de detecção do tipo ou da causa de falha;

Estas medidas são analisadas quanto a sua viabilidade, sendo então definidas as que serão implantadas. Uma forma de se fazer o controle do resultado destas medidas é pelo próprio formulário FMEA por meio de colunas que onde ficam registradas as medidas recomendadas pelo grupo, nome do responsável e prazo, medidas que foram realmente tomadas e a nova avaliação dos riscos.

2.3.1.4.3.5-Continuidade

O formulário FMEA é um documento “vivo”, ou seja, uma vez realizada uma análise para um produto/processo qualquer, esta deve ser revisada sempre que ocorrerem alterações neste produto/processo específico. Além disso, mesmo que não haja alterações deve-se regularmente revisar a análise confrontando as falhas potenciais imaginadas pelo grupo com as que realmente vem ocorrendo no dia-a-dia do processo e uso do produto, de forma a permitir a incorporação de falhas não previstas, bem como a reavaliação, com base em dados objetivos, das falhas já previstas pelo grupo.

2.3.1.4.3.6-Importância

A metodologia FMEA é importante porque pode proporcionar para a empresa:

- Uma forma sistemática de se catalogar informações sobre as falhas dos produtos/processos;
- Melhor conhecimento dos problemas nos produtos/processos;
- Ações de melhoria no projeto do produto/processo, baseado em dados e devidamente monitoradas (melhoria contínua);
- Diminuição de custos por meio da prevenção de ocorrência de falhas;
- Benefício de incorporar dentro da organização a atitude de prevenção de falhas, a atitude de cooperação e trabalho em equipe e a preocupação com a satisfação dos clientes;

Análise do Tipo e Efeito de Falha																			
Cod_pec : Nome da Peça: Data: Folha No. _____ de _____											<input type="checkbox"/> FMEA de Processo <input type="checkbox"/> FMEA de Produto								
Descrição do Produto/ Processo	Função(ões) do produto	Tipo de Falha Potencial	Efeito de Falha Potencial	Causa da Falha em Potencial	Controles Atuais	Índices				Ações Recomendadas	Responsável/ Prazo	Ações de Melhoria Medidas Implantadas	Índices Atuais						
						S	O	D	R				S	O	D	R			

S = Severidade O = Ocorrência D = Detecção R = Riscos

Figura 1: Formulário FMEA

FIGURA 7: EXEMPLO DE FORMULÁRIO DE FMEA

2.3.2-DoE (Design of experiments)

2.3.2.1-Introdução

Dentro da indústria, em especial no desenvolvimento de produto, muitas vezes é necessário obter informações sobre produtos e processos empiricamente. Neste momento o trabalho das pessoas envolvidas com o problema assemelha-se ao de pesquisadores ou cientistas que precisam projetar experimentos, coletar dados e analisá-los. Experimentos são empregados para resolver problemas de fabricação, decidir entre diferentes processos de manufatura, diferentes conceitos de produto, entender a influência de determinados fatores, etc... Além disso esta tarefa torna-se cada vez mais importante na medida que se intensifica a base tecnológica dos produtos e as exigências governamentais e de clientes aumentando a necessidade de emprego de experimentos durante todas as etapas do ciclo de vida do produto.

O Planejamento de Experimentos (em inglês Design of Experiments, DOE) é uma técnica utilizada para se planejar experimentos, ou seja, para definir quais dados, em que quantidade e em que condições devem ser coletados durante um

determinado experimento, buscando, basicamente, satisfazer dois grandes objetivos: a maior precisão estatística possível na resposta e o menor custo. É, portanto, uma técnica de extrema importância para a indústria pois seu emprego permite resultados mais confiáveis economizando dinheiro e tempo, parâmetros fundamentais em tempos de concorrência acirrada. A sua aplicação no desenvolvimento de novos produtos é muito importante, onde uma maior qualidade dos resultados dos testes pode levar a um projeto com desempenho superior seja em termos de suas características funcionais como também sua robustez.

No entanto, deve-se ficar claro que esta ferramenta não substitui o conhecimento técnico do especialista da empresa sobre o assunto e nem mesmo trata-se de uma “receita de bolo” de como realizar um planejamento. O domínio do problema é de fundamental importância. O conhecimento do especialista sobre o problema conjugado com a técnica (em casos especiais somando-se ainda o auxílio de especialistas em planejamentos de experimentos) é que irá permitir bons planejamentos de experimentos, ou seja, planejamentos mais rápidos (menos pontos), de menor custo e que possibilitem aos seus idealizadores responderem, baseado em inferência estatística, a resposta a seus problemas.

Apesar de novas, as principais técnicas de planejamento de experimentos já existiam e potencialmente poderiam estar sendo sistematicamente aplicadas na indústria desde muitos anos. Porém, a grande maioria destas técnicas requer uma quantidade exaustiva de cálculos tornando fundamental o emprego dos recursos de informática. Um fator que tem impulsionado a aplicação industrial do planejamento de experimentos são as ferramentas computacionais de análise estatística e soluções corporativas que cada vez mais facilitam a realização das análises e manutenção e gerenciamento de dados. Neste sentido a tendência é que tais técnicas tornem-se cada vez mais próximas de aplicações práticas e, portanto, cada vez mais utilizadas.

É preciso estar claro também que, em estatística, Planejamento de Experimentos designa toda uma área de estudos que desenvolve técnicas de planejamento e análise de experimentos. Há atualmente todo um arsenal de técnicas, com vários níveis de sofisticação e uma quantidade não menor de livros sobre o assunto. Nesta página são listados os tipos mais conhecidas e de aplicação mais freqüente na indústria.

2.3.2.2-Glossário

- **Fatores ou Tratamentos:** são as variáveis de controle ou entrada.
- **Níveis:** correspondem às faixas de valores das variáveis de controle
- **Variável resposta:** parâmetro de saída, resultante de uma variação nas variáveis de entrada.
- **Aleatorização:** é a prática de realizar a escolha das corridas (ou pontos experimentais) por meio de um processo aleatório (tal como dados ou sorteio). Esta prática simples em muitos casos garante as condições de identidade e independência dos dados coletados e evita erros sistemáticos.
- **Blocos:** são agrupamentos de dados para eliminar fontes de variabilidade que não são de interesse do expectador;

2.3.2.3-Tipos de Planejamento

- Tratamento em pares;
- Tratamento em blocos;
- Quadrado Latino;
- Quadrado Greco-Latino;
- Quadrado Hiper-Greco-Latino ;
- Experimentos Fatoriais;

2.3.2.4-Etapas de Desenvolvimento do Planejamento

Coleman & Montgomery (1993) propõem as seguintes etapas para o desenvolvimento de um Planejamento de Experimentos na Indústria:

- Caracterização do problema
- Escolha dos fatores de influência e níveis
- Seleção das variáveis de resposta
- Determinação de um modelo de planejamento de experimento
- Condução do experimento
- Análise dos dados
- Conclusões e recomendações

3-Introdução ao projeto de redução de perdas de caixas

3.1 – Escolha do projeto

Em uma indústria de bens de consumo, um dos indicadores chave para avaliar como está a aceitação de seu produto no mercado são as reclamações dos consumidores. Todas as reclamações são arquivadas mensalmente, separadas por categoria, e a partir desta informação, são calculadas as CPMU (complaints per million units), que se trata da razão entre o número de reclamações do produto e a quantidade vendida do mesmo. Esta medida é utilizada para uniformizar a informação de reclamações entre os diferentes produtos que possam ser vendidos por uma empresa.

No caso específico da empresa em estudo, verificou-se um aumento expressivo em reclamações em uma categoria de produtos de limpeza. Esse aumento representa um problema de fato, quando o valor de CPMU totalizado dos meses até data presente, excede um valor “target” estipulado no início do ano. Na categoria em questão, este valor excedeu em 14 pontos em relação ao objetivo traçado, o que representa um valor de 36% acima.

Para análise a fundo do problema, as informações de reclamação de consumidores de janeiro a maio de 2008 foram utilizadas para a confecção de diagramas de Pareto, a fim de se descobrir os motivos destas reclamações.

A partir de todas as informações desta categoria, foi feito um diagrama de Pareto com os problemas relatados (veja a seguir):

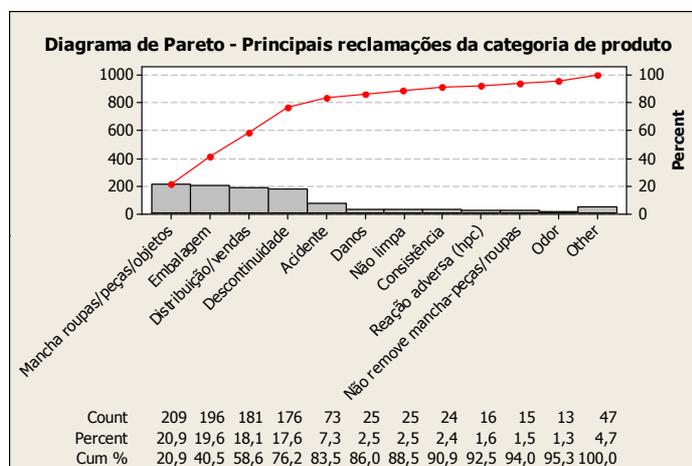


FIGURA 8: PRINCIPAIS RECLAMAÇÕES DA CATEGORIA DE PRODUTO

Analisando o diagrama, pode-se verificar que manchamento de roupas e objetos é o motivo mais citado entre as reclamações. Reclamações por manchamentos são usuais nessa categoria e se mantêm com um padrão estável de CPMU.

Como se trata de um produto clorado, suscetível a manchamento se utilizado de forma diferente da explicitada no rótulo do produto, laudos são realizados para verificar a validade das reclamações. Após análises de peças manchadas fornecidas pelos consumidores, se constatou que o padrão de manchamento encontrado, como esperado, ocorre devido a mal uso do produto não cabendo alguma ação por parte da empresa.

No entanto, reclamação por problemas nas embalagens, na maioria dos casos, representa um problema de fato. Para analisar as reclamações relativas as embalagens, as informações de reclamação de consumidores foram filtradas, de forma que todos os produtos com problemas de embalagem foram separados. O diagrama resultante encontra-se abaixo:

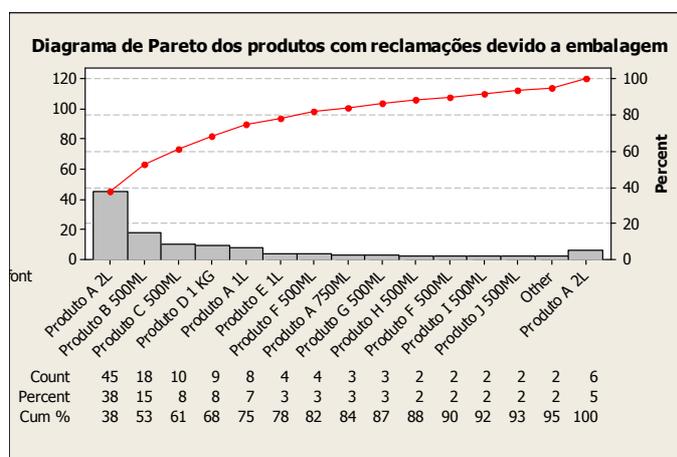


FIGURA 9: RECLAMAÇÃO DE EMBALAGEM

Analisando o diagrama de Pareto, é possível verificar que o “Produto A” de 2 litros representa 45% do total de reclamações de consumidores na categoria, seguido pelo “Produto B” de 500 mL com 18% e “Produto C” de 500 mL.

Como o a embalagem de 2L representa quase metade das reclamações relacionadas à embalagem, analisar e resolver o possível problema destas contribuiria na redução do numero de reclamações da categoria.

Outro diagrama de Pareto foi feito, mas desta vez com todas as reclamações do “Produto A” de 2 litros com relação à embalagem. O diagrama se encontra abaixo:

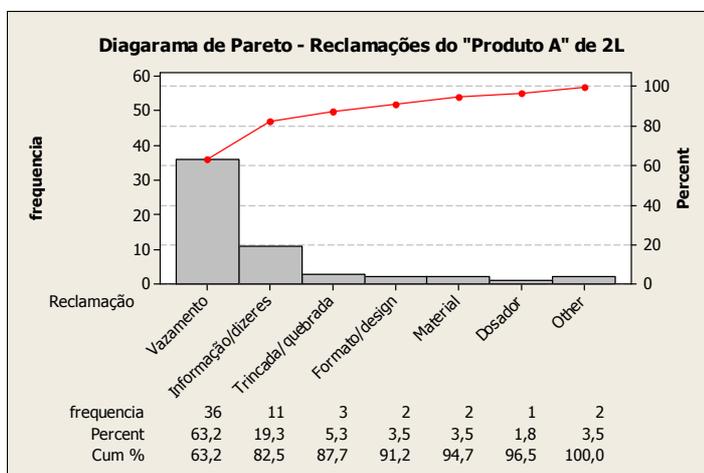


FIGURA 10: RECLAMAÇÃO DO PRODUTO A

Como se esperava, a maior parte das reclamações foi devido a vazamento, historicamente, o principal motivo de reclamação quando se tem problemas em embalagens.

Depois do levantamento destas informações, como próximo passo foi entrar em contato com equipe de qualidade local para analisar como estava a produção deste produto.

