



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ  
FACULDADE DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO, ATUÁRIA, CONTABILIDADE  
E SECRETARIADO EXECUTIVO (FEAACS)  
DEPARTAMENTO DE ADMINISTRAÇÃO  
CURSO DE ADMINISTRAÇÃO**

**ALISSON CONCEIÇÃO DE OLIVEIRA**

**UTILIZAÇÃO DA METODOLOGIA SEIS SIGMA NA REDUÇÃO DAS PERDAS  
DE EMBALAGENS PET EM UMA INDÚSTRIA DE BEBIDAS: UM ESTUDO DE  
CASO**

**FORTALEZA  
2016**

**ALISSON CONCEIÇÃO DE OLIVEIRA**

**UTILIZAÇÃO DA METODOLOGIA SEIS SIGMA NA REDUÇÃO DAS PERDAS  
DE EMBALAGENS PET EM UMA INDÚSTRIA DE BEBIDAS: UM ESTUDO DE  
CASO**

**Monografia apresentada ao Curso de  
Administração do Departamento de  
Administração da Universidade Federal do  
Ceará, como requisito parcial para obtenção  
do título de Bacharel em Administração.  
Orientadora: Profa. Dra. Mônica Cavalcanti  
Sá de Abreu**

**FORTALEZA  
2016**

ALISSON CONCEIÇÃO DE OLIVEIRA

UTILIZAÇÃO DA METODOLOGIA SEIS SIGMA NA REDUÇÃO DAS PERDAS DE  
EMBALAGENS PET EM UMA INDÚSTRIA DE BEBIDAS: UM ESTUDO DE CASO

Monografia apresentada ao Curso de  
Administração do Departamento de  
Administração da Universidade Federal do  
Ceará, como requisito parcial para obtenção do  
título de Bacharel em Administração.  
Orientadora: Profa. Dra. Mônica Cavalcanti Sá  
de Abreu

Aprovada em: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_\_.

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dra. Mônica Cavalcanti Sá de Abreu (Orientadora)  
Universidade Federal do Ceará - UFC

---

Prof. Dr. Cláudio Bezerra Leopoldino  
Universidade Federal do Ceará - UFC

---

Prof. MSc. Ana Rita Pinheiro de Freitas  
Faculdade CDL

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por me conceder a oportunidade de vida, renovo e salvação. Por caminhar ao meu lado, me suportando com bênçãos, motivação, ensino, maturidade e por me presentear com irmãos, que em momentos cruciais, compartilharam um pouco mais do Seu amor. Sem ELE este sonho não seria realizado.

Ao meu querido e amado pai, José Nicolas de Oliveira, presente, batalhador, sincero e extremamente inteligente. Nunca irei me esquecer das manhãs juntos nos treinos do Ceará S.C. e no caminho do trabalho, pois quando todos os fatores nos motivavam a desistir, você sempre confiou nas minhas habilidades e capacidades.

À minha mãe, Maria Terezinha Conceição de Oliveira, mulher de confiança, respeito, integridade e de uma dedicação incessante à nossa família. Sou extremamente grato pela segurança e presteza que empenha para nossa casa. Tenho certeza que “muitas mulheres são exemplares, mas você à todas supera”.

Às minhas irmãs, Ana Nicolle e Ana Keilla, que sempre me acompanharem e partilharem diversas ocasiões de alegria, cuidado e aprendizado. Tenho certeza que nesta vida, nosso legado será grandioso.

À prof. Mônica Abreu, primeiramente por acreditar e confiar no meu trabalho, bem como por contribuir com uma enorme bagagem técnica e teórica, durante os meus dias de academia.

À atual liderança da unidade da Coca Cola Solar de Maracanaú, regida por Rafael Vaz e seus coordenadores diretos, por contribuírem para meu desenvolvimento pessoal, intelectual e profissional.

Aos amigos da faculdade, futuros CEO's e eternos gestores da Kucmanski SA: Allan Torres, Patrick Vilela e Hellan Geovani pelo apoio, conhecimento, parceria, brilhantismo e maestria. Aos meus irmãos em Cristo e facilitadores do nosso grupo de relacionamento, da IBC Fortaleza: Diesson Costa, Vinícius Nunes e Jean Carlos. Aos meus parceiros de ensino médio, Wendel Oliveira e Carlos Carvalho, pelo suporte, pelos conselhos e acima de tudo, por sonharem grande.

Enfim, a todos os que de alguma maneira contribuíram para o desenvolvimento desse trabalho, seja pelas palavras de motivação ou informações.

A todos vocês o meu muito obrigado!

“Na adversidade, uns desistem, enquanto outros batem recordes.” (Ayrton Senna)

## **RESUMO**

Este trabalho tem como objetivo relatar um estudo de caso sobre a utilização da metodologia Seis Sigma na redução das perdas de embalagens PET em linha de produção de uma indústria de bebidas. O tema redução de perdas está diretamente ligado à redução de custo, sendo esta relação uma das principais estratégias adotadas pelas empresas para garantirem vantagem competitiva, frente aos concorrentes e frente à cenários de crise. O DMAIC (acrônimo para os termos Define, Measure, Analyse, Improve e Control) é um conjunto de práticas do Seis Sigmas e tem como objetivo reduzir a variabilidade de processos, proporcionando sustento no direcionamento de esforços ligados à execução das estratégias da organização, formação de lideranças e redução de custos. Usando esta metodologia, foi possível analisar e mensurar detalhadamente o processo, identificar causas não conhecidas, propor soluções, desenvolver controles, reduzir perdas e aumentar a produtividade.

Palavras – chave: Seis Sigma, PET, Linha Blocada e DMAIC.

## **ABSTRACT**

This study aims to report a case study on using the DMAIC methodology to reduce loss of PET packaging production line of beverage industry. The theme of loss reduction is directly linked to the reduction of cost, and this relationship one of the main strategies adopted by companies to ensure competitive advantage against competitors and against the crisis scenarios. The DMAIC (acronym for the terms Define, Measure, Analyse, Improve and Control) is a set of Six Sigma practices and aims to reduce process variability, providing support in directing efforts relating to the implementation of organizational strategies, training leadership and cost reduction. Using this methodology, it was possible to analyze and measure in detail the process, identify no known causes, propose solutions, develop controls, reduce losses and increase productivity.

Key - words : Six Sigma, PET, Blokada Line and DMAIC.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 01.</b> A trilogia Juran.....	21
<b>Figura 02.</b> Evolução da abordagem de gestão da qualidade.....	22
<b>Figura 03.</b> Características de uma variável normal.....	25
<b>Figura 04.</b> Método seis sigmas para melhorias .....	26
<b>Figura 05.</b> Sistemática do modelo DMAIC .....	27
<b>Figura 06.</b> Exemplo de lista de verificação .....	29
<b>Figura 07.</b> Exemplo de um fluxograma de processo .....	30
<b>Figura 08.</b> Exemplo de histograma de frequência .....	31
<b>Figura 09.</b> Exemplo de gráfico de pareto .....	31
<b>Figura 10.</b> Exemplo de diagrama de causa e efeito.....	32
<b>Figura 11.</b> Exemplo de carta de controle XBar-R.....	32
<b>Figura 12.</b> Exemplo de gráfico de dispersão .....	33
<b>Figura 13.</b> Exemplo de gráfico de Bloxplot .....	33
<b>Figura 14.</b> Fluxograma do processo de pet (Linha Blocada) .....	44
<b>Figura 15.</b> Perda de pet do ano de 2015.....	45
<b>Figura 16.</b> Comparativo perda de pet 2015 - unidades solar .....	46
<b>Figura 17.</b> Contrato de projeto.....	48
<b>Figura 18.</b> Gráfico de controle perda de pet 2015 .....	49
<b>Figura 19.</b> Gráfico de controle perda de pet (mensal) .....	50
<b>Figura 20.</b> Arvore de perdas – perda de pet .....	51
<b>Figura 21.</b> Gráfico de pareto por linha.....	52
<b>Figura 22.</b> Gráfico de pareto por embalagem .....	52
<b>Figura 23.</b> Gráfico de pareto por SKU.....	53
<b>Figura 24.</b> Análise de causa raiz.....	54
<b>Figura 25.</b> Estratificação de perdas – Linha 162.....	55
<b>Figura 26.</b> Gráfico de Waterfall – estratificação perda de pet .....	55
<b>Figura 27.</b> Pareto motivos ejetada antes da roda de sopro .....	57
<b>Figura 28.</b> Plano de ação .....	58
<b>Figura 29.</b> Resultados da perda de pet .....	59
<b>Figura 30.</b> Blox plot do processo antes e depois.....	59

<b>Figura 31.</b> Carta de controle perda de pet 2015.....	60
<b>Figura 32.</b> Plano de manutenção .....	60
<b>Figura 33.</b> DashBoard de controle de perda de pet.....	61

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 01.</b> Significado da escala Sigma.....	24
<b>Tabela 02.</b> Prazos de elaboração do projeto .....	36
<b>Tabela 03.</b> Descrição das macro causas do processo.....	46
<b>Tabela 04.</b> Ganhos estimados .....	47
<b>Tabela 05.</b> SIPOC.....	47
<b>Tabela 05.</b> Comparativo dos cenários após o projeto .....	60

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CPV	Custo dos produtos vendidos
CTQ	Critical To Quality
DFSS	Design for Six Sigma
DMAIC	Define, Measure, Analyse, Improve e Control
DPMO	Defeito por Milhão de Oportunidades
EV	Eletroválvula
FIFO	First In, First Out (Primeiro a entrar, primeiro a sair)
IHM	Interface Homem-Máquina
PCM	Planejamento e Controle de Manutenção
PCP	Planejamento e Controle de Produção
PDCA	Plan, Do, Check e Act
PET	Polietileno Tereftalat
S&OP	Sales and Operations Planning (Vendas e Planejamento das Operações)
SGI	Sistema de Gestão Integrado
SIPOC	Suppliers (Fornecedores), Inputs (Entradas), Process (Processo), Outputs (Saídas) e Customers (Clientes)
SKU	Stock Keeping Unit (Unidade de Manutenção de Estoque)
USD	United States Dollar (dólar dos Estados Unidos)

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	13
<b>1.1 Objetivos</b> .....	17
<b>1.1.1 Objetivo Geral</b> .....	17
<b>1.1.2 Objetivos Específicos</b> .....	17
<b>1.2 Justificativa</b> .....	18
<b>1.3 Escopo do Trabalho</b> .....	18
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	20
<b>2.1 Gestão da Qualidade Total</b> .....	20
<b>2.2 A Metodologia Seis Sigma</b> .....	24
<b>2.3 Ferramentas da Qualidade</b> .....	29
<b>3 METODOLOGIA</b> .....	35
<b>4 APRESENTAÇÃO DO ESTUDO DE CASO</b> .....	38
<b>4.1 Características da Empresa</b> .....	38
<b>4.2 Descrição do Processo</b> .....	41
<b>4.3 Aplicação do Método DMAIC</b> .....	45
<b>4.3.1 Etapa Definir (<i>Define</i>)</b> .....	45
<b>4.3.2 Etapa Medir (<i>Measure</i>)</b> .....	49
<b>4.3.3 Etapa Analisar (<i>Analyse</i>)</b> .....	54
<b>4.3.4 Etapa Melhorar (<i>Improve</i>)</b> .....	58
<b>4.3.5 Etapa Controlar (<i>Control</i>)</b> .....	59
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	63
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	65
<b>ANEXO A – CARTA DE AUTORIZAÇÃO DE UTILIZAÇÃO DE DADOS</b> .....	62

## 1 INTRODUÇÃO

O cenário industrial está mais competitivo e inovador. Com o crescimento da demanda flexível de consumo, somando-se à alta necessidade performance sustentável e rentável na manufatura, as indústrias de bebidas incorporaram, nos últimos anos, inúmeras mudanças nos conceitos de fabricação.

Impulsionadas pelo crescimento de 32,8% do mercado de refrigerantes no Brasil em 1995, advindo do aumento de renda proporcionado à população com a efetivação do Plano Real, as indústrias de bebidas absorveram novas especificidades tecnológicas e aplicações metodológicas globais, que efetivaram melhor direcionamento e diferenciação frente ao mercado, assim como baixo custo de produção, gerando melhor atendimento à demanda aflorada de bens de consumo supérfluos (refrigerantes, cerveja, chocolates, sorvetes, iogurtes, etc.) que surgira naquele período. (ABIR, 2016)

Dentre estas mudanças, está o substancial aumento do consumo de refrigerantes em embalagens no formato PET (Polietileno Tereftalato). (ABIPET, 2016). Esta mudança, pode ser caracterizada pela substituição nas circunstâncias da percepção do mercado, onde tanto os produtores (fabricantes e importadores) e consumidores, convenientemente acataram da mudança para tal embalagem, mesmo o mercado vindo a ser mais avaliativo.

No tocante à mudança nas circunstâncias dos consumidores, pode-se destacar alguns fatores que propiciaram tal crescimento, sendo eles: demografia brasileira jovem e em expansão, gerando uma alta propensão de fonte individual de consumo, além de consumo médio per capita, onde com a efetivação do Plano Real, em junho de 1994, aliado a redução da inflação, houve um aumento no consumo de litros de refrigerante/habitante/ano, saindo de 6,4 l/hab/ano do ano de 1994 para 9,2 l/hab/ano em 1996. (ABIR, 2016).

O consumo de refrigerantes no Brasil é de 11,9 bilhões de litros, situando-se em 2002, em terceiro lugar no ranking mundial em venda de refrigerantes, atrás dos EUA (em torno de 57 bilhões de litros) e do México (12,7 bilhões de litros). (ABIR, 2016).

Para os produtores, a mudança para o uso de embalagens descartáveis, em detrimento à utilização de embalagens retornáveis, foi pautada em considerações observadas em segurança, conveniência de demanda, redução de peso, vantagens logísticas e outros fatores favoráveis característicos do PET. (ABIPET, 2016).

Para vantagens logísticas, é importante ressaltar que a mudança para PET, possibilitou um aumento substancial de capacidade logística, sem intervenção direta em ativos (caminhões), onde anteriormente, por exemplo, num caminhão de transporte de refrigerantes, tinha-se aproximadamente a distribuição do peso em: 53% de líquido e 47% de embalagem de vidro. Com a utilização de PET, essa relação mudou para 93% e 7% respectivamente. (GUA, 2005).

Além disto, outro ganho propiciado pela utilização de embalagens PET, em detrimento às embalagens de vidro e lata, foi a de economia em logística reversa. Para os fabricantes, não havia mais a necessidade de se investir em transportes de retorno das garrafas vazias, assim como altos investimentos em galpões de estocagem e também em despesas administrativas para controle dos ativos. Para as linhas de produção, era necessário menor investimento, pois equipamentos de inspeção de garrafas retornáveis, já não seriam imprescindíveis para a fabricação. (GUA, 2005)

Segundo pesquisa anual da Evolução das Garrafas PET no Mercado Brasileiro de Refrigerantes pela Alcoa Alumínio SA (ALCOA, 2003), houve um crescimento notável do uso do PET no mercado de refrigerantes, dos atuais 10% de participação em 1991 para um total de 80% em 2005.

Frente ao cenário de crescimento de consumo e facilidades na aquisição e produção de embalagens PET, ocorreu o crescimento de pequenos produtores (fabricantes regionais) de refrigerantes, atraídos pelas facilidades e oportunidades anteriormente comentadas. Estes produtores concorrem em preço e em atendimento à demanda local. Suas vendas estão concentradas em locais próximos as suas fabricas, através do uso de entrega direta, tendo em vista que a alocação dos seus produtos em pontos de vendas de maiores circulações, como restaurantes e bares por exemplo, exigiria uma complexa rede de distribuição.

Segundo a ABIR (2016), em 2003 a Cola-Cola obteve 50% do total de participação de mercado, a Ambev 16,6%, e os demais fabricantes somaram 33,4%, evidenciando o crescimento e agressividade das pequenas e médias empresas do setor. O percentual participativo das demais fabricantes comprova também que fidelidade a marca não é um fator determinante para compra.

Diante da mudança de comportamento do consumidor, as grandes companhias intensificaram seu marketing e suas estratégias de operações, visando alcançar diferentes categorias de consumidores, de modo a abranger o mercado em sua totalidade e promover performances de excelência, tornando-se líderes no segmento.

Conforme Kotler (2009), a Coca-Cola procura disponibilizar seus produtos facilmente ao alcance de todos, utilizando o marketing de massa, por meio do qual a empresa oferece um produto e até mesmo serviço de forma padronizada a todo mercado.

Para execução de um serviço padronizado, é necessário excelência em entrega e boa performance em fabricação. Ohno (1998, apud STEFANELLI, 2010) relata que obter melhorias na eficiência e boa performance nos processos industriais, significa reduzir custos. Afirma ainda, que a verdadeira melhoria na eficiência se tem quando zero defeito é produzido.

Anteriormente, as margens de lucro das companhias eram obtidas partir do aumento dos preços, onde se repassava o efeito de custos elevados da operação. Atualmente, a margem de lucro deve ser obtida por meio da redução de custos. (STEFANELLI, 2010).

No Brasil, aproximadamente 20% do CPV (custo do produto vendido) correspondem aos custos fixos e à depreciação de ativos industriais. Os 80% restantes são decorrentes de custos variáveis, cujos principais componentes estão descritos, conforme relevância: 25% do custo variável é açúcar, 25% resina PET, 15% alumínio e 8% mão de obra, o restante é diluído em diversos outros componentes da fabricação. Além de que, entre 35% e 40% destes custos é exposto ao dólar americano (USD), principalmente pelo fato dos preços das commodities serem negociados na moeda norte-americana. (Ambev, 2016)

No mercado atual a alta concorrência não está baseada no aumento da rentabilidade e da margem através de repasses em preços, pois esta pratica não garante retornos sustentáveis, assim como afastam os clientes pela alta variabilidade de ajustes de preços. Frente ao cenário de alta concorrência baseado no efeito de produtividade, é nítido a necessidade das organizações em buscarem abordagens metodológicas de melhoria para alcançarem melhores resultados, seja em redução de custos e em qualidade do processo, produto ou serviço.

Para auxiliar a empresas na busca pela padronização de processos, aumento na qualidade do produto ou do serviço, assim como melhoria da satisfação do cliente, existem diversos programas que visam estas implementações. O Seis Sigma é uma abordagem disciplinada, dirigida a projetos e com base estatística para reduzir variabilidade, remover defeitos e eliminar desperdícios de produtos, processos e serviços (MONTGOMERY e WOODALL, 2008).

A metodologia seis sigma é usual em grandes empresas, assim como oferece diversas abrangências resultantes em vantagens competitivas, sejam elas nas esferas econômicas, motivacionais, qualitativas ou de confiabilidade.

Pande (2001) descreve que a metodologia Seis Sigma pode ser definida como um sistema flexível para a liderança e o desempenho dos negócios organizacionais, possibilitando o alcance de benefícios sustentáveis após a sua implementação.

A metodologia Seis Sigma está dividida em dois métodos de práticas compostas por etapas específicas de implementação, sendo elas: DFSS e DMAIC. A metodologia DFSS (*Design For Six Sigma*) conceitualmente, é utilizado para manter a qualidade na implementação de novos processos, e a metodologia DMAIC (acrônimo das palavras *Define, Measure, Analyse, Improve e Control*), é utilizado para processos já existentes. (ECKES, 2001)

O método DMAIC, está centrado na identificação dos problemas para a seleção de projetos a serem executados, na coleta de informações e dados que levem a conhecer o desempenho do processo, na análise das informações levantadas para conhecer as causas dos problemas, na formulação de ações de melhoria e no controle e manutenção das melhorias. Além de que, estabelece ênfase no resultado financeiro obtido. (ROTONDARO, 2002).

É com base nesta afirmativa que foi realizado o estudo de caso.

O problema a ser tratado é baseado no alto índice de perda de embalagens PET numa linha de produção da Solar Coca Cola, filial Maracanaú. A aplicação da metodologia seis sigma (e do modelo DMAIC) tem o objetivo de reduzir o índice de perda, diminuir a variabilidade de processo, reduzir custos e fomentar lideranças.

Este estudo de caso teve como motivação, portanto, a seguinte pergunta: como reduzir as perdas de embalagens PET, Pré-Forma ou Garrafas, na Linha de Produção, utilizando os recursos atuais de maquinários e mão de obra, com soluções sustentáveis, reduzindo a variabilidade de processos, sem prejudicar o sistema produtivo?