A partir destas análises, foi averiguado que o problema era recorrente, e que o vazamento deste mesmo produto gerava perdas de caixas inteiras no Centros de distribuição, sendo este um dos principais problemas de qualidade atualmente. Dados foram coletados em um desses centros, mostrando os seguintes resultados:

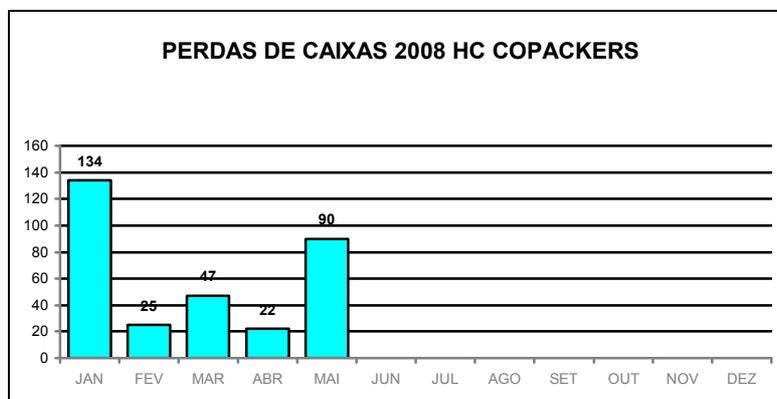


FIGURA 11: PERDAS DE CAIXAS EM 2008

Do total de caixas perdidas por vazamento aproximadamente 32% das caixas são relativas ao Produto A de 2L, como mostra o gráfico a seguir:

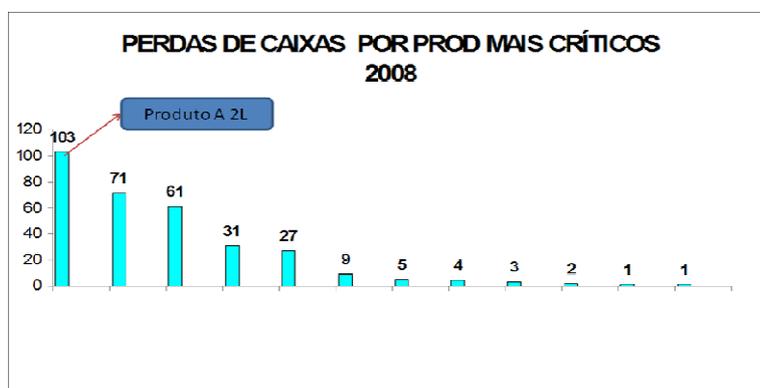


FIGURA 12: PERDA DE CAIXA POR PRODUTO

Desta forma, o problema de vazamento de embalagens de 2L deste produto, representa um problema tanto em termos de reclamação do consumidor, quanto em qualidade de fábrica. Como plano de ação, um projeto foi definido, visando à redução de caixas perdidas por vazamento do produto nos centros de distribuição.

Para tanto, como se trata de um problema complexo, sem uma solução explícita, foi definido utilizar a metodologia “Seis Sigma” para a resolução do mesmo. Esta metodologia apresenta um alto grau de complexidade, no entanto tem se mostrado muito eficaz, e com uma característica importante: A resolução do projeto tem que ocorrer de forma rápida, e com um retorno financeiro. Além disso se resolvido os problemas de vazamento do produto em caixas nos CD’s (Centros de Distribuição), espera-se redução das reclamações como consequência uma vez que menos produtos com defeitos serão produzidos.

3.2 – Aplicação da metodologia DMAIC

3.2.1 – Fase Define

A fase “Define” foi concluída com sucesso, realizando todas as etapas chaves descritas pela metodologia. A primeira etapa foi a consolidação do time, composta por responsáveis pela Qualidade em terceiros (onde são envasados os produtos em questão), responsáveis pelo desenvolvimento de embalagens, uma pessoa responsável pela validação do cálculo financeiro, membros de qualidade assegurada do terceiro e uma pessoa responsável pela qualidade no fabricante das embalagens.

Uma vez definido o foco do projeto, para a consolidação do mesmo, foi realizado um “Project Chart” (carta de projeto), assinada pelo responsável, que no caso foi o gerente de Qualidade da empresa.

A ultima parte da primeira fase, foi a definição do cálculo financeiro que traria o projeto, que está descrito a seguir.

3.2.1.1 – Análise financeira

Uma vez definido o projeto, o primeiro passo é determinar o custo financeiro devido ao problema em questão. Esse levantamento foi realizado levando em consideração o número de caixas perdidas entre os meses de janeiro de 2007 e maio de 2008. Através dessa análise histórica, foi possível estimar o numero de caixas perdidas mensalmente. Uma vez definida o número de caixas perdidas, o custo devido à perda desses produtos seria a multiplicação entre o numero de caixas perdidas, pela quantidade de garrafas por caixa e o custo unitário de produção dessas garrafas multiplicado por 12 meses para se ter o custo anual.

Outro ponto levantado é o numero de caixas de papelão perdidas indiretamente devido o vazamento do produto. Foi verificado que a cada produto que vaza dentro de uma caixa, aproximadamente três caixas adjacentes são perdidas devido ao produto que vazou. Desta forma, foram levantadas o total de caixas perdidas multiplicada pelo custo unitário de cada caixa.

Por ultimo, foi levantado o custo unitário por reclamação no Serviço de Atendimento ao Consumidor (SAC) devido a problemas de vazamento das águas sanitárias e alvejantes. O serviço de inteligência do SAC enviou uma estimativa,

levando em consideração o custo de transporte para recolher o material avariado e possíveis peças manchadas, custo da análise (realizados no IPT) para verificar se a reclamação é procedente ou não, ou seja, se a mancha foi realmente causada pelo produto, e o custo de reposição da peça manchada em casos procedentes, não importando o valor da mesma. A partir desse estudo, foi averiguado que o custo médio por reclamação do SAC devido a problemas de manchamento é aproximadamente R\$70,00 por ligação, o que não é um valor a ser desconsiderado. Através das análises de reclamações, foi possível estimar o numero médio de reclamações por manchamento por ano, e esse valor foi multiplicado pelo custo médio por atendimento do SAC. A soma dessas três estimativas resultou no custo total por ano devido a vazamento de água sanitária e alvejantes que resultou em aproximadamente R12.000,00 ano.

Mês	Numero de caixas perdidas		
	Água Sanitária 1L	Água sanitária 2L	Brilhante Utile 2L
jan-set/07	402	316	95
jan-mai/08	103	61	31
Total	505	377	126
Caixas por mês	36	27	9

Total caixas ano	433	323	108
------------------	-----	-----	-----

Produto	Garrafas por caixa	custo por garrafa	preço revenda
Água Sanitária 1L	12	0,64	3
Água sanitária 2L	6	1,26	6
Brilhante Utile 2L	6	1,89	7

Produto	vazamento de caixas no cd
Água Sanitária 1L	R\$ 3.337,33
Água sanitária 2L	R\$ 2.442,43
Brilhante Utile 2L	R\$ 1.227,68

TABELA 4: CUSTO DE PRODUTOS PERDIDOS POR VAZAMENTO

Produto	Número de caixas perdidas diretamente	Número de caixas perdidas indiretamente	Preço por caixa
Água Sanitária 1L	433	1299	R\$ 0,30
Água sanitária 2L	423	1269	R\$ 0,30
Brilhante Utile 2L	108	324	R\$ 0,30

Total	R\$ 1.156,80
-------	--------------

TABELA 5: CUSTO DE CAIXAS PERDIDAS DEVIDO AO VAZAMENTO

		AS 1L	AS 2L	Utile 2L	
jul/07	5				
ago/07	5				
set/07	8				
out/07	7				
nov/07	1				
dez/07	2				
jan/08	2	1	0	1	
fev/08	3	3	0	0	
mar/08	10	3	1	6	
abr/08	3	1	1	1	
mai/08	3	2	1	0	
jun/08	3	0	0	3	
jul/08	4	4	0	0	
Média	4	2	0	2	Total
Reclamações ano	52	25	6	21	52
Custo por reclamação (Dado fornecido pelo SAC)	R\$ 70,00				
Custo total devido ao manchamento	R\$ 3.640,00				

TABELA 6: CUSTO DEVIDO À RECLAMAÇÃO DE CONSUMIDORES DEVIDO A VAZAMENTO

Custo devido a perda de produtos	R\$ 7.007,44
Custo devido a perda de caixas	R\$ 1.156,80
Custo devido a reclamações de consumidor	R\$ 3.640,00
Total por ano	R\$ 11.804,24

TABELA 7: CUSTO TOTAL ENVOLVIDO NO PROJETO

O custo levantado foi uma estimativa do custo total que envolve o problema de vazamento, que no caso, contemplou apenas as perdas absolutas de caixas e produtos no Centro de Distribuição e o custo da empresa devido a reclamações de vazamento desses produtos. É importante salientar, que custos de logística devido a retorno de caixas dos clientes, e custos ligados ao reprocesso dos produtos que vazaram no Centro de Distribuição não foram considerados por falta de informações, portanto o valor considerado é maior do que o levantado nesse estudo.

Como a meta do projeto é a redução em 50% o número de caixas perdidas no centro de distribuição, o qual se espera que resolva por completo as reclamações devido a vazamento desses produtos, a estimativa de ganho desse projeto é de aproximadamente R\$ 8000,00.

3.2.2 – Fase Measure

A fase “Measure” foi o início da aquisição de informações, onde foi realizado um estudo de campo no Centro de Distribuição, no Terceiro onde os produtos são envasados e no fornecedor de garrafas.

Além disso, nessa fase houve o início das análises, onde algumas ferramentas, como FMEA, Matriz de Causa e Efeito e Mapeamento do Processo foram utilizadas junto com a equipe de trabalho. Para caráter de esclarecimento, o FMEA foi realizado pela equipe, onde o principal contribuinte foi o responsável pela Qualidade em Terceiro, que acompanha o problema a pelo menos dois anos.

A partir dos resultados obtidos nesse levantamento de informações, foi possível determinar todas as variáveis que regem o processo. Para o primeiro levantamento foi utilizado como base o FMEA, onde foram listados todos os potenciais modos de falha. Não foi realizado um FMEA específico para cada tamanho de garrafa, desta forma, as variáveis encontradas são genéricas, o que levou a um outro estudo específico de variáveis para as diferentes garrafas. Esse estudo foi feito através de uma Matriz de Causa e Efeito.

Através do levantamento das variáveis, foi possível a separar as que são mensuradas em análises de rotina, e através de análise de Capacidade estatística de dados históricos, foi possível realizar a primeira filtragem de variáveis. Além disso, a partir das análises de campo, foi possível ponderar quais variáveis levantadas poderiam ou não ser consideradas relevantes para o processo, realizando assim mais uma filtragem nessa fase do DMAIC.

Uma vez que todas essas etapas descritas anteriormente foram consideradas críticas para o projeto, cada uma será detalhada nos próximos tópicos deste trabalho.

A análise do sistema de medição, considerada importante nesta fase da metodologia, não é aplicável ao projeto em questão.

3.2.2.1 – Mapeamento do Processo

O próximo passo é analisar o processo como um todo. Para tanto, foi realizado um mapeamento sucinto do processo, para conhecer os principais pontos, incluindo desde a fabricação até o armazenamento nos centros de distribuição.

Este mapeamento é uma análise preliminar, sendo o primeiro passo para analisar os possíveis pontos críticos para determinarmos a raiz do problema (vide abaixo):

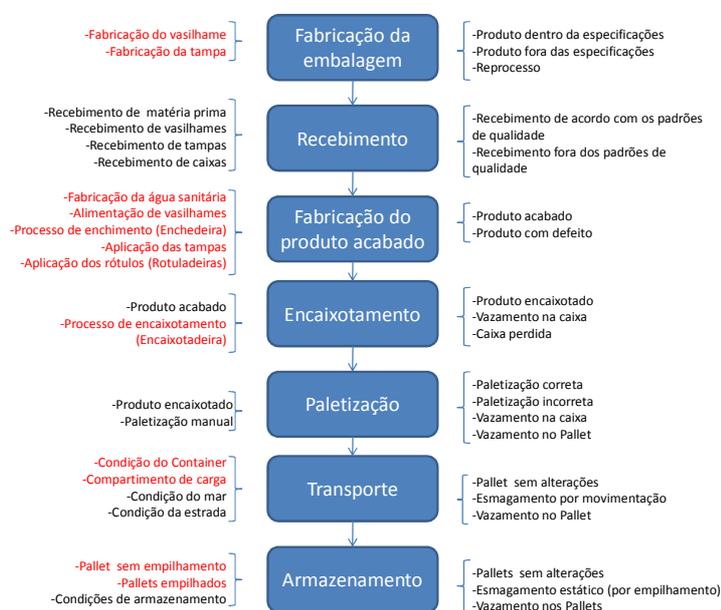


FIGURA 13: MAPEAMENTO DO PROCESSO

As entradas em vermelho, são entradas controláveis, ou seja, entrada crítica que são passíveis de serem analisadas e modificadas.

A partir do mapeamento do processo foi possível realizar o FMEA a fim de se levantar de forma mais detalhada todos os possíveis modo de falha do projeto.

3.2.2.2 – FMEA do Processo

Através do análise do mapeamento, foi realizado uma sessão para levantar os principais pontos onde é passível de se acontecerem falhas. Para isso foi realizado um FMEA, onde aproximadamente 100 modos de falhas foram levantados.