O trabalho discorre, portanto, sobre a utilização da metodologia seis sigma para redução das perdas de embalagens PET. Para tanto, está estruturado em cinco seções a partir desta introdução. A seção dois aborda o referencial teórico do trabalho contemplando sobre Gestão da Qualidade, Metodologia Seis Sigma e as Ferramentas da Qualidade. A seção três apresenta a metodologia utilizada na pesquisa através de um estudo de caso único na empresa Coca Cola Solar. A seção quatro contempla o desenvolver do estudo de caso, propriamente executado. Por fim, a seção cinco apresenta as considerações finais sobre o referido estudo de caso.

## **1.1 Objetivos**

Este trabalho tem seus objetivos direcionados e desdobrados, conforme se apresenta a seguir.

### **1.1.1 Objetivo Geral**

Demonstrar e descrever sobre a implementação de um projeto Seis Sigma na empresa Coca Cola Solar, com abertura sistemática das etapas do DMAIC, na redução das perdas de embalagem PET, numa linha de envase de refrigerantes, da unidade de Maracanaú/CE.

### **1.1.2 Objetivos Específicos**

Os objetivos específicos foram definidos conforme se observa a seguir:

- Descrever o uso da metodologia Seis Sigma e aplicação de um projeto DMAIC numa indústria de bebidas;
- Analisar e mensurar as perdas e seus impactos no negócio;
- Identificar as causas fundamentais e elencar as oportunidades de melhoria do processo de envase, com a aplicação da metodologia;
- Apontar uma sequência de passos para obtenção de melhorias no processo de envase numa linha de produção de PET;
- Avaliar os ganhos com a implementação da ferramenta DMAIC no processo de envase.

## **1.2 Justificativa**

A empresa em estudo apresenta governança e diretrizes já desenvolvidas quanto à utilização de ferramentas de análise no gerenciamento fabril. Este fato não só favoreceu a implementação das etapas do DMAIC, como também possibilitou o fortalecimento da cultura de Excelência Operacional, um dos pilares da área de manufatura da companhia.

O fator precursor da inicialização do estudo foi à baixa performance no rendimento de embalagens PET numa linha de envase de refrigerantes, bem como, somando-se à este cenário, a alta variação do dólar, atual moeda de cambio na compra da resina (matéria-prima do PET), durante os primeiros meses do ano de 2015.

O projeto apresenta sua importância ao explicar a metodologia Seis Sigma para melhoria de performance e rendimento, sem os grandes investimentos previsto pela companhia. Será mostrado, de acordo com a implementação das etapas do projeto e aplicabilidade das ferramentas analíticas, a eficácia na identificação de causas e resolução das mesmas.

Vale ressaltar, que além de proporcionar melhorias em performance e redução de custos, obtiveram-se excelentes resultados na capacitação no corpo técnico (operadores e auxiliares) e tático (supervisores e coordenadores), bem como houve a criação de planos de manutenção, idealização de novos controles de acompanhamento, redução na quantidade de resíduos gerados ao meio ambiente, melhora nos indicadores de produção e aumento da produtividade.

A empresa fora escolhida como objeto compilado do estudo devido à facilidade na acessibilidade e coleta dos dados do projeto, como na compreensão do problema da pesquisa.

## **1.3 Escopo do Trabalho**

O trabalho apresenta-se estruturado e organizado conforme a ordem mostrada segundo os parágrafos a seguir.

O capítulo um relata uma breve introdução do trabalho, apresentando seus objetivos gerais e específicos, justificativa e escopo.

O capítulo dois descreve o referencial teórico utilizado na composição e direcionamento do presente trabalho. Nele ocorre a fundamentação e a abertura dos principais métodos teóricos que estruturam a monografia, como Gestão da Qualidade, a metodologia Seis Sigma, evidenciando as ferramentas utilizadas em cada etapa do modelo DMAIC e detalhando sumariamente as principais ferramentas do sistema de gestão da qualidade.

O terceiro capítulo retrata a abordagem metodológica presente neste trabalho. Primeiramente, o capítulo apresenta a definição da natureza, da abordagem, do caráter e do procedimento técnico utilizado na construção da monografia em questão. Estas definições direcionam a linha de estudo, assim como caracterizam o modo de pesquisa, quais os objetivos, processos e meios utilizados para consolidação do mesmo. Posteriormente é apresentado o escopo do plano de trabalho e detalhamento da formação da equipe do projeto, assim como um breve detalhamento das fases do DMAIC.

O quarto capítulo relata o estudo de caso, propriamente dito. Sendo apresentado inicialmente um breve panorama do sistema Coca Cola Brasil e da Solar, bem como sua formação gerencial, sua abrangência comercial e territorial e um breve resumo das suas operações.

Ainda no quarto capítulo, apresenta-se o desenvolvimento do estudo de caso, onde há a estruturação de todas as etapas do DMAIC, assim como, a discussão sobre os dados coletados, de acordo com a abertura das ferramentas de cada fase e sua consequente obtenção de resultados. A partir disto, o quarto capítulo relata também sobre a perenização dos ganhos e das mudanças com a realização do projeto, nas diferentes áreas de atuação, abordando assim a aplicação do modelo exposto no segundo capítulo.

O quinto capítulo, relata as considerações finais do trabalho em estudo, abordando os ganhos com a aplicabilidade da metodologia na organização, assim como reflete resumidamente os resultados diretos e indiretos da operação obtidos após as intervenções implementadas (plano de ação). Ao final do trabalho, apresenta-se as referências do estudo realizado, constando a listagem de publicações citadas ao longo da elaboração do trabalho.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Gestão da Qualidade Total

Ao final do século XIX, o controle da qualidade pelo operador, demarcou a primeira fase do desenvolvimento da área da qualidade dentro das atividades industriais. Feigenbaum (1994) descreve que nesta fase um trabalhador ou um grupo de trabalhadores, são responsáveis diretos pela fabricação de um produto em sua totalidade, tornando-se possível, a cada trabalhador, controlar totalmente a qualidade do seu trabalho pessoal.

Advindo dos avanços dos conceitos de parques fabris, o início do século XX esteve marcado pelo avanço para a caracterização do controle de qualidade pelo superior (FEIGENBAUM, 1994). Nas fábricas, diversos trabalhadores que desempenhavam atividades similares foram agrupados e conduzidos por um supervisor onde, por sua vez, responsabilizava-se pela qualidade referente ao trabalho da equipe.

Araújo (2011) descreve que a contribuição dos eventos históricos, mas propriamente citado a segunda guerra mundial, fortaleceram a evolução do surgimento da qualidade total. Ao final dos anos 50, houve uma elevada expansão dos modelos de gestão dos EUA sobre as corporações de todo o mundo, pois as grandes potências industriais (França, Inglaterra, Japão e Alemanha) encontravam-se com seus parques industriais totalmente destruídos. (RODRIGUES, 2006).

Carvalho e Paladini (2005), ressaltam o crescimento na evolução dos conceitos de gestão da qualidade, ainda na década de 50, pela participação primordial dos denominados gurus da qualidade, como Walter A. Shewhart, Joseph M. Juran, W. Edwards Deming, Armand V. Feigenbaum, Philip B. Crosby e Kaoru Ishikawa.

A escassez de bens industriais e a alta procura destes no mercado, assim como motivados por fatores político-sociais, impulsionaram os Estados Unidos a promover a revitalização econômica no Japão, de forma a entregar o país na economia externa. Dentre os profissionais que participaram das orientações técnicas para a recuperação do Japão estavam W. Edwards Deming e Joseph M. Juran. (RODRIGUES, 2006).

No movimento de reconstrução do Japão, surge a gestão da qualidade total (TQM). A TQM envolve toda a organização com o objetivo de implementar melhorias na qualidade orientadas para o atendimento ao cliente. (RODRIGUES, 2006).

Também no período de reconstrução japonês, houve o surgimento do sistema de manufatura enxuta, também denominado sistema Toyota de produção, especificamente na montadora Toyota. Segundo Womack et al. (1992), Eiji Toyoda e Taiichi Ohno constataram que a produção em larga escala (em massa) não sobreviveria no Japão e, então, desenvolveram uma nova abordagem metodológica para a produção, na qual tinha como alvo principal a eliminação de desperdícios.

Juran (1991) defende que a gestão da qualidade pode ser dividida em três pontos fundamentais: planejamento, melhoria e o controle de qualidade. A figura 01 detalha as etapas de desenvolvimento de cada ponto:

Figura 01: A trilogia de Juran.

<b>Melhoria da Qualidade</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Reconheça as necessidades de melhoria.</li> <li>2. Transforme as oportunidades de melhoria numa tarefa de todos os colaboradores.</li> <li>3. Crie um conselho de qualidade, selecione projetos de melhoria e as equipes de projeto e de facilitadores.</li> <li>4. Promova a formação em qualidade.</li> <li>5. Avalie a progressão dos projetos.</li> <li>6. Dê prêmios as equipes vencedoras.</li> <li>7. Faça publicidade dos seus resultados.</li> <li>8. Reveja os sistemas de recompensa para aumentar o nível de melhorias.</li> <li>9. Inclua os objetivos de melhoria nos planos de negócio da empresa.</li> </ol>
<b>Planejamento da Qualidade</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Identifique os consumidores.</li> <li>2. Determine as suas necessidades.</li> <li>3. Crie características de produto que satisfaçam essas necessidades.</li> <li>4. Crie os processos capazes de satisfazer essas características.</li> <li>5. Transfira a liderança desses processos para o nível operacional.</li> </ol>
<b>Controle da Qualidade</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Avalie o nível de desempenho atual.</li> <li>2. Compare-o com os objetivos fixados.</li> <li>3. Tome medidas para reduzir a diferença entre o desempenho atual e o previsto.</li> </ol>

Fonte: E. R. Davis, *Total Quality Management for Home Care*, Aspen Publishers, Gaithersburg, Mary-land, 1994.

Para Junior e Bonelli (2006), a gestão da Qualidade é formada por conjuntos de ações tomadas a fim de se obterem características do produto ou serviço com capacidade de satisfazer plenamente as necessidades e expectativas do cliente/consumidor. Neste aspecto, é possível inferir que Junior e Bonelli ressaltam o termo “conjunto de ações”, como sendo um conjunto de atividades coordenadas para direcionar e controlar uma organização com relação à qualidade de seus produtos/serviços, englobando o planejamento, o controle, a garantia e a melhoria da qualidade (CARVALHO e PALADINI, 2005).