FMEA - Perdas de Caixas no CD

Process or Product Name:	Perdas de caixas de Brilhante 2 litros nos centros de distribuição					Prepared by: Rodrigo Yashiro, Renato Dias, José Anacleto				
Responsible:	Rodrigo Yashiro					FMEA Date (Orig) 20/06/08 (Rev) _____				
Process Step	Key Process Input	Potential Failure Mode	Potential Failure Effects	S E V	Potential Causes	O C C	Current Controls	D E T	R P N	Actions Recommended
What is the process step	What is the Key Process Input?	In what ways does the Key Input go wrong?	What is the impact on the Key Output Variables (Customer Requirements) or internal requirements?	How Severe is the effect to the customer?	What causes the Key Input to go wrong?	How often does cause FM occur?	What are the existing controls and procedures (inspection and test) that prevent either the cause or the Failure Mode? Should include an SOP number.	How well can you detect causes of FM?		What are the actions for reducing the occurrence of the Cause, or improving detection? Should have actions only on high RPN's or easy fixes.
Fabricação da garrafa	Materia Prima (Polietileno)	MP fora de especificação	Frascos não conforme	8	Falta de uma inspeção mais rigorosa do recebimento.	2	Certificados de Análises, Controle de tonalidade, e depois de extrusado.	2	32	
		Interação entre MP e produto	Tñncamento da garrafa	8	MP inadequada	2	Não disponível	5	80	Solicitar para o fornecedor laudos técnicos a respeito da MP (interação) .
	Mistura das MP	Mistura incorreta (quantidades menores de Master Batch/Polietileno - bem homogenizada)	Frascos com má cobertura (pouca cor) e com resistência menor	5	Dosificação errada	4	Análises de cor, transparência	2	40	
				5	Operarios não seguirem a carta de operação	2	Análises de cor, transparência	2	20	
				5	Equipamento mal calibrado	3	Análises de cor, transparência	2	30	
		Mistura incorreta (má homogenização)	Frascos com concentração de cor pontual	5	Operarios não seguirem a carta de operação	3	Análises de cor, transparência	2	30	
				5	Tempo de homogenização menor do que o especificado	3	Análises de cor, transparência	2	30	
				5	Equipamento mal calibrado	3	Análises de cor, transparência	2	30	
			Frascos com tonalidade abaixo do especificado	5	Operarios não seguirem a carta de operação	2	Análises de cor, transparência	2	20	
				5	Equipamento mal calibrado	3	Análises de cor, transparência	2	30	
			Frascos com concentração de cor pontual	5	Granulometria incorreta do Master Batch	4	CoA do recebimento	2	40	
	Utilização de reciclado	Reciclagem em excesso	Frasco quebradiço	7	Dosagem a mais do permitido	6	Análise dos frascos produzido	8	336	Seguir a carta de operação
			Alteração da cor do frasco	7	Dosagem a mais do permitido	6	Análise dos frascos produzido	8	336	Seguir a carta de operação
		Reciclado contaminado por corpo estranho	Frasco com pontos de concentração, suscetíveis a vazamento em contato com o hipoclorito	9	Falta de GMP	4	Análise de atributo do frasco	3	108	Praticas de GMP
	Formação da mangueira no Parizon	Pontos pretos na garrafa	Gera fragilidade no ponto do frasco podendo resultar em vazamentos	9	Falta de limpeza do cabeçote	7	Avaliação visual a cada hora	8	504	Limpeza periodica do equipamento
				9	Temperatura elevada do cabeçote	7	Avaliação visual a cada hora	8	504	Controle constante da temperatura
		Parede fina	Fragilidade no frasco podendo levar a ruptura do mesmo	9	Descentralização de Parizon	7	Avaliação visual a cada hora	5	315	
				9	Descentralização por eletricidade estática no Parizon	7	Avaliação visual a cada hora	5	315	
			Tombamento do frasco por falta de sustentação, gerando parada da linha	4	Descentralização de Parizon	5	Não disponível	1	20	
				4	Descentralização por eletricidade estática no Parizon	5	Não disponível	1	20	
		Parede com "risco"	Ponto de concentração em uma área do frasco podendo ocasionar vazamento	9	Sujeira no cabeçote	4	Avaliação visual a cada hora	8	288	Controle do processo para durante a produção ajustar o equipamento
		Menor peso do frasco	Alteração da compressão do frasco, paredes fragilizadas	9	Ajuste do Parizon indevida	3	Item de controle, analisado regularmente	2	54	Ajuste do processo

		diâmetro interno menor que o especificado	Dificuldade de aplicação da tampa	6	Ajuste do Parizon/temperatura indevida	2	Controle dimensional (medida d)	2	24	Ajuste do processo
		diâmetro interno maior que o especificado	Má vedação por topo	8	Ajuste do Parizon/temperatura indevida	2	Controle dimensional (medida d)	2	32	Ajuste do processo
		diâmetro externo menor que o especificado	Tampa não veda corretamente	8	Ajuste do Parizon/temperatura indevida	2	Controle dimensional (medida d)	2	32	Ajuste do processo
		diâmetro externo maior que o especificado	A tampa não encaixa	8	Ajuste do Parizon/temperatura indevida	2	Controle dimensional (medida d)	2	112	Ajuste do processo
Fechamento do molde		Emendo com defeito	mal fechamento na emenda do frasco gerando uma zona de tensão	9	Molde desgastado	3	Não disponível	7	189	Necessidade da troca do molde
Molde		Efeito "casca de laranja"	Aumento da probabilidade de gerar furos e prejuízo visual	5	Condensação no molde	2	Análise visual	2	20	
			Prejudicar aplicação do rótulo, devido aos micro furos	5	Condensação no molde	2	Análise visual	2	20	
		Presença de micro furos	Gera vazamento de forma quase imperceptível, gerando problemas a médio prazo	9	Imperfeição do molde	9	Análise através da "comprovadora" (não funciona direito para microfuros)	9	729	Jateamento do molde
				9	Temperatura do molde	9	Análise através da "comprovadora" (não funciona direito para microfuros)	9	729	Jateamento do molde
		Altura do frasco incorreta	Gera problema no enchimento, com necessidade de regulação da linha	8	Posição do gargalo deajustado	3	Controle dimensional (medida H)	2	48	
				8	Anel de corte desregulado	3	Controle dimensional (medida H)	2	48	
			Problema de vedação, ou trava da tampa podendo gerar vazamento	8	Posição do gargalo deajustado	3	Controle dimensional (medida H)	2	48	
				8	Anel de corte desregulado	3	Controle dimensional (medida H)	2	48	
		Frasco com rebarba	Parada de linha, intabilidade do frasco	9	Anel de corte desgastado	8	Análise visual	2	144	Trocar o anel de corte
				9	Fundo do molde desgastado	8	Análise visual	2	144	Trocar o molde
				9	Anel de corte desgastado	8	Análise visual	2	144	Trocar o anel de corte
			Quebra do equipamento	9	Fundo do molde desgastado	8	Análise visual	2	144	Trocar o molde
				9	Rebarba não desprendida ou desprendida tardiamente da face de corte	3	Análise visual	2	54	
		Rebarba colada no frasco	Instabilidade no frasco	9	Rebarba não desprendida ou desprendida tardiamente da face de corte	3	Análise visual	2	54	
			Parada de linha por enrosco	9					0	
		Postiço								
		Armazenamento/ Palletização	Armazenamento indevido	5	Palletização indevida	4	Análise visual e descarte	2	40	
			Frascos amassados	7	Strash film não aplicado corretamente e a falta de papelão na base do pallet	4	Análise visual e descarte	2	56	
			Frascos sujos						0	
Piano de recebimento	Altura (medida H)	Altura abaixo da especificação	Não acontece a vedação correta, podendo ocorrer vazamento	8	Ajuste de equipamento	3	Capabilidade do processo mensal do primeiro lote recebido	6	144	
		Teste de vazamento	Não aplicado corretamente	7	Recebimento indevido	5	Controle manual. Pegar as garrafas com produto e deixar tombadas por um período	2	70	
		Frascos	Amassados	8	Recebimento indevido	6	Controle na linha, quanto no recebimento	2	96	Palletização/transporte adequada
Estocagem no terceiro										
Enchimento	Volume	Enchimento em excesso	Vazamento para fora da garrafa	5	Má regulação do dosador	5	Não disponível (Parada da linha)	1	25	
				5	Bico com defeito	3	Não disponível (Parada da linha)	5	75	
			Sujamento da linha	6	Má regulação do dosador	4	Sanitização da Linha	1	24	
				6	Bico com defeito	3	Sanitização da Linha	5	90	
		Frasco com volume indevido	Vazamento para fora da garrafa	7	Frasco com defeito	3	Teste de overflow	2	42	
									0	
		Enchimento insuficiente	Produto fora de especificação	7	Má regulação do dosador	4	Balança online (descarta o produto)	2	56	
				7	Bico com defeito	4	Balança online (descarta o produto)	2	56	
		Pressão de abertura da válvula	Pressão muito alta	8	Regulagem indevida	10	Não aplicado	8	840	Diminuir a pressão de acionamento da válvula
Fechamento da garrafa	Torque	Torque em excesso	Rachamento da tampa	8	Má regulação do equipamento	5	Análise visual, e análises de rotina do torque na tampa	3	120	
				8	Deformação do frasco	2	Análise visual, e análises de rotina do torque na tampa	3	48	
			Danificação da rosca	8	Má regulação do equipamento	2	Análise visual, e análises de rotina do torque na tampa	3	48	
		Torque insuficiente	Tampa mal fechada	8	Má regulação do equipamento	3	Análise visual, e análises de rotina do torque na tampa	3	72	

	Pressão das castanhas ao frasco	Pressão muito alta	Esmagamento da estrutura do frasco podendo gerar vazamento	8	Regulagem indevida	10	Não aplicado	8	640	Diminuir a pressão de acionamento da válvula
	Castanhas de fechamento	Castanha com diâmetro maior da especificada	Não pegar a tampa	7	Castanhas com defeito	2		2	28	
									0	
		Castanhas com diâmetro menor que a especificada	Danificar a tampa	8	Castanhas com defeito	3	Não disponível	5	120	
			Não soltar a tampa (ou tampa maior)	6	Castanhas mal dimensionadas	5	Não disponível	2	60	
		Castanhas desalinhasadas	Danificar a tampa	7	Canto vivo em contato com a tampa		Não disponível	7	0	
			Cortar o gargalo	9	Castanhas mal posicionadas	3	Não disponível	2	54	
			Mal fechamento	8	Desalinhamento da rosca da garrafa com a a rosca da tampa	4	Não disponível	3	96	
									0	
Armador de caixa	Pistão do armador de caixa	Pistão do armador com pressão em excesso	Quebra da coluna da caixa, perdendo suas funções de estabilidade, podendo gerar vazamento	7	Pistão com pressão maior que a necessária	10	não disponível	2	140	Diminuir a pressão ou trocar o dispositivo.
Encaixotamento	Equipamento	Desalinhamento do produto para o encaixotamento	Produto não entra na caixa de forma correta (Paramento da linha)	7	Guias desalinhasadas	4	Não disponível	1	28	Alinhar o sistema
		Pistão pneumático do alimentador pressionar o topo das garrafas	Estressamento do topo da garrafa propiciando o vazamento no gargalo	9	Projeto inadequado	10	Não disponível	2	180	Trocar o sistema
		Altura inadequada de queda do produto dentro da caixa	Vazamento do produto	8	Projeto inadequado	10		2	160	
			Desencaixe da tampa	9	Projeto inadequado	4		2	72	
	Divisória estabilizadora	Não colocar	Caixa com compressão comprometida levando compressão direta nas garrafas	9	Erro humano	2		8	144	
	Caixa	Amassar devido ao peso aplicado	Sustentabilidade insuficiente sobrecarregando as garrafas	9	Mal dimensionada	8		3	216	
									0	
Palletização	Operador	Não seguir o padrão de Palletização especificado	Pallet instável	8	Erro do operador	5		2	80	
	Pingo de cola	Não colocar a cola	Pallet instável e mudança do posicionamento no transporte	7	Erro da máquina	3		5	105	
									0	
Transporte	Transporte Marítimo	Condições inadequadas do contêiner	Caixas dos Pallets úmidas	5	Vedação insuficiente	3		4	60	
		Oscilação elevada durante o transporte	Esmagamento das caixas	8	Condições marítimas inadequadas para o transporte	6		6	288	
	Transporte Terrestre	Oscilações constantes durante o transporte	Esmagamento das caixas	8	Condições precárias das estradas	6		6	288	
									0	
Armazenamento	Pallets	Empilhamento inadequado dos Pallets	Esmagamento das caixas do pallet inferior	8	Empilhamento de pallets instáveis	5		6	240	
				8	Operador empilha os pallets de forma incorreta	5		6	240	
				6	Operador empilha os pallets muito rápido	5		6	180	
				9	Empilhamento de pallets de forma descentralizada	5		6	270	

TABELA 8: FMEA DO PROCESSO

Os riscos marcados em amarelo são riscos considerados críticos e os indicados em vermelho são riscos muito críticos.

3.2.2.3 – Matriz de Causa e Efeito

Com os possíveis modos de falha do projeto definidos, foi possível confeccionar uma matriz de causa e efeito, para iniciar o processo de priorização das variáveis de entrada. Com ela, os principais modo de falha foram imputados e ponderados e todas as causas levantadas são colocadas no outro eixo. Através de uma análise, é possível ponderar como cada causa atuaria nos modos de falhas principais através de notas dadas a cada um dessas falhas, sendo “0” não existe correlação e “10” totalmente correlacionados. Através dessa análise, é possível avaliar cada variável com as falhas que realmente convém para o problema de vazamento, completando o processo de priorização iniciado no FMEA.

As causas marcadas em amarelo são consideradas críticas no processo, uma vez que tem grande influencia em uma ou mais variáveis que possam gerar o problema de vazamento das garrafas.

Nessa etapa do projeto, as garrafas de 1L e de 2L ainda não foram analisadas separadamente, sendo essa primeira etapa um estudo preliminar do processo como um todo.