O conjunto de atividades referido por Carvalho e Paladine (2005), pode variar conforme a estruturação e nível de operação da empresa, pois à depender da complexidade operacional e nível de serviço requerido pelos clientes, é necessário adotar paralelas frentes na organização, que visem a execução das atividades relacionadas à atendimento destas expectativas, mesmo gerando um valor agregado ao custo, acima do estimado.

Para Kotler (2005), a Gestão da Qualidade Total (TQM – Total Quality Management) é uma abordagem estratégica para a organização que busca a melhoria contínua de todos os seus processos, produtos e serviços. A evolução da abordagem da gestão da qualidade aprimorou o foco estratégico em processos, na sua avaliação de conformidades (futuramente caracterizada pela criação das ISO’s) em detrimento à visão de ênfase na fabricação do produto. A figura 02 detalha esta evolução por períodos:

Figura 02: Evolução da Abordagem de Gestão da Qualidade



Fonte: INMETRO (2011).

De acordo com TOLEDO e CARPINETTI (2000), gestão da qualidade pode ser definida como um sistema ou processo de suporte aos processos de negócios, com o objetivo de melhoria de atendimento e satisfação dos clientes quanto ao produto, assim como, quanto a seus aspectos exteriores, os que tem interferência direta do gerenciamento da organização.

Neste contexto de estruturação, para MARANHÃO (1994) comenta que a implantação do Sistema de Gestão da Qualidade em uma organização representa um forte avanço de mudança cultural, onde geralmente ocorrem choques de conflitos entre áreas. Sem o firme posicionamento da alta direção das organizações, no sentido de incentivar a área de SGQ na promoção de melhorias, dificilmente acontecerá quebra de resistência na organização, como um todo.

Para MARANHÃO (1994), é fundamental a participação da alta direção na estruturação da melhoria, assim como este modelo participativo e direcionador junto ao SGQ, na qual deve-se orientar as melhorias de acordo com as diretrizes estratégicas estabelecidas na organização. Nesse aspecto, tem-se a adoção de controles e das práticas que abordam todo o desenvolver do produto ou serviço à ser prestado. Isto mostra a evolução clara da absorção do modelo de Gestão da Qualidade.

Nos dias atuais, a qualidade não é mais considerada um diferencial nos produtos e serviços, tendo em vista a ser um valor básico para as empresas se manterem no mercado competitivo.

Em meados da década de 70, pressionada pela forte entrada das empresas japonesas no mercado, a americana Motorola desenvolveu uma metodologia que tinha como objetivo aumentar a qualidade de seus produtos. McCarty (2002) afirma que, a companhia, na época, decidiu utilizar o sigma (desvio padrão) visando definir modos de mensuração para obter melhorias.

A escala sigma é utilizada para medir defeitos por milhão de oportunidades (DPMO), sendo a referência “seis sigma” equivalente a 3,4 defeitos por milhão de peças produzidas. SENAPATI (2004) destaca que o programa Seis Sigma foi adotado por várias outras empresas no período inicial da metodologia, como Texas Instruments (1988), IBM (1990), Asea Brown Boveri (1993), Allied Signal e Kodak (1994), entretanto, o auge de sua popularidade chegou com os significativos resultados reportados pela General Electric no final da década de 1990, período em que era presidida por Jack Welch. WERKEMA (2002) aponta que o Seis Sigma foi introduzido no Brasil em 1997, a partir da utilização pelo grupo Brasmotor.

## 2.2 A Metodologia Seis Sigma

De maneira a alcançar qualidade e baixo custo, a metodologia Seis Sigma tem como princípio fundamental reduzir a variabilidade de um processo produtivo (Linderman et al., 2003). MITCHELL (1992) afirma que seu propósito está em eliminar quaisquer tipos de erros e falhas ao longo do processo com ênfase na satisfação do cliente.

A Metodologia Seis Sigma compreende que para cada resultado na empresa, esta é decorrente de um processo e, para cada processo, há uma variação de desempenho. Na variação de desempenho, há uma oportunidade de centralização e precisão dos dados.

Martichenko (2005) destaca que é possível entender e reduzir a variação nos processos, a partir da implantação de ações de melhoria que centralizarão o processo e o assegurarão precisão (confiabilidade) em torno das expectativas dos clientes.

Dentro da estatística, o uso da letra grega sigma ( $\gamma$ ), está atrelado como uma medida da variabilidade intrínseca à um processo. O uso da letra na metodologia, está atrelado ao resultado obtido do processo, sendo quanto menor o valor do desvio padrão (sigma), menor variabilidade existe, ou seja, melhor será a centralização dos dados em relação aos requisitos gerados. Caso contrário, maior será a variabilidade e pouca uniformidade nos processos.

Para efeito comparativo, a Tabela 01 relaciona a taxa de erro, taxa de acerto e o nível de Defeitos por Milhão de Oportunidades (DPMO) para valores da Escala Sigma.

Tabela 01: Significado da Escala Sigma

<b>Taxa de Acerto</b>	<b>Taxa de Erro</b>	<b>Defeitos por Milhão de Oportunidades (DPMO)</b>	<b>Escala Sigma</b>
30,9%	69,1%	691.462	1,0
69,1%	30,9%	308.538	2,0
93,3%	6,7%	66.807	3,0
99,38%	0,62%	6.210	4,0
99,977%	0,023%	233	5,0
99,99966%	0,00034%	3,4	6,0

Fonte: PZYDE (2003), tradução nossa.

O nível Sigma adequado para adoção meta do processo dependerá dos requisitos dos clientes, onde não necessariamente o maior nível sigma representa maior valor agregado ao cliente.

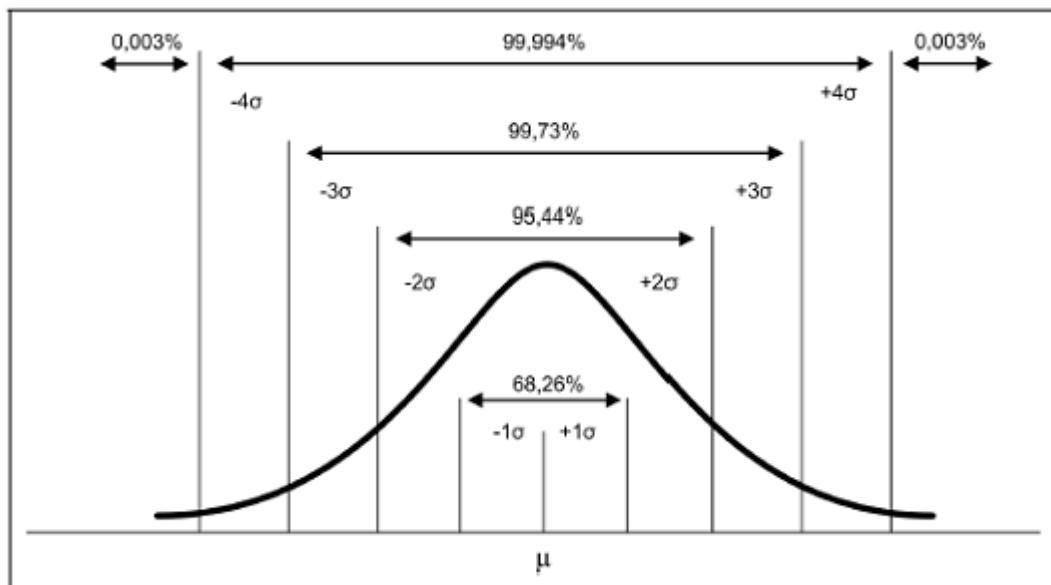
Dentro da medição de processo no seis sigma, ocorre a distinção entre os tipos de dados coletados, mais propriamente classificados como: discretos ou contínuos. Esta diferença pode ser relacionada à possibilidade de fracionamento dos mesmos. (PZYDE, 2003)

Dados discretos apresentam caráter classificatório, onde incorporam a possibilidade de atributos à um processo, como por exemplo: Sim/Não, Passa/Não Passa, Bom/Ruim, dentre outros. Dados contínuos, ou fracionáveis, possibilitam a análise da distância absoluta entre os mesmos (casas decimais). São exemplos de dados contínuos: medidas de tempo, comprimento, tempo, largura, altura, peso, pressão, temperatura, dentre outros.

Na estatística, os dados contínuos, também chamados dados fracionados, apresentam característica normal. A maioria dos fenômenos naturais ou processos criados pelo homem são distribuídos normalmente ou podem ser normalmente distribuídos. (PZYDE, 2003)

De acordo com PZYDE (2003), a curva normal pode ser classificada como totalmente descritiva pela média e pelo desvio padrão, bem como a curva apresenta certa simetria em torno da média dos dados. A figura 03 apresenta a característica de uma variável normal, dentro da análise de seis sigma, que compreende em 99,8% de probabilidade dos intervalos em torno da média/alvo.

Figura 03: Características de uma Variável Normal.



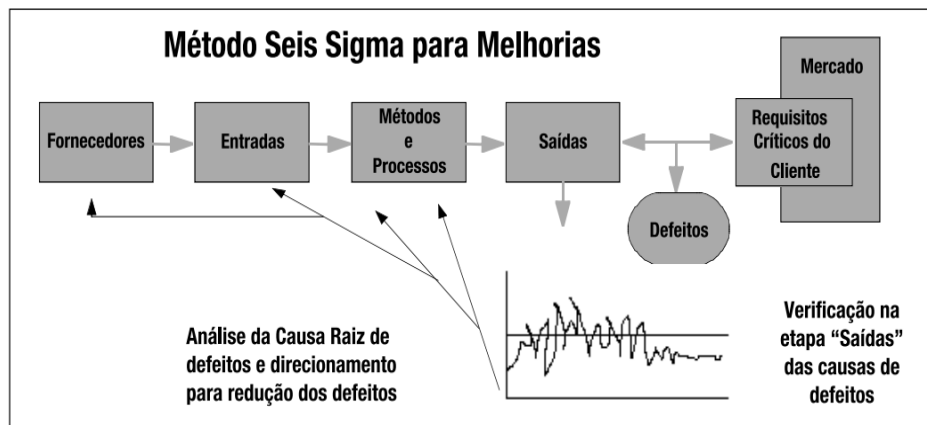
Fonte: Action (2016).

Santos & Martins (2008) complementam que a metodologia seis sigma é uma abordagem estratégica que impulsiona a melhoria do desempenho do negócio e a valorização da satisfação dos clientes, por meio de:

- Enfoque estratégico de gerenciamento, apoiando a tomada de decisão;
- Aplicação do pensamento estatístico em todos os níveis de atividades;
- Utilização de indicadores de desempenho;
- Utilização de métodos sistemáticos que integram técnicas variadas para se avaliar e otimizar processos;
- Aprendizagem decorrente da capacitação e comprometimento dos envolvidos.

A Figura 04 mostra a abordagem do seis sigma na organização, onde ocorre o envolvimento de todas as cadeias produtivas do processo da gestão estratégica de uma empresa.

Figura 04: Método Seis Sigmas para melhorias.

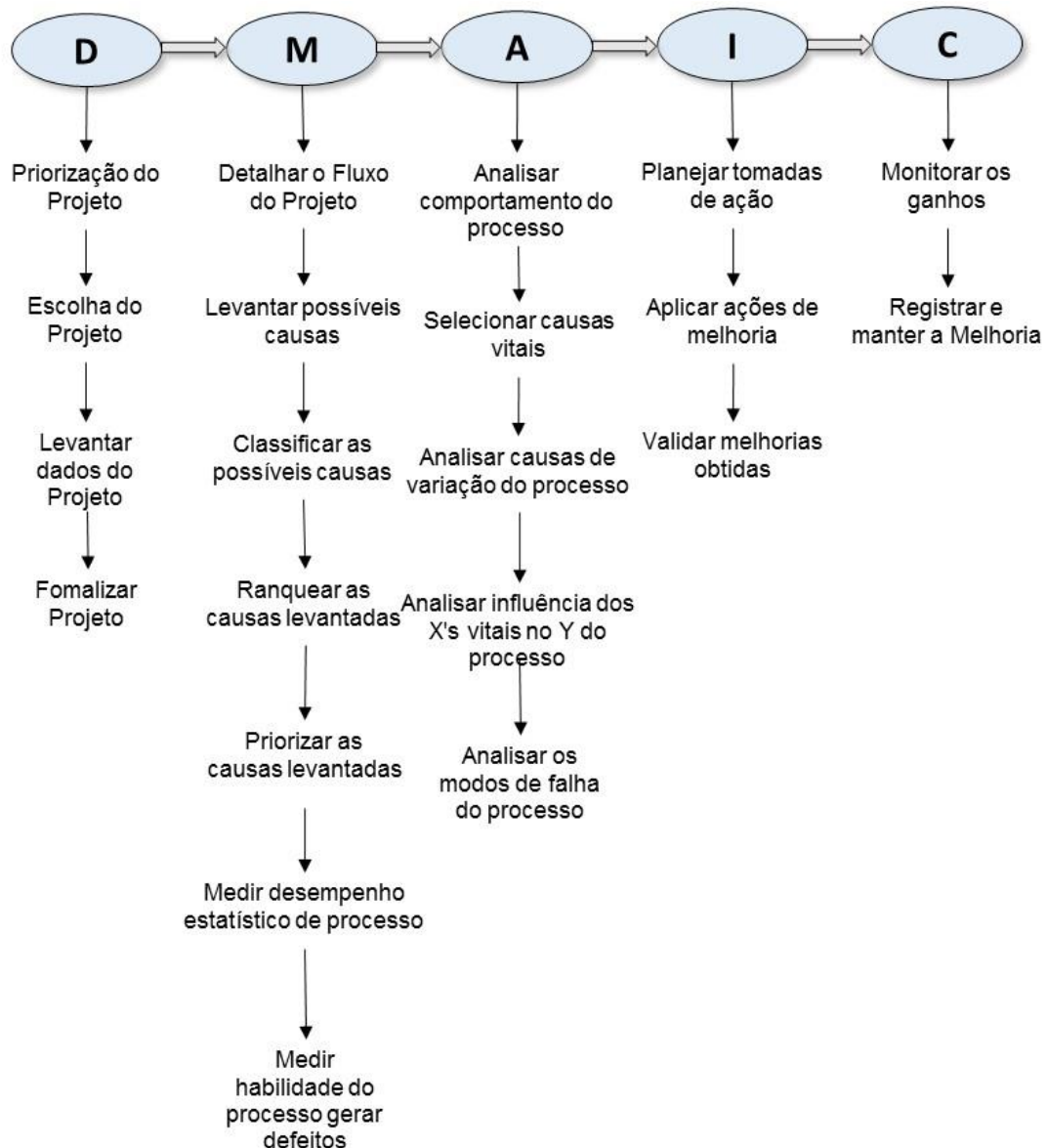


Fonte: Blakeslee Jr., 1999.

Dentro da metodologia seis sigma, há submodelos que orientam a aplicação das ferramentas com o objetivo de enxergar oportunidades de melhoria de um determinado processo ou negócio. Dentre estes modelos, destaca-se o DMAIC, acrônimo das palavras: Definir (*Define*), Medir (*Measure*), Analisar (*Analyze*), Melhorar (*Improve*), Controlar (*Control*), na qual é oriundo dos termos em inglês entre parênteses.

O DMAIC se fundamenta na Teoria de Sistemas para definir seus projetos de ação (SCHROEDER et al., 2008). A figura 05 retrata uma sistemática do modelo DMAIC, assim como a identificação das fases de cada etapa do projeto.

Figura 05: Sistemática do Modelo DMAIC.



Fonte: Treinamento Six Sigma Instituto Fa7/Solução Project (2014), tradução nossa.

Na fase definir, os objetivos do DMAIC estão voltados para a definição clara do problema, associando o mesmo há uma métrica da organização, assim configura-se para identificar os clientes impactantes e os CTQs (Caráter crítico de qualidade).

As atividades são registradas no chamado mapa de processo (ou Matriz Sipoc), onde ocorre o detalhamento dos fornecedores, das entradas, das saídas e dos clientes impactados pelo processo, como do próprio processo.

A Matriz SIPOC é uma forma de visualização mais detalhada de um fluxograma, nele é possível analisar a relação entre os diferentes processos, seus clientes e suas saídas, sendo uma forma mais completa de visualizar um fluxograma de informação.

A formalização do processo ocorre em documento padrão denominado Contrato de projeto, onde deve conter claramente o escopo e as metas do projeto, assim como as restrições da abrangência do mesmo (limitar o campo de atuação ou processo). Por fim desta fase, é feita a validação pelos patrocinadores do projeto. (WERKEMA, 2002).

Após a definição, ocorre a Medição do problema, onde embrionariamente se identifica as fontes de variação do processo, bem como analisa-se o sistema de medição. As atividades da etapa medir, devem ocorrer embasadas num plano de coleta de dados. A coleta de dados ocorre através de formulários, “check-lists”, também conhecida como folhas de verificação, ou até mesmo dados dispostos em sistemas diversos na empresa em estudo. (WERKEMA, 2002).

Segundo WERKEMA (2002), após o levantamento dos dados, deve ocorrer o levantamento das possíveis causas do processo. As causas levantadas possibilitam a medição do desempenho e seu estudo de capacidade, como também possibilitem a formação da chamada árvore de perdas, onde ocorre o desmembramento do impacto do problema em diferentes níveis.

WERKEMA (2002) complementa que na fase analisar, deve-se realizar análises gráficas e estatísticas dos dados coletados. Estas análises são fundamentais para o direcionamento dos esforços e são base para a tomada de decisão. Dentre as análises realizadas, pode-se destacar as principais como: Análise de Pareto, Blox Plot, Diagrama de Dispersão, Teste de Hipótese, Teste de Variância, Análise de Regressão e análises de capacidade (cpk e ppk).

Na fase melhorar ocorre a execução das ações de melhoria listadas (Plano de Ação), sendo validadas posteriormente por análises estatísticas, onde se realiza um novo estudo de capacidade de processo (nível sigma). Por fim, a fase Controlar desenvolve-se planos de perenização dos ganhos, planos de controle, padrões operacionais e forma e formalizado o fim do projeto. (WERKEMA, 2002).

## 2.3 Ferramentas da Qualidade

Os entendimentos de tais ferramentas são de fundamental importância para a aplicabilidade gestão da qualidade nos processos. De acordo com Santos, Lima e Abrantes (2006), a utilização das ferramentas de qualidade promove uma organização e estruturação dos processos, estabelecendo a tomada de decisão em cima de fatos e dados tangíveis.

São várias as ferramentas que podem ser utilizadas no processo de gestão da qualidade. Dentre todas estas ferramentas, se destacam: a técnica de coleta de dados, o diagrama de Pareto, SIPOC, o diagrama de causa e efeito, as cartas de controle, diagramas de causa e efeito, diagrama de dispersão, histogramas, o método PDCA e o plano de ação.

A aplicabilidade e funcionalidade de cada ferramenta, pode variar de acordo com a complexidade e necessidade do problema, conforme se observa a seguir:

1. **Técnicas de coleta de dados:** As medições são primordiais para identificação de variações. Uma medição descreve a quantidade, capacidade ou desempenho de um produto, processo ou serviço, baseado em dados observáveis. Neste aspecto, a técnica de coletas de dados amostrais tem total relevância e interferência da medição do processo. Usualmente, sem está diretamente ligada à uma fase, se utilizam as Listas de Verificação (ou folhas de verificação) para padronizar e auxiliar a coleta de dados no processo. A figura 06 refere-se a um exemplo de lista de verificação.

Figura 06. Exemplo de lista de verificação.