Os efeitos considerados críticos para o processo foram:

- 1) Trincamento da garrafa
- 2) Frascos com menor resistência
- 3) Frascos não conformes
- 4) Frascos com zona de concentração de tensão
- 5) Má vedação do frasco
- 6) Rachamento da tampa
- 7) Esmagamento dos frascos
- 8) Frascos com vazamentos de pequena intensidade não detectados na linha, gerando vazamentos posteriormente

A matriz de Causa e Efeito encontra-se a seguir:

MATRIZ CAUSA & EFEITO										
10 - 9 - 8: Forte Correlação	7 - 6 - 5 - 4: Média Correlação				3 - 2 - 1: Baixa Correlação			0: Não há correlação		
Índice de Importância	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
X's do Processo	Trincamento da garrafa	Frascos com menor resistência	Frascos não conforme	Frascos com pontos de concentração de tensão	Má vedação do frasco	Rachamento da tampa	Esmagamento dos frascos	Frasco com vazamento de pequena intensidade (não detectado na linha resultando em vazamentos depois)	TOTAL	Esforço de Eliminação da Variável de Entrada
X ₁	Garrafa com MP fora da Spec	1	5	8	7	0	0	0	1	192
X ₂	Interação entre MP e produto (garrafa)	7	8	0	0	0	0	0	6	202
X ₃	Mistura incorreta de Master Batch/Polietileno	4	8	9	2	0	0	0	4	242
X ₄	Má homogeneização das MP's	4	8	7	8	0	0	0	6	300
X ₅	Reciclagem em excesso na garrafa	7	8	8	9	0	0	0	3	317
X ₆	Reciclado utilizado contaminado	5	8	8	9	0	0	0	5	317
X ₇	Pontos pretos na garrafa	5	8	8	9	0	0	0	4	307
X ₈	Parede fina	9	10	9	9	0	0	0	4	373
X ₉	Parede com "risco"	9	9	7	8	0	0	0	5	349
X ₁₀	Menor peso de frasco	6	8	5	8	3	4	0	2	309
X ₁₁	Diametro interno menor que o especificado	0	0	0	0	8	0	0	0	56
X ₁₂	Diametro interno maior que o especificado	0	0	0	0	8	0	0	0	56
X ₁₃	Diametro externo menor que o especificado	0	0	0	0	8	0	0	0	56
X ₁₄	Diametro externo maior que o especificado	0	0	0	0	8	0	0	0	56
X ₁₅	Emendo com defeito	8	8	8	9	0	0	0	5	347
X ₁₆	Efeito "casca de laranja"	2	6	5	9	0	0	0	7	265
X ₁₇	Presença de microfuros	3	7	4	10	0	0	0	10	315
X ₁₈	Altura do frasco incorreta	4	4	6	3	8	0	2	0	227
X ₁₉	Frasco com rebarba	0	0	6	0	8	3	0	0	122
X ₂₀	Rebarba colada no frasco	0	0	0	0	2	0	0	0	14
X ₂₁	Armazenamento indevido dos frascos	0	5	0	0	0	0	0	0	45
X ₂₂	Medida H incorreta	6	8	0	0	9	5	0	0	225
X ₂₃	Teste de vazamento não realizado de forma correta	0	0	3	0	0	0	0	1	34
X ₂₄	Frascos amassados	6	7	7	7	4	2	0	3	312
X ₂₅	Enchimento em excesso	0	0	2	0	0	0	0	0	16
X ₂₆	Frasco com volume abaixo do especificado	0	0	7	0	0	0	0	0	56
X ₂₇	Enchimento insuficiente	0	0	0	0	0	0	0	0	0
X ₂₈	Pressão de abertura da valvula de enchimento muito alta	5	6	5	6	0	0	4	3	268
X ₂₉	Torque das castanhas de fechamento muito alta	3	2	2	4	4	7	0	0	170
X ₃₀	Pressão das castanhas sobre a garrafa muito alta	4	3	1	5	4	6	4	3	254
X ₃₁	Castanhas de fechamento com diametro interno maior que o especificado	0	0	0	0	6	1	0	0	48
X ₃₂	Castanhas de fechamento com diametro interno menor que o especificado	0	0	0	0	5	6	0	0	71
X ₃₃	Castanhas de fechamento desalinhas	4	0	0	6	5	6	0	0	165
X ₃₄	Pistão do armador da caixa com pressão em excesso	6	0	0	6	0	2	8	0	206
X ₃₅	Desalinhamento do produto para o encaixotamento	0	0	0	0	0	0	5	0	50
X ₃₆	Pistão pneumático do alimentador pressionar topo das garrafas	7	7	2	8	0	4	9	6	395
X ₃₇	Altura inadequada de queda do produto dentro da caixa	5	5	2	5	0	2	6	3	258
X ₃₈	Não colocar divisória estabilizadora	0	0	0	0	0	0	7	0	70
X ₃₉	Não seguir padrão de Paletização especificado	2	0	0	4	0	0	9	0	146
X ₄₀	Não colocar pingo de cola nas caixas do Pallet	0	0	0	0	0	0	2	0	20
X ₄₁	Condições inadequadas do contêiner de transporte	0	0	0	0	0	0	4	0	40
X ₄₂	Oscilações durante o transporte	4	0	0	4	0	0	6	0	136
X ₄₃	Empilhamento inadequado dos Pallets	6	0	0	4	0	0	8	0	176
X ₄₄	Caixas com sustentabilidade abaixo do ideal	5	4	0	5	0	3	9	0	239
X ₄₅	Padrão de Paletização não adequado	7	5	0	7	0	3	8	0	276
X ₄₆	Presença do "fio de luz" devido a tampa mais curta	7	9	0	9	0	0	8	0	312
X ₄₇	Divisória estabilizadora mal dimensionada	5	3	3	6	0	4	8	0	259
X ₄₈										
X ₄₉										0

TABELA 9: MATRIZ DE CAUSA E EFEITO

A partir da matriz de Causa e Efeito contemplando todos as causas que possam resultar em vazamento das embalagens, levando em consideração a ocorrência que esse problema ocorre, foi possível analisar separadamente as dois tamanhos de garrafa (1 litro e 2 litros). As tabelas encontra-se a seguir:

	X's Críticos	Matriz C&E	Ocorrencia	Total
X ₁	Presença de microfuros	315	9	2835
X ₃	Pontos pretos na garrafa	307	9	2763
X ₄	Reciclagem em excesso na garrafa	317	8	2536
X ₆	Reciclado utilizado contaminado	317	7	2219
X ₁₁	Caixas com sustentabilidade abaixo do ideal	239	7	1673
X ₁₆	Parede com "risco"	349	4	1396
X ₁₇	Emendo com defeito	347	4	1388
X ₁₃	Pressão de abertura da valvula de enchimento muito alta	268	5	1340
X ₁₂	Pistão do armador da caixa com pressão em excesso	206	6	1236
X ₁₉	Má homogenização das MP's	300	4	1200
X ₅	Pistão pneumático do alimentador pressionar topo das garrafas	395	3	1185
X ₁₀	Medida H incorreta	225	5	1125
X ₁₄	Parede fina	373	3	1119
X ₈	Padrão de Palletização não adequado	276	4	1104
X ₂₅	Efeito "casca de laranja"	265	4	1060
X ₁₅	Empilhamento inadequado dos Pallets	176	6	1056
X ₁₈	Frascos amassados	312	3	936
X ₇	Menor peso de frasco	309	3	927
X ₉	Altura do frasco incorreta	227	4	908
X ₂₀	Oscilações durante o transporte	136	6	816
X ₂₁	Altura inadequada de queda do produto dentro da caixa	258	3	774
X ₂₂	Não seguir padrão de Paletização especificado	146	5	730
X ₂₃	Mistura incorreta de Master Batch/Polietileno	242	3	726
X ₂₄	Frasco com rebarba	122	5	610
X ₂₆	Torque das castanhas de fechamento muito alta	170	3	510
X ₂₇	Pressão das castanhas sobre a garrafa muito alta	254	2	508
X ₂₈	Castanhas de fechamento desalinhadas	165	3	495
X ₃₀	Interação entre MP e produto (garrafa)	202	2	404
X ₃₁	Garrafa com MP fora da Spec	192	2	384
X ₂₉	Desalinhamento do produto para o encaixotamento	50	6	300
X ₃₂	Castanhas de fechamento com diametro interno menor que o especificado	71	3	213
X ₃₃	Armazenamento indevido dos frascos	45	4	180
X ₃₄	Teste de vazamento não realizado de forma correta	34	5	170
X ₃₅	Frasco com volume abaixo do especificado	56	3	168
X ₃₆	Não colocar divisória estabilizadora	70	2	140
X ₃₇	Condições inadequadas do conâiner de transporte	40	3	120
X ₃₈	Diametro interno menor que o especificado	56	2	112
X ₃₉	Diametro interno maior que o especificado	56	2	112
X ₄₀	Diametro externo menor que o especificado	56	2	112
X ₄₁	Diametro externo maior que o especificado	56	2	112
X ₄₂	Castanhas de fechamento com diametro interno maior que o especificado	48	2	96
X ₄₃	Enchimento em excesso	16	5	80
X ₄₄	Não colocar pingo de cola nas caixas do Pallet	20	3	60
X ₄₅	Rebarba colada no frasco	14	3	42
X ₂	Presença do "fio de luz" devido a tampa mais curta	312	0	0
X ₄₆	Enchimento insuficiente	0	4	0

TABELA 10: TABELA DE ENTRADAS CRÍTICAS DA GARRAFA DE 1 LITRO

	X's Críticos	Matriz C&E	Ocorrencia	Total
X ₁	Presença do "fio de luz" devido a tampa mais curta	312	9	2808
X ₂	Pistão pneumático do alimentador pressionar topo das garrafas	395	6	2370
X ₆	Medida H incorreta	225	9	2025
X ₄	Padrão de Palletização não adequado	276	7	1932
X ₇	Caixas com sustentabilidade abaixo do ideal	239	7	1673
X ₈	Pistão do armador da caixa com pressão em excesso	206	8	1648
X ₉	Pressão de abertura da válvula de enchimento muito alta	268	6	1608
X ₅	Altura do frasco incorreta	227	7	1589
X ₁₀	Torque das castanhas de fechamento muito alta	170	9	1530
X ₃	Menor peso de frasco (confirmar com Cpk)	309	4	1236
X ₁₁	Oscilações durante o transporte	136	9	1224
X ₁₂	Parede fina	373	3	1119
X ₁₃	Empilhamento inadequado dos Pallets	176	6	1056
X ₁₄	Parede com "risco"	349	3	1047
X ₁₅	Emendo com defeito	347	3	1041
X ₁₆	Divisória estabilizadora mal dimensionada	259	4	1036
X ₁₇	Reciclagem em excesso na garrafa	317	3	951
X ₁₈	Frascos amassados	312	3	936
X ₁₉	Má homogeneização das MP's	300	3	900
X ₂₀	Altura inadequada de queda do produto dentro da caixa	258	3	774
X ₂₁	Não seguir padrão de Paletização especificado	146	5	730
X ₂₂	Mistura incorreta de Master Batch/Poliétileno	242	3	726
X ₂₃	Reciclado utilizado contaminado	317	2	634
X ₂₄	Frasco com rebarba	122	5	610
X ₂₅	Efeito "casca de laranja"	265	2	530
X ₂₆	Pressão das castanhas sobre a garrafa muito alta	254	2	508
X ₂₇	Castanhas de fechamento desalinhadas	165	3	495
X ₂₈	Interação entre MP e produto (garrafa)	202	2	404
X ₂₉	Garrafa com MP fora da Spec	192	2	384
X ₃₀	Pontos pretos na garrafa	307	1	307
X ₃₁	Castanhas de fechamento com diâmetro interno menor que o especificado	71	3	213
X ₃₂	Desalinhamento do produto para o encaixotamento	50	4	200
X ₃₃	Armazenamento indevido dos frascos	45	4	180
X ₃₄	Teste de vazamento não realizado de forma correta	34	5	170
X ₃₅	Frasco com volume abaixo do especificado	56	3	168
X ₃₆	Não colocar divisória estabilizadora	70	2	140
X ₃₇	Condições inadequadas do contêiner de transporte	40	3	120
X ₃₈	Diâmetro interno menor que o especificado	56	2	112
X ₃₉	Diâmetro interno maior que o especificado	56	2	112
X ₄₀	Diâmetro externo menor que o especificado	56	2	112
X ₄₁	Diâmetro externo maior que o especificado	56	2	112
X ₄₂	Castanhas de fechamento com diâmetro interno maior que o especificado	48	2	96
X ₄₃	Enchimento em excesso	16	5	80
X ₄₄	Não colocar pingo de cola nas caixas do Pallet	20	3	60
X ₄₅	Rebarba colada no frasco	14	3	42
X ₄₆	Presença de microfuros	315	0	0
X ₄₇	Enchimento insuficiente	0	4	0

TABELA 11: TABELA DE ENTRADAS CRÍTICAS DA GARRAFA DE 2 LITROS

3.2.2.4 – Priorização das variáveis

A partir da Matriz de entradas críticas de cada processo, uma primeira priorização foi realizada, utilizando um diagrama de Pareto para cada matriz, considerando a proporção de acumulo de 30% para as variáveis menos significativas. Apesar de não usual, essa proporção foi levada em consideração como uma aproximação inicial, uma vez que foram levantadas um numero considerável de alternativas pouco representativas para o problema em estudo.

Para a garrafa de 1 litro, a priorização ficou da seguinte forma:

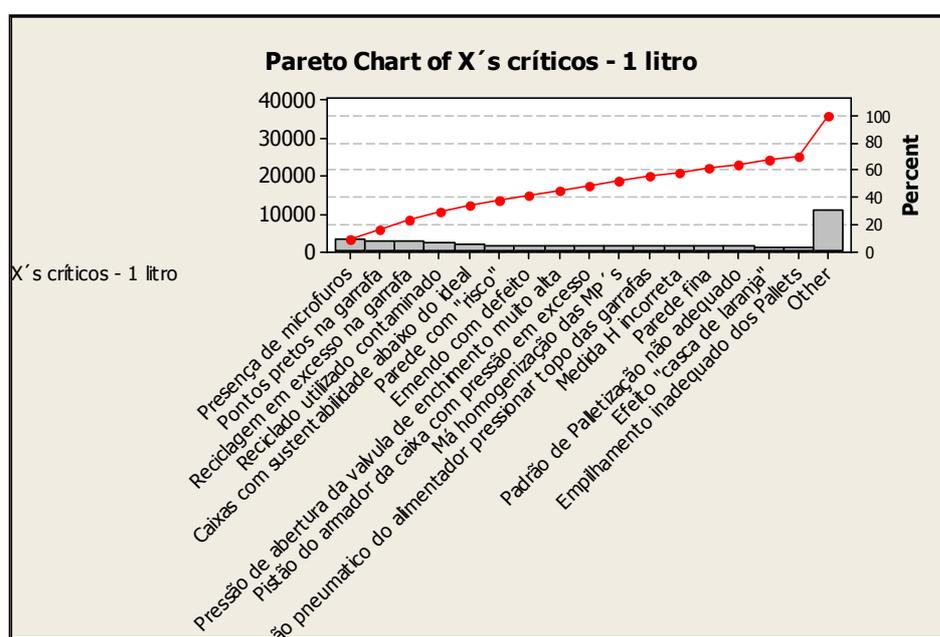


FIGURA 14: DIAGRAMA DE PARETO COM A PRIORIZAÇÃO DAS VARIÁVEIS DA GARRAFA DE 1 LITRO

X ₁	Presença de microfuros
X ₂	Pontos pretos na garrafa
X ₃	Reciclagem em excesso na garrafa
X ₄	Reciclado utilizado contaminado
X ₅	Caixas com sustentabilidade abaixo do ideal
X ₆	Parede com "risco"
X ₇	Emendo com defeito
X ₈	Pressão de abertura da valvula de enchimento muito alta
X ₉	Pistão do armador da caixa com pressão em excesso
X ₁₀	Má homogenização das MP's
X ₁₁	Pistão pneumático do alimentador pressionar topo das garrafas
X ₁₂	Medida H incorreta
X ₁₃	Parede fina
X ₁₄	Padrão de Palletização não adequado
X ₁₅	Efeito "casca de laranja"
X ₁₆	Empilhamento inadequado dos Pallets

TABELA 12: VARIÁVEIS PRIORIZADAS DA GARRAFA DE 1 LITRO

Para a garrafa de 2 litros, a priorização ficou da seguinte forma:

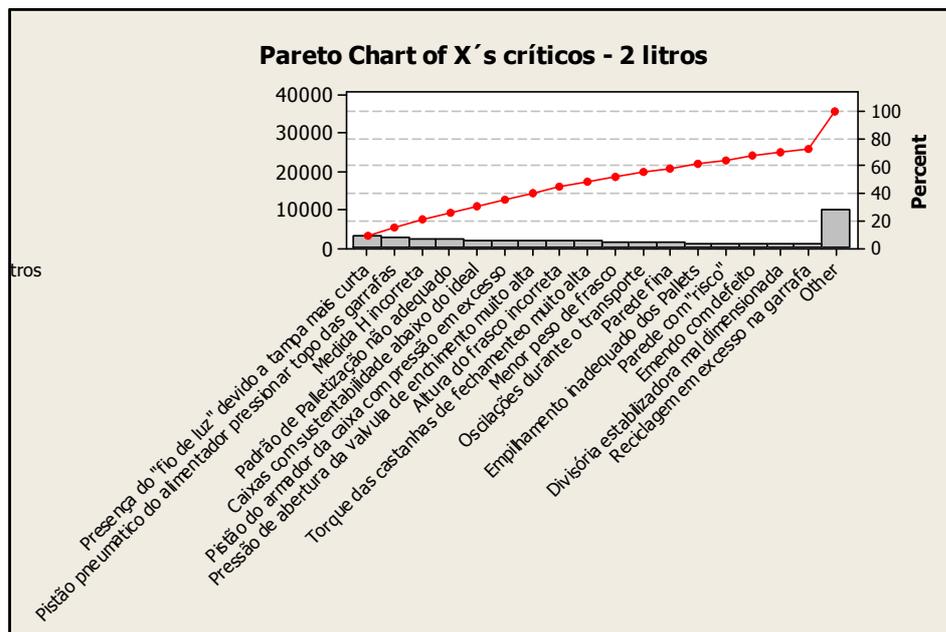


FIGURA 15: DIAGRAMA DE PARETO COM A PRIORIZAÇÃO DAS VARIÁVEIS DA GARRAFA DE 2 LITRO

X ₁	Presença do "fio de luz" devido a tampa mais curta
X ₂	Pistão pneumático do alimentador pressionar topo das garrafas
X ₆	Medida H incorreta
X ₄	Padrão de Palletização não adequado
X ₇	Caixas com sustentabilidade abaixo do ideal
X ₈	Pistão do armador da caixa com pressão em excesso
X ₉	Pressão de abertura da válvula de enchimento muito alta
X ₅	Altura do frasco incorreta
X ₁₀	Torque das castanhas de fechamento muito alta
X ₃	Menor peso de frasco
X ₁₁	Oscilações durante o transporte
X ₁₂	Parede fina
X ₁₃	Empilhamento inadequado dos Pallets
X ₁₄	Parede com "risco"
X ₁₅	Emendo com defeito
X ₁₆	Divisória estabilizadora mal dimensionada
X ₁₇	Reciclagem em excesso na garrafa

TABELA 13: VARIÁVEIS PRIORIZADAS DA GARRAFA DE 2 LITROS

Comparando as variáveis priorizadas das garrafas de 1 litro e de 2 litros foi possível verificar através de uma análise comparativa, que o problema de vazamento na garrafa de 1 litro está relacionada principalmente a impurezas incrustadas na parede, enquanto que para a garrafa de 2 litros, o problema está relacionada com a estrutura da embalagem. Desta forma, uma análise estrutural mais profunda da

garrafa de 2 litros foi realizada. O primeiro passo foi realizar o estudo de Capacidade de processo dos parâmetros que são mensurados no Controle de Qualidade. A partir dos dados históricos dos últimos dois anos, foi possível levantar os seguintes estudos para a altura do gargalo, peso da garrafa e o torque aplicado no rosqueamento da tampa. Os resultados foram os seguintes:

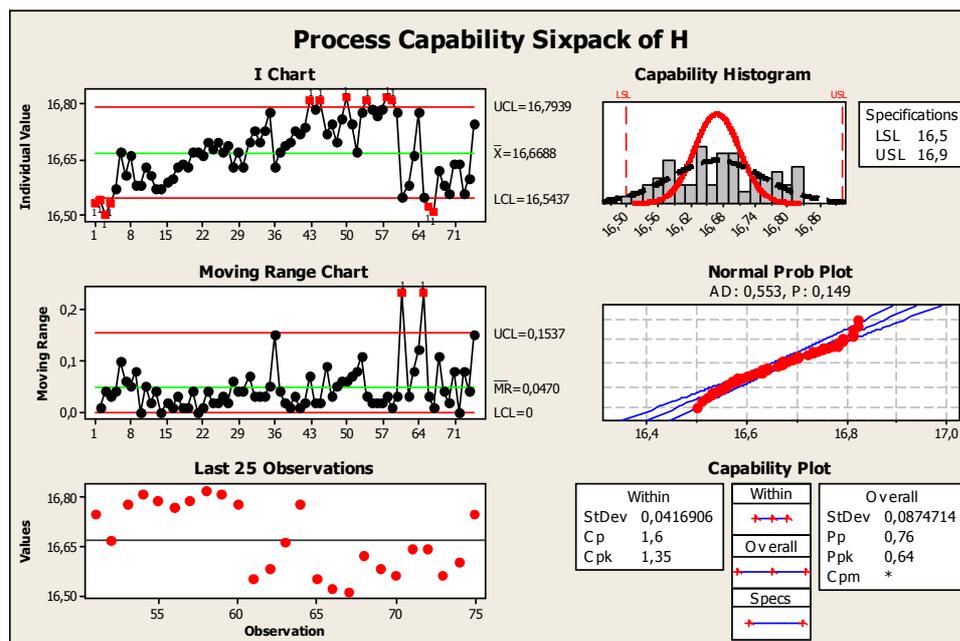


FIGURA 16: CAPACIDADE DE PROCESSO DA ALTURA DO GARGALO (MEDIDA "H")

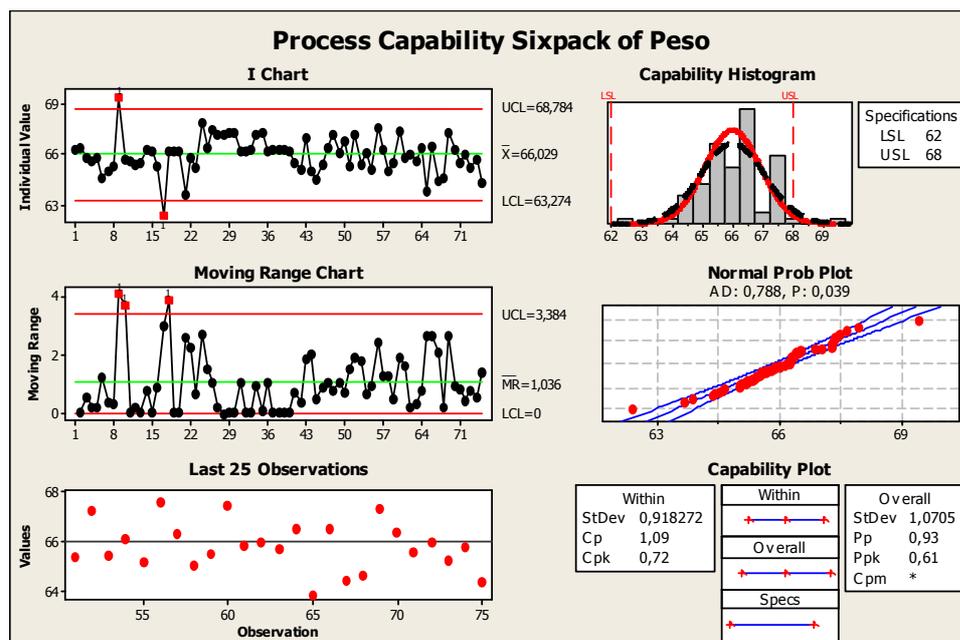


FIGURA 17 : CAPACIDADE DE PROCESSO DO PESO DA GARRAFA

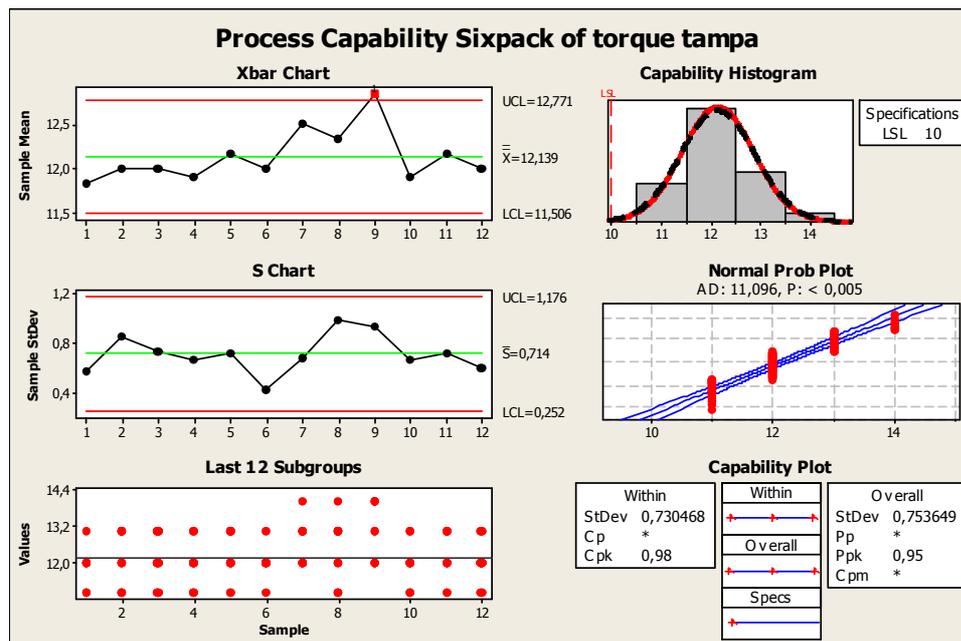


FIGURA 18 : CAPACIDADE DE PROCESSO DO TORQUE APLICADO NA TAMPA

Como padrão da empresa para a análise da capacidade estatística é utilizado o Cpk, pois não são todas as especificações que possuem limite inferior e limite superior de especificação. Desta forma, como aproximação para conhecer como se encontra o processo, pode-se utilizar esse índice.

Através de análise da ferramenta “Capability Sixpack” do Minitab, foi possível verificar a carta de processo, a distribuição dos pontos analisados através de um Histograma, sua normalidade (através de um gráfico de dispersão normal e o cálculo de seu “P-Value”), e os índices de capacidade estatística.

Para análise do problema em questão, o parâmetro primordial a ser analisado são os índices de capacidade, onde o Cpk é o principal valor a ser analisado. Via de regra, consideramos um Cpk maior do que um como sendo o mínimo para considerar o processo estável.

Para a altura do gargalo, como o Cpk obtido foi maior do que um, podemos considerar que o processo é estável. No caso do peso da garrafa, apesar do Cpk ser menor do que um (0,72), o Cp obtido foi maior do que um, o que representa um alto potencial em se atingir um processo estável, uma vez que o Cpk não foi muito menor do que o valor mínimo. Desta forma, pode-se considerar que existe pouca chance da garrafa ser fabricada com um peso menor do que o especificado.

Para o torque aplicado no rosqueamento da tampa, pode-se aproximar o Cpk obtido por um, uma vez que o resultado obtido foi muito próximo (0,98), o que implica que o rosqueamento também se encontra dentro da especificação.

Depois de analisados as capacidades de processo, foi possível verificar que a altura do gargalo, o peso da garrafa e o torque aplicado podem ser desconsiderados como contribuintes para o problema de vazamento da garrafa de 2 litros.