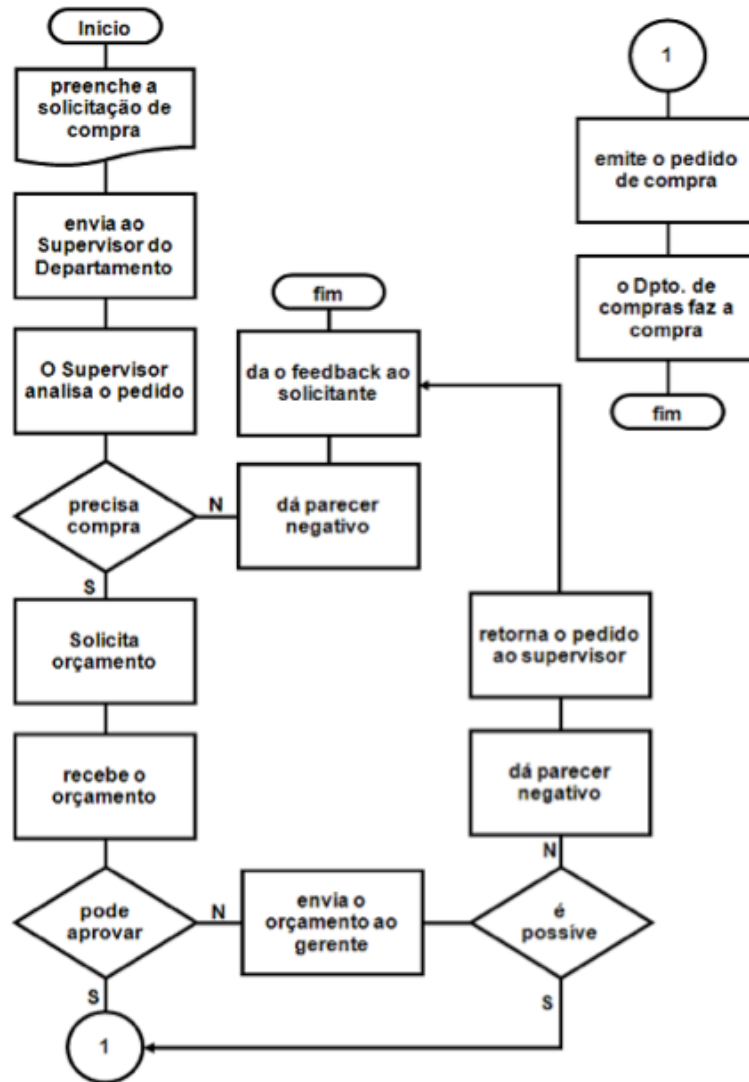
	Desvio	Verificações																Frequência	
		5				10				15				20					
	- 7																		
	- 6																		
<b>Específic.</b>	- 5																		
	- 4	X																	1
	- 3	X	X	X															3
	- 2	X	X	X	X	X	X												6
	- 1	X	X	X	X	X	X	X	X										9
<b>8.300</b>	0	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X								11
	1	X	X	X	X	X	X	X	X										8
	2	X	X	X	X	X	X	X											7
	3	X	X	X															3
	4	X	X																2
<b>Específic.</b>	5	X																	1
	6																		
	7																		
<b>Total:</b>																		51	

Fonte: <http://www.datalyzer.com.br/site/suporte/administrador/info/arquivos/info46/46.html>, acesso 15 Mar 2016.

2. **Fluxograma/Sipoc:** O Fluxograma é uma representação de um processo, na qual descreve passo a passo a natureza e o fluxo do processo, utilizando-se de símbolos gráficos.

O objetivo, conforme detalhado na figura 07, na utilização desta ferramenta é evidenciar de forma prática o fluxo das informações e elementos, além da sequência que caracteriza a atividade que está sendo executada.

Figura 07: Exemplo de um Fluxograma de Processo

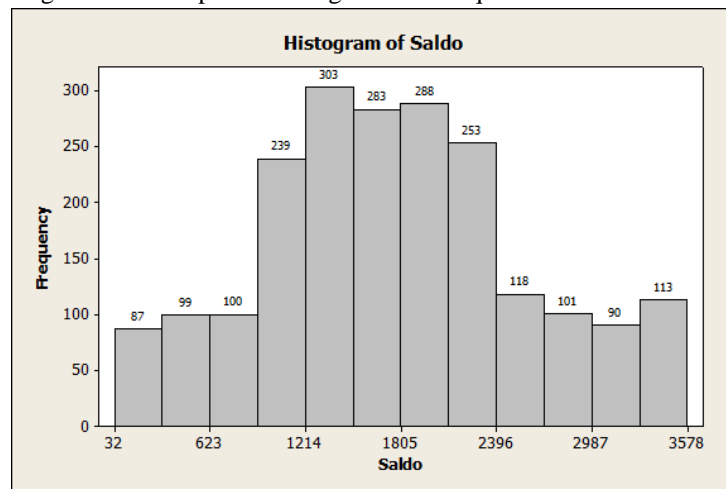


Fonte: Lean Institute Brasil, 2016.

Com o mapeamento de atividades, é possível identificar as etapas críticas, assim como as chamadas “fabricas ocultas” do processo. Pode-se classificar as fabricas ocultas como retrabalhos, perdas operacionais não medíveis e reprocessamentos.

3. **Histograma de Frequência:** Consiste em um gráfico de barras que exibe a frequência, ou a quantidade de linhas, na qual um evento ocorre dentro de um determinado intervalo de estudo. Este gráfico é ao gráfico de barras, mas a área correspondida pelo histograma é usada para exibir a quantidade de vezes em que um grupo de números aparece. O histograma de frequência é utilizado nas análises de seis sigma junto à curva normal, para entendimento das quantidades de falhas acima dos limites de especificação (limites de controle dos clientes). Na Figura 08 é retratado um exemplo de histograma.

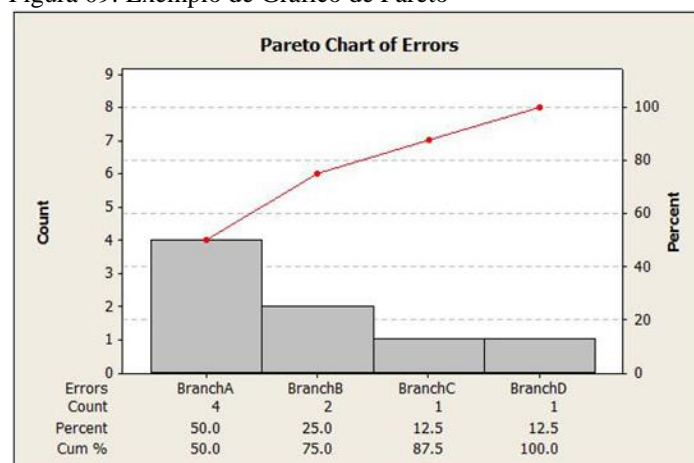
Figura 08: Exemplo de Histograma de Frequência



Fonte: MINITAB, 2016.

4. **Gráfico de Pareto:** Tendo o formato de um gráfico em barras, onde cada causa é quantificada em relação a sua importante e frequência, bem como a posterior ordenação decrescente de ocorrência ou influencia mais representativa, demonstra-se os Diagramas de Pareto. Os Diagramas de Pareto são utilizados, durante todas as fases, para análise e verificação das causas de maior relevância no processo em estudo, conforme a figura 09.

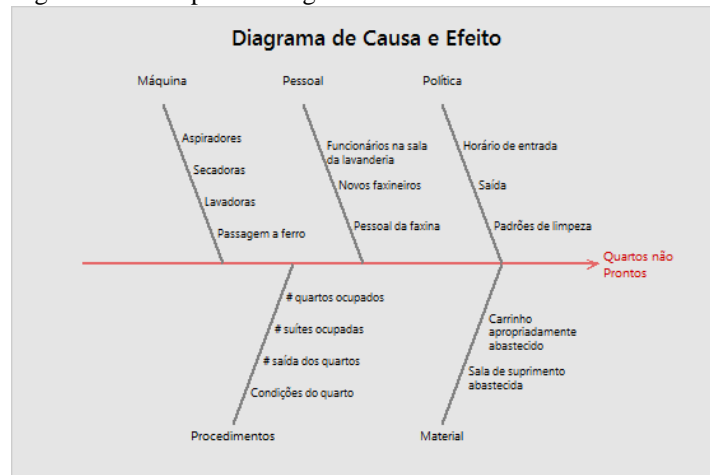
Figura 09: Exemplo de Gráfico de Pareto



Fonte: Mintab, 2016.

5. **Diagrama de Causa e Efeito:** É um diagrama cuja objetivo é organizar o raciocínio para listagem de prováveis causas de um problema em estudo. As listagens das causas ocorrem em seis possíveis categorias, sendo elas: método, máquina, medida, meio ambiente, material e mão-de-obra. Na figura 10, é exposto um exemplo de diagrama.

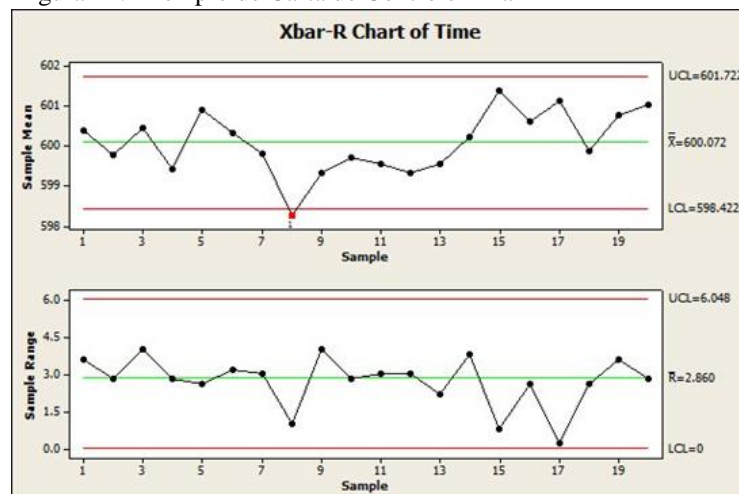
Figura 10: Exemplo de Diagrama de Causa e Efeito



Fonte: MINITAB, 2016.

6. **As Cartas de Controle:** São gráficos de espaço em função do tempo, apresentando graficamente (pontos interligados) os valores resultantes de um processo, incluindo uma média na linha central e um ou mais limites de controle do processo. As cartas de controle, conforme figura 11, são fundamentais na percepção e análise de processo, assim como na identificação de causas comuns ou especiais existentes ao longo de um período.

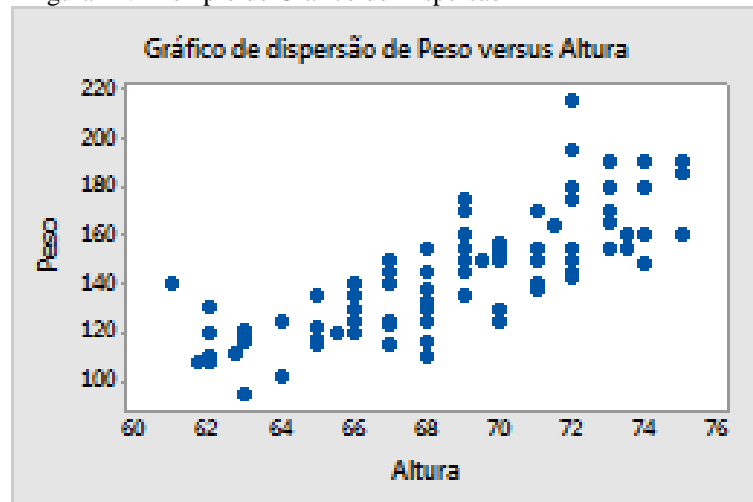
Figura 11: Exemplo de Carta de Controle XBar-R



Fonte: MINITAB, 2016.