3.2.2.5 – Levantamento de dados no Centro de Distribuição

Uma vez levantado os possíveis pontos críticos do processo, foi realizada uma vistoria no Centro de Distribuição para levantar informações, averiguar quais são os problemas que ocorrem, e procurar outras variáveis que possam influenciar no processo e não foram contempladas.

Foram algumas visitas realizadas, e foi possível verificar que as caixas perdidas no CD de Água Sanitária de 1 litro e 2 litros possuem características distintas. Para as garrafas de 1 litro que foram encontradas vazando, a maioria ocorreu devido a impurezas incrustadas na parede da garrafa, que em contato com o hipoclorito do produto, formam “microfuros” o que resulta em vazamentos (vide figura 19).



FIGURA 19: GARRAFAS DE 1 LITRO ENCONTRADAS NO CD COM PROBLEMAS DE VAZAMENTO (PRESENÇA DE IMPUREZAS INCRUSTADAS COM “MICROFUROS”

No caso das garrafas de 2 litros, foram encontradas garrafas vazando com o topo amassado, garrafas cortadas ao meio, ou completamente deformadas, não sendo possível determinar uma causa específico para esse problema de vazamento.



FIGURA 20: GARRAFAS COM O TOPO AMASSADO



FIGURA 22 :GARRAFA DANIFICADA COM O GARGALO RACHADO.



FIGURA 21: GARRAFA CORTADA AO MEIO



FIGURA 23 :GARRAFAS ENCONTRADA SEM A TAMPA

Depois de realizado o estudo no Centro de distribuição para verificar quais foram os problemas encontrados, o próximo passo foi realizar a mesma análise no terceiro onde o produto é envasado. Essa análise será descrita no próximo tópico.

3.2.2.6 – Levantamento de dados no Terceiro

Durante cinco dias de produção de Água Sanitária, foi solicitado ao terceiro que separassem as garrafas com defeito encontradas no recebimento e garrafas que vazassem depois do envase. Foram considerados dois períodos de produção, sendo o primeiro do tamanho de 1 litro e em seguida do tamanho de 2 litros. Para ambos os

casos foram retiradas garrafas com defeito durante o mesmo período, totalizando os 5 dias de produção.

Durante a produção de Água Sanitária de 1 litro, foram encontradas 120 garrafas com diferentes defeitos. Para mensurar qual é a proporção de cada defeito encontrado, foi montada uma tabela, onde cada garrafa foi analisada uma a uma. O resultado encontra-se a seguir:

- Garrafas com presença de impureza → 48,5% dos defeitos encontrados,
- Garrafas com Microfuros → 19% dos defeitos encontrados,
- Garrafas deformadas → 8,3% dos defeitos encontrados,
- Garrafas com rebarba → 5,3 dos defeitos encontrados,
- Garrafas com furos → 2% dos defeitos encontrados.

As fotos dos defeitos encontrados durante essa avaliação, encontram-se a seguir:



FIGURA 24 : PRESENÇA DE IMPUREZAS



FIGURA 25 : FRASCOS DEFORMADOS



FIGURA 26 : FRASCO COM FURO



FIGURA 27 : FRASCO COM REBARBA



FIGURA 28 : FRASCO COM MICROFURO

A mesma análise foi realizada para a garrafa de 2 litros, no entanto no mesmo período, foram encontradas apenas seis garrafas com defeitos. Os defeitos encontrados foram os seguintes: Má formação do gargalo e garrafas cortadas. As fotos encontram-se a seguir:



FIGURA 29 : MÁ FORMAÇÃO DO GARGALO



FIGURA 30 : GARRAFA CORTADA

Uma vez que o número de garrafas de 1 litro encontrada com defeito foi muito maior que as de 2 litros, foi possível confirmar que o problema de vazamento das garrafas de 2 litros não está relacionado com o recebimento de material. Para confirmar essa suspeita, foi realizada uma pesquisa com os funcionários, que comprovaram que durante a produção de ambos os tamanhos, a garrafa de 1 litro é considerada crítica quanto ao recebimento, fato que não acontece na garrafa de maior.

3.2.2.7 – Problemas encontrados na Paletização

Outro problema levantado durante o início do estudo, foi a possibilidade de ocorrer má paletização, que porventura pode gerar um esforço excessivo sobre as caixas e garrafas. Para verificar se tal fato procede, durante a vistoria de caixas perdidas devido a vazamento foi realizada uma análise no Centro de Distribuição focando a condição de paletização das caixas de Água Sanitária.

Foi verificado nessa auditoria que apesar da grande maioria dos Pallets seguirem o padrão de paletização correto, houve casos de desalinhamento do Pallet superior em relação ao inferior, caixas descentralizadas nos Pallets e caixas estufadas. A ocorrência desse ultimo problema explicitado foi muito maior que qualquer outro problema encontrado anteriormente, e ocorre apenas nas caixas do produto de 2 litros. Esse fato pode ser explicado devido a má sustentabilidade do conjunto caixa garrafa.



FIGURA 31 : CAIXAS DESCENTRALIZADAS



FIGURA 32 : CAIXAS ESTUFADAS



FIGURA 33 : PALLET DESCENTRALIZADO

Como se trata de um produto de baixo valor agregado, o principal componente estrutural no empilhamento, que é a caixa, foi modificada varias vezes a fim de se reduzir seu custo, comprometendo sua rigidez estrutural. Para contornar a situação, uma parte do peso distribuído é dimensionado para ser sustentado pelo frasco, no entanto o abaulamento que ocorre na maioria das caixas de 2 litros sugere que os frascos não estão suportando o peso devidamente.

Para analisar esse fato, foi retirada uma caixa que se encontrava nessa situação (estufada), e as garrafas foram retiradas para verificar seu estado. Analisando as garrafas, foi possível verificar que as garrafas que se encontravam na região frontal da caixa encontravam-se com uma deformação plástica no gargalo, numa região conhecida como “fio de luz”, que consiste no espaço existente entre a tampa e a base do gargalo, enquanto que as garrafas que se encontravam na parte traseira da caixa não percebia-se tal fato.

Depois foi verificado que a região do “fio de luz” se mostrou crítica para o problema do vazamento das garrafas, pois o estresse gerado na região gera uma zona

de tensão que em contato com o hipoclorito, pode resultar em furos e em casos críticos, decepamento do gargalo, fato que ocorre no Centro de Distribuição.



FIGURA 34 :GARRAFA DEFORMADA PLASTICAMENTE NA REGIÃO DO FIO DE LUZ (FRENTE DA CAIXA)



FIGURA 35 : GARRAFA SEM DEFORMAÇÃO NA REGIÃO DO FIO DE LUZ (TRAZ DA CAIXA)



FIGURA 36 : GARRAFAS ENCONTRADAS NO CD SEM O GARGALO

3.2.2.8 – Incidente de segurança: Queda de um Pallet

Durante o levantamento de informações a respeito do problema de vazamento das garrafas de 2 litros, ocorreu um incidente considerado muito grave, que foi a queda de um Pallet superior. Tal fato, apesar de aparentemente não estar relacionado com o objetivo do trabalho, foi contemplada uma análise, uma vez que o estudo indica que o problema de vazamento para as garrafas maiores está diretamente relacionado com um problema estrutural da garrafa.

A partir de uma análise realizada em campo, foi verificado que a queda desse Pallet está relacionado com a sustentação das garrafas, uma vez que foram encontradas muitas garrafas com a região do topo amassada, fato que foi verificado anteriormente com as caixas estufadas, no entanto em uma intensidade muito maior no caso do Pallet que cedeu. Além disso, foi possível verificar que a caixa apresentou marcas das tampas nos pontos de contato, e algumas se apresentaram úmidas devido a exposição do ambiente.

Através de Laudos de análises do fornecedor, as caixas estão dentro da especificação, o que sugere mais uma vez que o problema se encontra de fato na sustentação das garrafas.

A seguir estão algumas fotos do incidente:



FIGURA 37 : FOTO DA QUEDA DO PALLET DO PRODUTO EM ESTUDO



FIGURA 38 : PRODUTOS COM O TOPO AMASSADO

Com a ocorrência desse incidente, e com a verificação que a falta de sustentabilidade das garrafas é o mesmo foco do problema de vazamento, o problema das garrafas de 2 litros ficou mais importante para ser resolvido.

Com essas informações levantadas, foi possível terminar a fase “Measure” e partir para a próxima fase do DMAIC, que é a “Analyze”.

3.2.3 – Fase Analyze

A partir das informações levantadas na fase “Measure”, foi possível verificar que o problema das garrafa de 2 litros é distinto da garrafa de 1 litro.

No caso da garrafa menor, o problema se encontra no recebimento, uma vez que o numero de garrafas não conformes é representativo, e os mesmos problemas encontrados no terceiro, refletem no Centro de Distribuição. O principal problema encontrado foram os pontos de contaminação, que em contato com o hipoclorito, podem ocasionar o surgimento de microfuros, que posteriormente vão vazar nos centros de distribuição.

Para as garrafas de 2 litros, foi percebido que o problema é estrutural, relacionado principalmente com a estrutura da garrafa, uma vez que a caixa analisada se encontra dentro das especificações.

Uma vez definido essas diferenças, o estudo nesta fase será dividido em dois: O primeiro relacionado a garrafa de 1 litro, e o segundo relacionado com a garrafa de 2

litros. No entanto, antes será realizado um refinamento de variáveis a partir das informações das etapas anteriores que será explicitado a seguir.

3.2.3.1 – Refinamento das variáveis

A partir das análises realizadas na etapa Measure, foi possível verificar quais variáveis contempladas inicialmente poderiam ser desconsideradas para cada caso.

Para a garrafa de 1 litro, todas as variáveis relacionadas a sustentabilidade da caixa e garrafa foram desconsideradas, sobrando apenas variáveis relacionadas ao processo do fornecedor, uma vez que o problema foi detectado no recebimento das embalagens. As variáveis estão listadas a seguir de acordo com sua prioridade (determinada pela matriz de Causa e Efeito):

1. Presença de pontos de contaminação,
2. Presença de Microfuros,
3. Vazamento na tampa tipo “Flip”

Realizando a mesma análise para a garrafa de 2 litros, como foi verificado que o problema está relacionado com a estrutura da garrafa, todos os pontos relativos a contaminação foram desconsiderados, uma vez que não ocorre problema no recebimento desse material. Desta forma, o refinamento de variáveis ficou da seguinte forma:

1. Presença de “fio de luz” devido a tampa mais curta,
2. Pistão pneumático do alimentador pressionar o topo das garrafas,
3. Pressão da válvula de enchimento muito alta,
4. Empilhamento inadequado dos Pallets,
5. Pistão do armador da caixa com pressão muito alta.

As variáveis “pistão pneumático pressionar o topo das garrafas”, “pressão de abertura da válvula de enchimento muito alta” e “Pistão do armador da caixa com pressão muito alta” são problemas relacionados ao processo de envase e encaixotamento no terceiro. O pistão do armador da caixa com pressão muito alta

compromete as fibras das caixas diminuindo sua resistência. Tanto no processo de enchimento quanto no processo de frenagem das garrafas antes do envase, percebe-se que a pressão exercida no topo da garrafa gera um deslocamento do gargalo para baixo, que pode resultar em uma zona de estresse, que posteriormente, com o contato com o Hipoclorito, pode gerar vazamento.

Todas as variáveis remanescentes desse refinamento de variáveis precisam ser estudadas para conhecer sua influência no problema de vazamento.

3.2.3.2 – Estudo da garrafa de 1 litro

Para a garrafa de 1 litro, como foi verificado que o problema está relacionado ao recebimento, o fornecedor de embalagens foi contatado, e o projeto de redução de vazamento foi apresentado.

O primeiro questionamento foi a respeito das diferenças entre os processos e as especificações entre a garrafa de 1 litro e de 2 litros, uma vez que o problema de contaminação ocorre a priori na garrafa de 1 litro.

Segundo o fornecedor, o processo é o mesmo, ocorrendo somente a troca de moldes. Desta forma, o próximo passo foi verificar se existe alguma diferença entre as especificações entre as garrafas. Levantando as duas especificações, foi possível perceber que a garrafa de 2 litros é composta por 98% PEAD (Polietileno de Alta Densidade) e 2% de Máster Batch (responsável pela cor branca da garrafa), enquanto que a garrafa de 1 litro possui 88% de PEAD, 2% de Máster Batch e 10% de PEBD (Polietileno de Baixa Densidade). Buscando informações a respeito de ambos materiais, foi verificado que o PEBD possui propriedades físicas diferentes do PEAD, incluindo a temperatura de fusão que é 30 graus Celsius mais baixa que o Polietileno de Alta Densidade. Para comprovar esse fato, está em negociação um teste onde serão produzidas 2000 garrafas de 1l sem PEBD, e 2000 garrafas normais para controle, no entanto, até o fechamento deste relatório não houve previsão para a sua execução.

Outro ponto importante foi a verificação que grande parte das reclamações de vazamento dessa linha de água sanitária é relativo ao vazamento da tampa “Flip” da garrafa de 1 litro, sendo necessário um plano de ação para resolver esse problema.

3.2.3.3 – Estudo da garrafa de 2 litros

Para a garrafa de 2 litros, o principal ponto a ser analisado foi o fato da existência do espaço entre o fim da tampa e o início do gargalo (“fio de luz”). Após uma pesquisa interna, foi verificado que tal problema apareceu depois de um projeto de harmonização de tampas, onde foi trocada uma tampa antiga de 17,75 mm de altura, por uma tampa de 15,06 mm de altura. Apesar de ter propiciado economia para empresa, uma vez que a tampa menor já era utilizada para outras linhas de produtos, e seria possível negociação de um maior número de tampas (além de delistar uma tampa que só um produto utilizava), essa substituição gerou um efeito colateral que não foi analisado antes, que foi o “fio de luz” de aproximadamente 4 mm (vide figura abaixo).

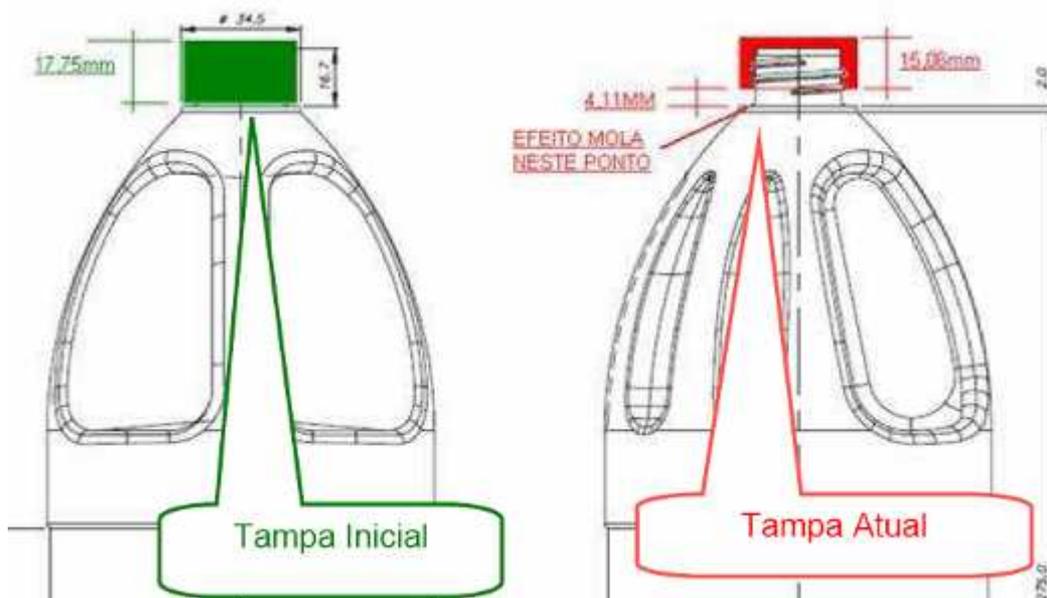


FIGURA 39 : DIFERENÇA ENTRE A TAMPA ANTIGA E A TAMPA NOVA

Uma vez verificado tal fato, o próximo passo foi analisar se de fato a presença do fio de luz comprometeria a compressibilidade da garrafa, e para isso, foi realizado

um estudo de compressão comparando a garrafa com a tampa antiga, com a garrafa com tampa nova. O teste detalhado será explicado a seguir.

– Análise de compressão da garrafa

Para a análise de compressão da garrafa, foi utilizado um equipamento de compressão da marca Zwick modelo Z 2.5, onde foi utilizado o padrão de teste da empresa, que consiste em utilizar garrafas cheias de água até o início do gargalo, com uma velocidade de compressão de 10mm/min.

O critério para aquisição de dados é o seguinte: O valor a ser considerado é o primeiro onde ocorre um ponto de inflexão representativo, ou seja, assim que surgir a primeira concavidade perceptível, o teste deve ser interrompido e o valor do pico da concavidade deve ser considerado.

Para um teste preliminar, foram testadas somente uma garrafa com a tampa antiga (sem a presença do “fio de luz”), e uma garrafa com a tampa nova.



FIGURA 40 : EQUIPAMENTO PARA TESTE DE COMPRESSÃO DA MARCA ZWICK

Depois de realizado os testes, os resultados foram de acordo com o esperado, de forma que a garrafa com a presença do “fio de luz” apresentou uma resistência a compressão muito menor do que a garrafa com a tampa antiga. O maior problema no entanto, foi o fato da garrafa com a tampa nova apresentar resultados de compressão abaixo da especificação recomendada pela empresa. Os resultados obtidos encontram-se a seguir (tabela e gráfico fornecido pela software):

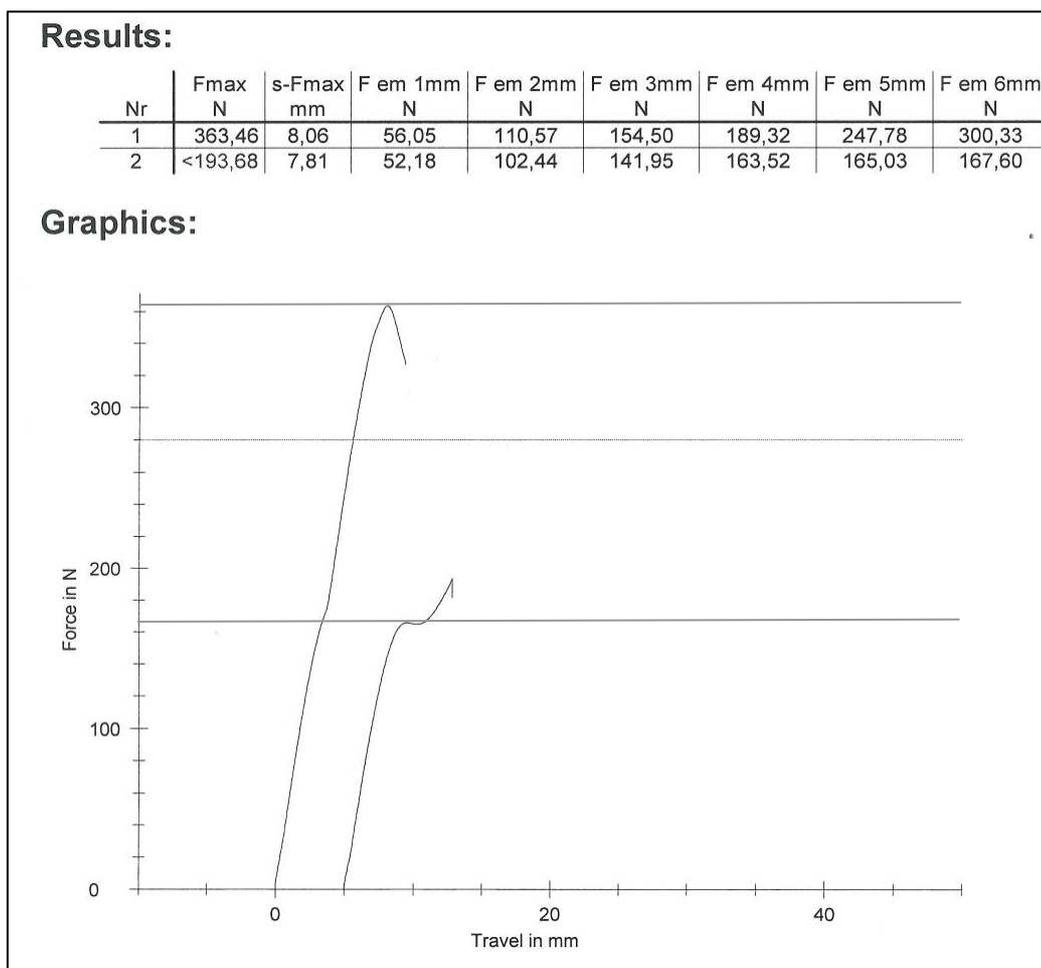


FIGURA 41 : GRÁFICO DE COMPRESSÃO DO TOPO DA GARRAFA (TAMPA ANTIGA X TAMPA NOVA)

A curva obtida na esquerda representa a garrafa com a tampa antiga, e a curva a direita representa a garrafa com a nova tampa. Pode-se perceber, que para a tampa antiga, o valor máximo da força suportada é em torno de 360N, enquanto que para a tampa nova, esse resultado ficou em torno de 170N. Uma vez que o valor recomendado pela especificação da empresa é 280N, a troca da tampa a priori comprometeu a resistência à compressão da garrafa.

3.2.3.3.2 – Estudo da Capacidade de processo da Tampa Nova

Para comprovar se de fato esse resultado é representativo, foi necessário realizar uma amostragem, e repetir o teste para pelo menos 15 garrafas. Desta forma, durante a produção das garrafas de 2 litros, foram separadas garrafas durante a produção, e foi realizado o mesmo teste de compressão com a tampa nova em cada garrafa. A partir dos resultados adquiridos, foi possível realizar um estudo de capacidade de processo, que confirmou o fato verificado anteriormente.

Todas as garrafas testadas com a tampa nova apresentaram valores de compressão inferiores ao especificado, e a partir do estudo de capacidade do processo, foi possível verificar que o valor de Cpk encontrado foi negativo (-5,28). Esse valor mostra que o processo apesar de robusto, sempre se encontra abaixo da especificação, sendo praticamente impossível pelo ponto de vista estatístico alguma garrafa estar dentro da especificação.

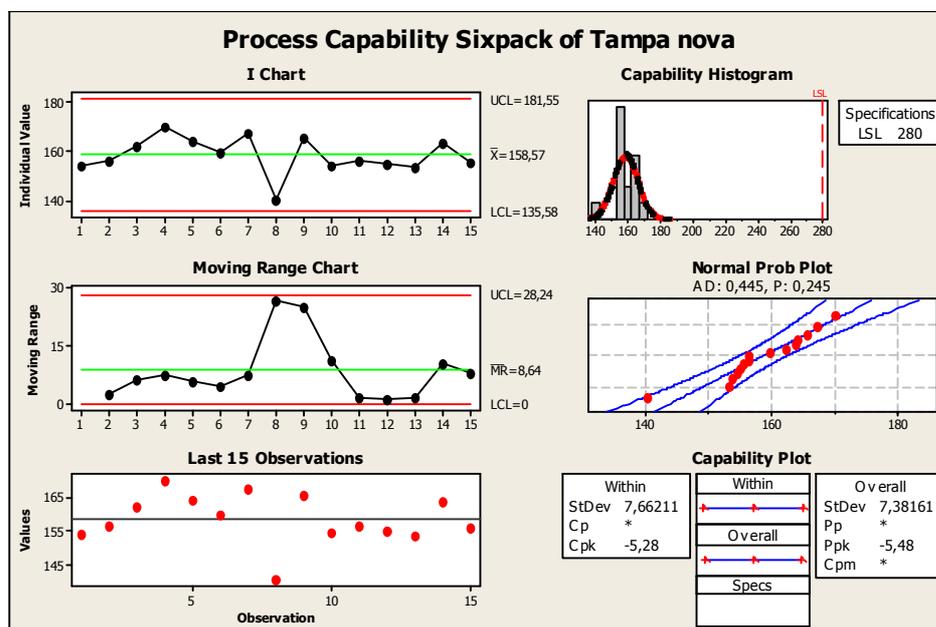


FIGURA 42 : CAPACIDADE DE PROCESSO DA TAMPA NOVA

3.2.3.3.2 – Teste de Hipóteses da diferença de compressão entre as tampas

Para confirmar que a utilização da tampa antiga difere da utilização da tampa nova, foi realizado um teste de hipóteses comparando os resultados obtidos

anteriormente (os 15 pontos analisados para o cálculo da Capacidade estatística da tampa nova), com outros 15 pontos obtidos a partir da mesma análise, desta vez com a utilização de outras garrafas com a tampa antiga.

O resultado comprovou que se trata de dois processos distintos, uma vez que o “P-Value” encontrado foi igual a zero. De modo geral, são considerados dois processos estatisticamente iguais (com um intervalo de confiança de 95%) quando o “P-Value” encontrado for igual ou maior a 0,05, o que comprova que de fato os dois processos são diferentes. Os valores obtidos foram os seguintes:

- Tampa antiga (sem “fio de luz”): Média = 354,6N e Desvio Padrão = 30,9N.
- Tampa nova (com “fio de luz”): Média = 158,57 e Desvio Padrão = 7,38N .

Abaixo encontra-se o “Boxplot” comparando as duas tampas. A partir dessa análise é possível perceber como são distintos a compressão da tampa antiga e a tampa nova.

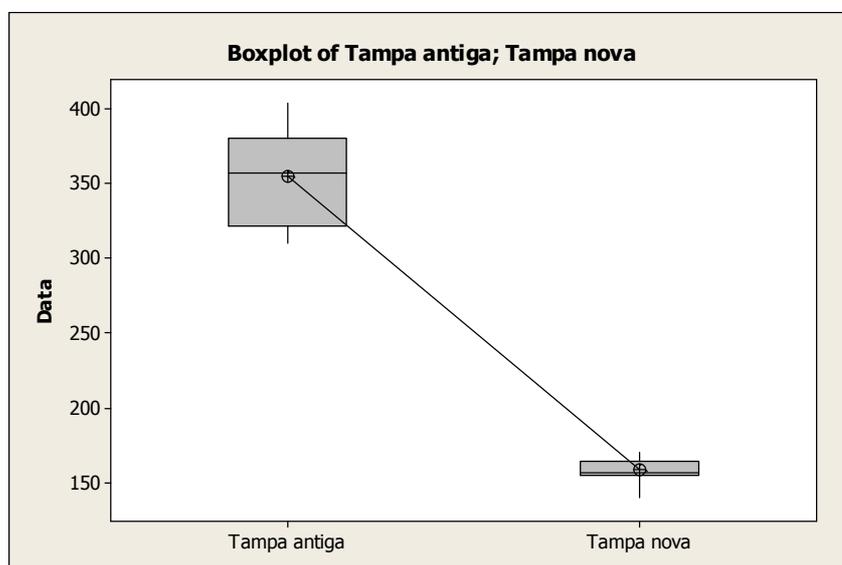


FIGURA 43 : TESTE DE HIPÓTESES (TAMPA ANTIGA X TAMPA NOVA)

3.2.3.3.3 – Análise das variáveis relacionados ao processo no terceiro

Durante o processo de fabricação, como foi salientado anteriormente no trabalho, foi verificado que ocorre dois momentos onde a garrafa é estressada. O primeiro é durante o processo de envase, pois o equipamento utiliza pressão no topo da garrafa para a abertura da válvula de enchimento. O segundo processo é durante o processo de frenagem das garrafas antes de serem encaixotadas. Este processo consiste em um frenagem das duas garrafas que se encontram a frente na esteira através de um dispositivo pneumático que pressiona o topo das garrafas.