7. **Diagrama de Dispersão:** Gráfico de Dispersão são utilizados para pontuar dados em um eixo vertical e horizontal com a intenção de exibir quanto uma variável é afetada por outra. Na figura 12 há a exposição de um exemplo.

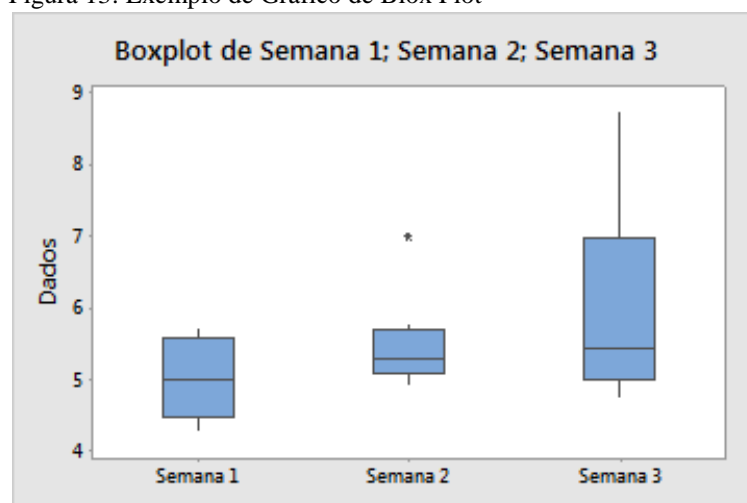
Figura 12: Exemplo de Gráfico de Dispersão



Fonte: MINITAB, 2016.

8. **Gráficos de BloxPlot (gráfico de caixa):** O boxplot é um gráfico utilizado para avaliar a distribuição dos dados. O boxplot é um gráfico construído com base no resumo dos cinco números, sendo eles: valor mínimo, primeiro quartil (Q1), mediana (segundo quartil Q2), terceiro quartil (Q3) e valor máximo, dos dados encontrados. O gráfico, conforme figura 13, é formado por uma caixa construída paralelamente ao eixo da escala dos dados (sendo na horizontal ou vertical).

Figura 13: Exemplo de Gráfico de Blox Plot



Fonte: MINITAB, 2016.

Para PASQUINI e RIBEIRO (2010), o uso de ferramentas da qualidade facilita a operacionalização do planejamento do processo, tornando-se um eficaz instrumento de suporte à tomada de decisões. A utilização das ferramentas permite antecipar eventuais falhas, de modo a planejar intervenções, reduzindo variabilidade de processo.

Numa gestão efetiva da qualidade, é necessário fazer uso das ferramentas de qualidade no momento certo e para fins adequados, a fim de obter os níveis de qualidade desejáveis e ter presteza para acompanhar as mudanças do mercado. (PASQUINI e RIBEIRO, 2010).

O presente trabalho elenca-se os principais pontos do seis sigma, as ferramentas utilizadas, afim de reduzir o índice de perda, diminuir a variabilidade de processo e reduzir custos.

### 3 METODOLOGIA

De acordo com Vergara (2009), a pesquisa científica é classificada em dois critérios básicos, quanto aos meios e quanto aos fins.

Esta pesquisa é classificada quanto aos meios em bibliográfico e documental. Bibliográfico, no sentido de ser realizado uma revisão teórica e literal sobre gestão da qualidade e seis sigma e ferramentas da qualidade, para fundamentação teórica do trabalho, através de fontes primarias e secundarias. Documental, no aspecto de utilizar documentos e levantamentos que não estão totalmente disponíveis ao público, tais como relatórios internos de apontamento de perdas e os próprios dados da empresa, objeto do estudo, de caso Coca Cola Solar, localizada no distrito de Maracanaú/CE.

Também é classificada em descritiva e explicativa, quanto aos fins. Descritiva, no aspecto do trabalho visar à identificação, registro e análise das características, fatores e variáveis que se relacionam com o processo de envase. Para Barros e Lehfeld (2007), na pesquisa descritiva realiza-se o estudo, a análise, o registro e a interpretação dos fatos do mundo físico sem a interferência do pesquisador.

Finalmente, quanto aos fins, a pesquisa também é classificada como explicativa, pois estrutura e define modelos teóricos, relacionando as variáveis, em uma visão mais unitária do universo ou âmbito produtivo em geral e gerar hipóteses ou ideias por força de dedução lógica (Lakatos e Marconi, 2011).

Para Yin (2005), o estudo de caso se estrutura nas investigações de fenômenos sociais contemporâneos nos quais o pesquisador não manipula os comportamentos relevantes, nem infere sobre dados, que influenciem e / ou alterem o seu objeto de estudo.

A metodologia embasada em estudo de caso, possibilita ao pesquisador lidar com uma ampla variedade de evidências e variáveis, provenientes de análise documental, visitas de campo, entrevistas e observação participativa. (YIN, 2005).

Ressalta-se que um estudo de caso não deve ser analisado como uma pesquisa de caráter apenas qualitativo; uma vez que esta traz seu propósito fundamentado em apresentar uma reflexão analítica do contexto estudado, e este tipo de investigação tem muito a contribuir no campo da pesquisa avaliativa. (YIN, 2005).

Para a coleta de dados, foram utilizados relatórios mensais retirados do sistema interno da empresa e através das folhas de verificação, implementadas ao longo do estudo da pesquisa.

Durante o período da pesquisa, foi idealizado um projeto de *Six Sigma* (de duração máxima estabelecida em até 6 meses) com apoio da gerencia fabril da unidade de Fortaleza, bem como com o apoio técnico da coordenação corporativa especializada na embalagem em estudo (PET).

Este projeto foi destinado à reduzir o alto índice de perdas numa linha específica, que apresenta um processo bloqueado (sopro de garrafas acoplado ao enchimento das mesmas). Esta linha é responsável por um expressivo volume de perda da referida embalagem em questão, bem como, apresenta o maior montante produzido mensal na unidade, maximizando e potencializando os benefícios e ganhos do projeto, tendo em vista sua representatividade.

A equipe do projeto é formada pelo Coordenadores de Produção e Manutenção, Supervisores de Manutenção e Produção (responsáveis pelo levantamento de demais dados e intervenções), Supervisor de Sopro (responsável pela geração das Análises Quebra Falha), Técnicos de Produção (responsável pela operação das principais maquinas de impacto às perdas), Manutenção (responsáveis por realizarem as intervenções direcionadas no projeto) e pelo autor do presente estudo, responsável pela liderança do grupo, direcionamento das ferramentas de estudo e realização de análises.

Para a definição da equipe de trabalho do projeto, foram levantados alguns fatores para escolha dos mesmos, por exemplo: envolvimento direto ou indireto no processo de sopro e enchimento de garrafas, como Técnicos de Produção e Supervisores de Sopro, assim como da área de manutenção, representado por Técnicos Mecânicos e Eletrônicos, e também pela área de insumo e controle de matérias-primas, como Supervisores de Produção, Supervisor e Auxiliares de PCP.

A definição dos prazos do projeto, ou plano de atividades, está apresentado na Tabela 02. A construção e efetivação de melhorias, bem como a futura obtenção de resultados formará um escopo apropriado para disseminação futura do projeto para as demais Linhas de PET da Unidade.

Tabela 02: Prazos de Elaboração do Projeto

WBS	Tasks	Task Lead	Start	End																											
					25 - mai - 15	01 - jun - 15	08 - jun - 15	15 - jun - 15	22 - jun - 15	29 - jun - 15	06 - jul - 15	13 - jul - 15	20 - jul - 15	27 - jul - 15	03 - ago - 15	10 - ago - 15	17 - ago - 15	24 - ago - 15	31 - ago - 15	07 - set - 15	14 - set - 15	21 - set - 15	28 - set - 15	05 - out - 15	12 - out - 15	19 - out - 15	26 - out - 15	02 - nov - 15	09 - nov - 15	16 - nov - 15	23 - nov - 15
1	Fase Definir	Equipe de Projeto	29/05/15	15/06/15																											
2	Fase Medir	Equipe de Projeto	16/06/15	10/07/15																											
3	Fase Analisar	Equipe de Projeto	11/07/15	07/08/15																											
4	Fase Melhorar e Controlar	Equipe de Projeto	08/08/15	05/01/16																											

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Na primeira fase foi realizada todo o levantamento do histórico do problema, onde comparou-se com as demais unidades do grupo, com objetivo de identificação de melhores práticas e desenho do cenário ideal (meta).

Também, nesta fase, fora realizado todo mapeamento do processo, para melhor identificação de oportunidades, entradas e saídas do projeto, assim como criação do *Project Chart* do grupo, para discriminação do período de cada fase e controle de atividades. Para validação da gerência e posterior apresentação a diretoria industrial, todos os ganhos e impactos do projeto foram levantados. Por fim na fase definir, foi elaborado um resumo gerencial em formato de Contrato de Projeto, para apresentação ao gerente fabril.

O segundo passo foi da Medição do processo, onde buscou-se nas bases de gerenciamento já existentes da unidade, estudar estatisticamente os resultados, tendo como ponto de partida uma análise de um intervalo de 150 dias. Por meio de ferramentas analíticas da qualidade, houve a verificação dos problemas, com direcionamento e aprimoramento do impacto.

Na fase de Análise, criou-se uma sistemática de coleta e estratificação de dados, na qual possibilitou entender e direcionar possíveis soluções imediatas para o problema. Nesta fase elaborou-se uma matriz e causa e efeito, bem como aprimorou-se o entendimento do impacto, excluindo variáveis não representativas para o projeto.

Ainda nesta fase, foi realizado um consolidado de entrevistas técnicas e exploratórias com os membros do time e demais componentes de apoio direto. Durante a etapa de Melhoria, foram executadas as intervenções direcionadas, sendo registrado tais eventos num plano de ação, já definidos prazos e responsáveis para cada ação.