Para verificar se as variáveis relacionadas ao processo de envase e frenagem das garrafas no terceiro realmente influenciam no problema de vazamento das garrafas, foi desenhado um teste onde foram retiradas seis garrafas antes do envase (considerando a condição sem o estresse do processo de enchimento), seis garrafas logo após o envase e seis garrafas depois de passarem pelo processo de frenagem antes do encaixotamento (condição depois de passar pelos dois pontos de compressão).

Uma vez levantado todos esses pontos, foi realizado um teste de hipóteses com essas garrafas, e o resultado indicou que apesar da compressão suportada pela garrafa depois de passar pelos pontos de estresse no processo, não são significativas a ponto de se afirmar que se tratam de processos diferentes uma vez que ambos valores de “P-Value” foram maior do que 0,05 em comparação com a garrafa sem nenhum estresse.

Dessa forma, apesar de não serem o principal motivo do problema, reduzir o impacto gerado nas garrafas no processo, podem ajudar a minimizar os problemas de vazamentos nos Centros de Distribuição.

3.2.3.3.4 –Deslocamento angular das caixas do Pallet devido a compressão

Verificado que existe o problema de sustentabilidade das garrafas, foi levantada uma hipótese para o caso do estufamento das caixas, e conseqüentemente o vazamento na região do gargalo. Depois de análise das caixas que vazaram no CD,

todas elas se encontravam no Pallet inferior. Como foi comprovado que a resistência das garrafas de 2 litros está comprometida devido a existência do “fio de luz”, o peso do Pallet superior pode forçar as garrafas do Pallet de baixo, iniciando a deformação na região do “fio de luz”. Essa deformação apesar de pequena, se considerar que ocorrem em conjunto, pode chegar ao extremo de perder sustentação, e ocasionar a queda do Pallet superior.

Desta forma, para contornar o problema de vazamento no gargalo, e ao mesmo tempo reduzir a chance de ocorrência de incidentes de segurança por parte desse produto, a embalagem deve ser redimensionada na região do “fio de luz”.

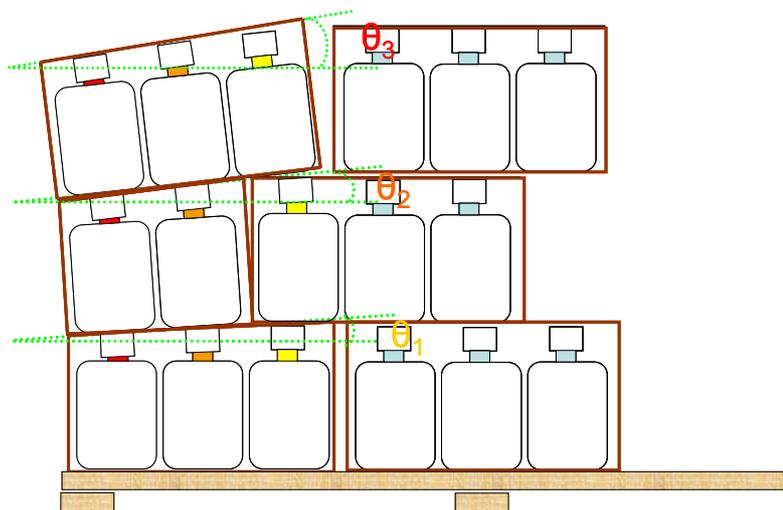


FIGURA 44 : DESLOCAMENTO ANGULAR DAS CAIXAS NO PALLET INFERIOR

3.2.4 – Fase Improve

Nessa etapa da metodologia DMAIC, uma vez levantada todas as informações a respeito do problema de vazamento das garrafas, soluções foram propostas. Mais uma vez, como se trata de dois problemas distintos, as soluções foram separadas para os dois tamanhos de garrafa.

3.2.4.1 – Soluções para o problema das garrafas de 1 litro

No caso da garrafa de 1 litro, como se trata de um problema de recebimento de embalagens, as mudanças propostas serão realizadas dentro do fornecedor, o que dificulta a sua implementação. De qualquer forma, com o início desse projeto, foi criada uma equipe dedicada interna para analisar todos os pontos de possíveis contaminações, e problemas de processo, fato que tem ajudado em redução parcial dos problemas de contaminação.

Como ação do projeto “Seis Sigma”, da fase “Analyze” ficou como pendência a execução do teste para verificar se existe alguma diferença entre as garrafas com a presença do PEBD e o PEAD. Assim que o teste for executado, caso confirme que o PEBD propicia o surgimento de impurezas devido a queima do material, existe uma proposta para a retirada desse material, confeccionando a garrafa somente com PEAD. A justificativa para utilização do PEBD é o fato da tampa tipo “Flip” possuir um “Squeeze” no bocal, o que justifica uma embalagem um pouco mais maleável.

No entanto, devido a problemas relacionados à reclamação de consumidores devido a vazamento dessa tampa, que além de mais cara se comparada à utilizada em 2litros, ela foi uma substituição de emergência de outra mais problemática (portanto não é uma tampa bem projetada), criou-se um projeto para a troca da mesma, denominado “Projeto Gessinger”.

Com a troca dessa tampa, não existe mais a necessidade de uma embalagem maleável, portanto a utilização do PEBD se torna dispensável.

3.2.4.1.2 – Projeto Gessinger

O projeto Gessinger consiste na troca do gargalo da garrafa de 1 litro para a utilização da mesma tampa que é utilizada atualmente no produto de 2 litros e outras linhas de produtos. Além de acabar com o problema de reclamações devido a vazamento na tampa de 1 litro, esse projeto vai reduzir o custo de compra de tampas, pois além de delistar uma tampa que é utilizada somente para um produto, vai possibilitar aumentar o volume de tampas compradas renegociando o valor unitário.

Além disso, possibilita mudança de “Setup” mais rápido das máquinas, uma vez que as castanhas de rosqueamento das tampas nas garrafas não precisarão ser trocadas.

O esboço do projeto encontra-se a seguir:



FIGURA 45 : TAMPAS ANTIGA X TAMPAS NOVA

3.2.4.2 – Soluções para a garrafa de 2 litros

Para a garrafa de 2 litros, como foi verificado que o maior problema encontra-se na região do “fio de luz”, a equipe de desenvolvimento de embalagem, juntamente com o fornecedor de garrafas, estão desenvolvendo um novo postigo de gargalo para as garrafas de 2 litros. O postigo consiste no molde de gargalo, que é parafusado junto ao molde do corpo da garrafa. A idéia é reduzir a distância da base da tampa até a base do gargalo, redistribuindo uma pequena parte do material da garrafa como um todo para a região crítica superior, aumentando sua resistência nessa parte solicitada sem diminuir a resistência global da garrafa. Todas essas mudanças serão realizadas mantendo a garrafa dentro da especificação da empresa.

Infelizmente, até o final desse relatório, não estava disponível o “Mockup” (primeiro modelo dessa garrafa), no entanto, como se trata de uma melhoria, tanto para reclamações, quanto para segurança, esse projeto deve ser executado até metade do próximo ano.

Com essa mudança, espera-se uma redução nas reclamações devido a vazamento, e aumento da estabilidade da garrafa, evitando futuros incidentes de segurança relativos a queda de Pallets.

3.2.4.2.1 – Melhorias realizadas no processo do terceiro

Tendo em vista que o processo de envase do produto possa influenciar a compressão da garrafa de 2 litros, algumas modificações foram realizadas com relação as variáveis levantadas. Para o problema de má paletização, foi realizado treinamento dos funcionários para reeducação de como realizar a paletização de forma correta.

Para o caso do sistema de frenagem com pressão excessiva no topo das garrafas, como medida imediata foi reduzida a pressão do pistão pneumático, no entanto uma mudança do sistema de frenagem está em estudo pela equipe de engenharia.

Outro ponto que foi levantado no início do estudo foi o dispositivo de frenagem das caixas, onde o excesso de pressão danifica as fibras das mesmas. Para esse problema, foi introduzida no sistema uma barra horizontal, de forma que a pressão fique melhor distribuída ao longo da caixa.

Todas essas mudanças, apesar de pequenas ajudam a reduzir o problema no Centro de distribuição no caso da garrafa de 2 litros.

3.2.5 – Fase Control

A primeira parte da fase “Control” desse projeto consiste em realizar um plano de execução das implementações para que de fato ela ocorra. Nas próximas semanas que antecedem o fim de ano, serão realizadas reuniões com o time, para garantir continuidade do projeto no próximo ano. Uma vez que serão definidos como ocorrerá essas implementações, não será possível incluir essa parte no relatório.

Uma vez implementado, é necessário o acompanhamento da equipe de Qualidade para verificar se de fato as mudanças surtiram efeito, dessa forma, foi acordada que a partir do próximo ano, será realizado um acompanhamento mensal dos números de caixas perdidas no CD e reclamações de consumidores, todos relacionados a ambos os tamanhos de Água Sanitária.

Por fim, serão realizados quando necessário, treinamentos no Centro de Distribuição e no Terceiro quanto a Paletização dos produtos, para tentar minimizar qualquer eventual problema relacionado ao mesmo.

Uma vez que não foi possível implementar todas as mudanças até o presente momento em que esse relatório foi realizado, os resultados só serão observados no próximo ano.

4- Conclusão do projeto

Apesar de não implementadas as melhorias, é possível dizer que até o presente momento, todas as etapas da metodologia DMAIC foram seguidas e que o projeto se desenvolveu conforme o esperado. Como balanço, foi possível dizer que a parte mais complexa foi realizada com sucesso, uma vez que encontrou-se a principal causa para o problema da garrafa de 2 litros, faltando a implementação das soluções, que também foram levantadas.

No caso do problema existente de contaminação na garrafa de 1 litro, pode-se dizer que apesar do estudo não ter sido completado, houve melhorias no fornecedor, mesmo que não explícitas, uma vez que os últimos levantamentos mostraram uma redução de garrafas com defeito no fornecimento.

Como ressalva, vale dizer que a grande dificuldade da execução do projeto nas garrafas de 1 litro, foi o fato de se tratar de um fornecedor que apesar de colaborar em muitos momentos, ofereceu certa resistência para contribuir de forma geral para que a metodologia “Seis Sigma” fosse aplicado em suas instalações. Tal fato se intensificou quando foi levantada como uma das possíveis razões da impureza o fato de contaminação proveniente da linha, questionando assim as práticas de higiene da empresa, além de se cogitar a utilização de reciclado em excesso nas garrafas, o que causou desconforto por parte dos mesmos. De qualquer forma, o balanço foi positivo, e como foi dito antes, uma equipe foi criada para verificar problemas na linha, e reduzir o número de não conformidades. Apesar de não ter acesso a essas informações, foi possível dizer que houve melhorias de uma forma geral.

No caso das garrafas de 2 litros, o estudo finalizou com a descoberta do principal razão dos problemas de vazamento, que está diretamente relacionado com a estrutura da garrafa na região do gargalo. O ponto pendente foi a implementação da solução, que ficou a cargo da equipe de desenvolvimento de embalagens em conjunto com o fornecedor das garrafas. Infelizmente, devido ao grande porte da empresa, o projeto de desenvolvimento desse novo gargalo não foi considerado prioridade no momento, e o protótipo não ficou pronto até o fim do relatório, no entanto, será desenvolvido um plano de controle para esse projeto junto com o time, de forma que

ele seja implementado o quanto antes. Como estimativa para o problema de compressão da garrafa de 2 litros, espera-se que a nova garrafa suporte uma compressão máxima similar a garrafa com a tampa antiga (sem a presença do “fio de luz”). Tal fato junto com as melhorias realizada no terceiro, e treinamentos para garantir a paletização correta, com certeza trarão resultados positivos para empresa.

A possibilidade de realizar esse projeto propiciou um grande aprendizado na área de qualidade, onde todas as ferramentas cabíveis foram utilizadas. Infelizmente os resultados não serão reportados neste momento, no entanto, uma vez implementados, a melhoria almejada é significativa.

5-Bibliografia

R.D. Snee & R.W. Hoerl. **Leading Six Sigma: A Step-by-Step Guide Based on Experience With GE and Other Six Sigma Companies**. Prentice Hall, 2003.

J.M. Juran e A.B. Godfrey, **Juran's Quality Handbook**, 5a. edição, McGraw-Hill, 1999.

BAYLE, P., FARRINGTON, M., SHARP B, HILD C., SANDERS D. **Illustration Of Six Sigma Assistance On A Design Project. Quality Engineering**, V.13 N.3, p.341-348, 2001.

Manuais da QS 9000. **Análise de Modo e Efeitos de Falha Potencial (FMEA): Manual de Referência**. 1997.

CLAUSING, D. (1994). **Better decisions. In:Total quality development: a step-by-step guide to worldclass concurrent engineering**. 2.ed., Nova Iorque, The American Society of Mechanical Engineers. Cap. 3, p.60-73.

CLAUSING, D. (1994). **The design. In:Total quality development : a setp-by-step guide to worldclass concurrent engineering**. 2. ed., Nova Iorque, The American Society of Mechanical Engineerss. Cap. 5, p. 175-273.

COSTICH-SICKER, THERESE, 2002, **The Black Belt Memory Jogger – A desktop guide for Six Sigma success**, Editora EPSE.

BRASSARD, MICHAEL, 2000, **The Problem Solving Memory Jogger**, Editora Epse.

MARTINEZ, DANIEL, 2008, **Six Sigma Green Belt**, SEMAQ CG.

WILLIAM HARRIS. **"HowStuffWorks - Como funciona o Six Sigma"**. Publicado em 12 de fevereiro de 2008 (atualizado em 11 de julho de 2008) <http://empresasefinancas.hsw.uol.com.br/six-sigma6.htm> (25 de novembro de 2008)