Por fim, na fase de Controle, foi validado, através de gráficos de controle e estatísticos, os ganhos obtidos após as intervenções e ao longo do projeto, bem como fora criado um *dashboard* (painel de controle) de acompanhamento diário das perdas no processo bloqueado e idealizados novos planos de manutenção para as máquinas críticas do processamento de PET, para continuidade do programa (já em caráter de intervenções preventivas).

## 4 APRESENTAÇÃO DO ESTUDO DE CASO

### 4.1 Características da Empresa

O Sistema Coca-Cola Brasil é o maior produtor de bebidas não alcoólicas do país e atua em sete segmentos de mercado - águas, refrigerantes, chás, néctares, bebidas esportivas, energéticos e lácteos – tendo uma linha de mais de 125 produtos, entre sabores de formulação regular, versões zero e de baixa caloria.

Sua atuação direta é operacionalizada por 10 grupos de fabricantes, espalhados por todas as capitais do país, onde emprega diretamente 66 mil funcionários e cerca de 600 mil colaboradores indiretos. O Sistema constrói e apoia iniciativas que fomentem o estilo de vida ativo e saudável, assim como iniciativas que melhorem o desenvolvimento social e econômico das regiões em que atua.

Fundada em abril de 2013, através da fusão das companhias Norsa, Renosa e Guararapes, a Solar Refrescos S.A é um dos engarrafadores autorizados do Sistema Coca Cola Brasil, tendo acionismo e controle totalmente brasileiro (Calila do Grupo Jereissati, Família Mello e The Coca-Cola Company, com participação minoritária).

A Solar está presente e opera nos estados do Maranhão, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Bahia, Mato Grosso, parte de Tocantins e de Goiás, tendo consigo 14 mil colaboradores distribuídos por 13 fábricas e 36 Centros de Distribuição, estando na lista dos 10 maiores fabricantes de Coca-Cola do mundo e a primeira com acionista brasileiro (além de ser a segunda maior engarrafadora do sistema no Brasil, sendo menor apenas do que a Femsa de capital mexicano).

Além disso, a companhia se referênciava como uma das maiores empresas do Norte/Nordeste, como sede no estado do Ceará, e uma das maiores empresas de bens de consumo do país.

A escolha do nome “Solar”, no período final de fusão, ocorreu pela necessidade de atribuir à marca da companhia em criação, alguns traços da cultura e do meio atuante onde a empresa está inserida como, por exemplo: brasileira, nordestina, cheia de energia, com entusiasmo e brilho no olho.

A atual abrangência territorial, equivalente há 2,8 milhões de quilômetros quadrados (sendo maior que a área total dos países de Portugal, Espanha, Itália, Grécia, França, Alemanha e Reino Unido somados), são abastecidos por uma estrutura produtiva capaz de fabricar mais de três bilhões de litros de bebida/ano, bem como uma extensa malha comercial e logística, para

atender os mais de 340 mil pontos de venda. Ao somar o faturamento das três antigas franquias, no final do período do ano de 2012, será obtido um montante considerável, de aproximadamente R\$ 6,1 bilhões.

A Solar produz toda linha de refrigerantes, água, *bag-in-box* e sucos do portfólio Coca Cola Company, compondo uma lista de mais de 150 SKU's de diferentes tamanhos, sabores e formatos, bem como distribui e comercializa nos segmentos de chás, néctares, bebidas esportivas, energéticos e lácteos, gerando uma maior variedade e maior qualidade para os diferentes tipos de consumidores.

A visão da Solar foi definida e inspirada na marca Coca-Cola, nas características peculiares da presente área de atuação (nordeste) e pelos valores corporativos advindos das diretrizes da diretoria executiva. Feito o somatório destes pilares, a visão da companhia foi definida como: “Apaixonadamente, abrimos sorrisos em cada rosto”.

A companhia possui seus valores pautados com base em três tópicos de aspectos comportamentais, sendo eles:

- Paixão;
- Inconformismo Construtivo;
- Senso de Propriedade.

Paixão, no âmbito de promover a valorização e consumo das marcas Solar e Coca Cola, assim como disseminar a utilização responsável dos seus produtos.

Inconformismo Construtivo, no sentido de promover postura crítica frente aos resultados.

E por fim, Senso de propriedade, onde busca a valorização dos seus ativos, buscando promover ética, respeito e pro atividade na resolução de problemas.

A diretoria executiva da Solar é formada composta por uma presidência (CEO) e sete diretorias, sendo elas: Marketing e Planejamento Estratégico, Comercial, Supply Chain, Procurement, Recursos Humanos, Relações Externas e Financeiro (CFO).

Dentro da estrutura executiva da Solar, a área de *Supply Chain* é vista como o grande centro de oportunidade e lucro da companhia (“*Supply as a Profit Center*”), onde é composta por duas diretorias, logística e indústria, e seis gerencias diretas, sendo elas: Orçamento e Desempenho, Planejamento e S&OP, Engenharia, Projetos Logísticos e Qualidade e Meio Ambiente (SGI).

Em meio a esta estruturação e posicionamento da área, junto à estrutura executiva geral da companhia, foi definida a missão da própria área de *Supply Chain*, embasada em pilares de performance que compõe a referida cadeia, sendo ela descrita como: Produzir e entregar com qualidade e com a melhor relação entre custo e nível de serviço.

Esta missão é disseminada por uma governança corporativa, que estabelece alinhamento entre os diferentes níveis organizacionais (estratégico, tático e operacional) através de diversos indicadores de performance, distribuídos em seis grandes áreas de avaliação, sendo elas:

- Produtividade;
- Qualidade;
- Custos;
- Entrega;
- Segurança/Meio Ambiente;
- Moral,

Além dos indicadores, a governança fomenta diversos canais de gestão, facilitando a comunicação interna e fomentando condições, assim como utilizando-se de ferramentas de gestão para controlar, medir e gerenciar indicadores, bem como apropriadamente direcionar decisões relevantes para o negócio.

## 4.2 Descrição do Processo

A Figura 14 mostra o fluxograma do processo pertinente ao deslocamento da pré-forma dentro do processo produtivo na linha de sopro bloqueado (sopro da garrafa interligado ao envase). O processo se inicia com a chegada de matéria prima na fábrica, após o compartilhamento da programação máster de produção, fomentado pelo Planejamento e Controle de Produção (PCP), com os fornecedores autorizado para o abastecimento.

As pré-formas são recebidas em caixas pesando em média de 1.200 a 1.500 kg 's, onde a depender da gramatura ou tamanho da pré-forma, há variação na quantidade unitária em cada caixa. Logo após a chegada das caixas de pré-forma, as mesmas recebem a devida identificação para posterior estocagem na área de armazenagem de matéria-prima, denominada MP04, a depender das análises de disponibilidade e/ou necessidade antecipação de produção, para que não haja quebra de FIFO.

Após a divulgação da programação diária de produção para linha, ocorre o abastecimento à linha de processo contínuo, sendo feito a movimentação das caixas, pelo operador, utilizando-se de paleteiras elétricas ou empilhadeiras, para abastecimento manual no “Tombador/Çaçamba de Pré-Formas”, na qual faz a virada da caixa de pré-formas nos transportadores aéreos da linha de produção.

Após o abastecimento, as pré-formas são levadas ao Classificador, onde ocorre alinhamento unifilar das mesmas no transporte aéreo, bem como o perfeito posicionamento vertical da mesma para entrada no equipamento Pressco, que realiza análises e inspeções físicas e visuais sobre o tipo e qualidade da pré-forma, como ovalização, empenamento, diferenciação de cores e demais danificações que possam ter ocorrido com a mesma, na linha ou no transporte.

Feito a inspeção da pré-forma, a mesma segue em um transportador unifilar com direcionamento ao Forno, onde ocorre o aquecimento da pré-forma, com objetivo de deslocar as moléculas do PET, facilitando assim o processo de sopro e posteriormente aderência ao molde, bem como para garantir a qualidade do matéria-prima à ser utilizado, tendo em vista que tal embalagem mantém contato direto com o produto à ser envasado futuramente.

A pré-forma percorre todo o forno, ainda de maneira unifilar, na qual é dividido por zonas de aquecimento, onde a depender do tipo de embalagem, muda-se o cenário de utilização das lâmpadas de acionamento que geram o calor à ser refretado na pré-forma.

Feito o aquecimento no forno, as pré-formas são transportadas individualmente por braços de transferência de acionamento e funcionalidade eletromecânicas, para a Roda de Sopro, onde ocorre o encaixe da pré-forma na parte superior do bloco de sopro, que posteriormente será fechado e receberá, através do sinal de uma eletroválvula, o comando para realizar uma injeção de ar de alta pressão, para formação e desenho da garrafa de Pet.

Feito a injeção de ar de alta pressão no molde, o mesmo é aberto e libera a pré-forma em formato de garrafa para os braços de transferência. Neste momento, ocorre uma inspeção de presença de garrafas e identificação de anomalias durante o processo na roda de sopro, na qual identificado à deformação, tal embalagem é descartada no centro de contenção, ainda dentro da máquina.

Os braços de transferência entregam as garrafas para pequenos carrosséis de que piçam a garrafa, também, pelo finish, levando-as até a máquina Enchedora, onde ocorre o enchimento do recipiente soprado com líquido carbonatado (refrigerante), em média à 10,5°C, vindo a ser posteriormente lacrado, num equipamento denominado capsulador.

Após realizado a lacração, a garrafa percorre uma esteira, ainda em transporte unifilar, na qual passa por uma máquina de inspeção eletrônica, onde ocorre a verificação do ângulo de aplicação da tampa, bem como do nível de enchimento da garrafa, sendo rejeitada da produção as garrafas que possuem resultados acima ou abaixo dos limites de especificação, daquele lote em fabricação.

A produção conforme é transportada, pela base, até a máquina de secagem, onde ocorre a limpeza externa da garrafa, através de um sopro de baixa pressão, desobstruindo possíveis pontos de condensação, para posterior e subsequente aplicação do rótulo de identificação do produto daquele lote.

Após a aplicação do rotulo de identificação da garrafa, é feito a datação do produto, através da codificação por laser eletrônico, com registro dos seguintes atributos: local de produção, data de validade, número da linha de produção, hora e dia de fabricação.

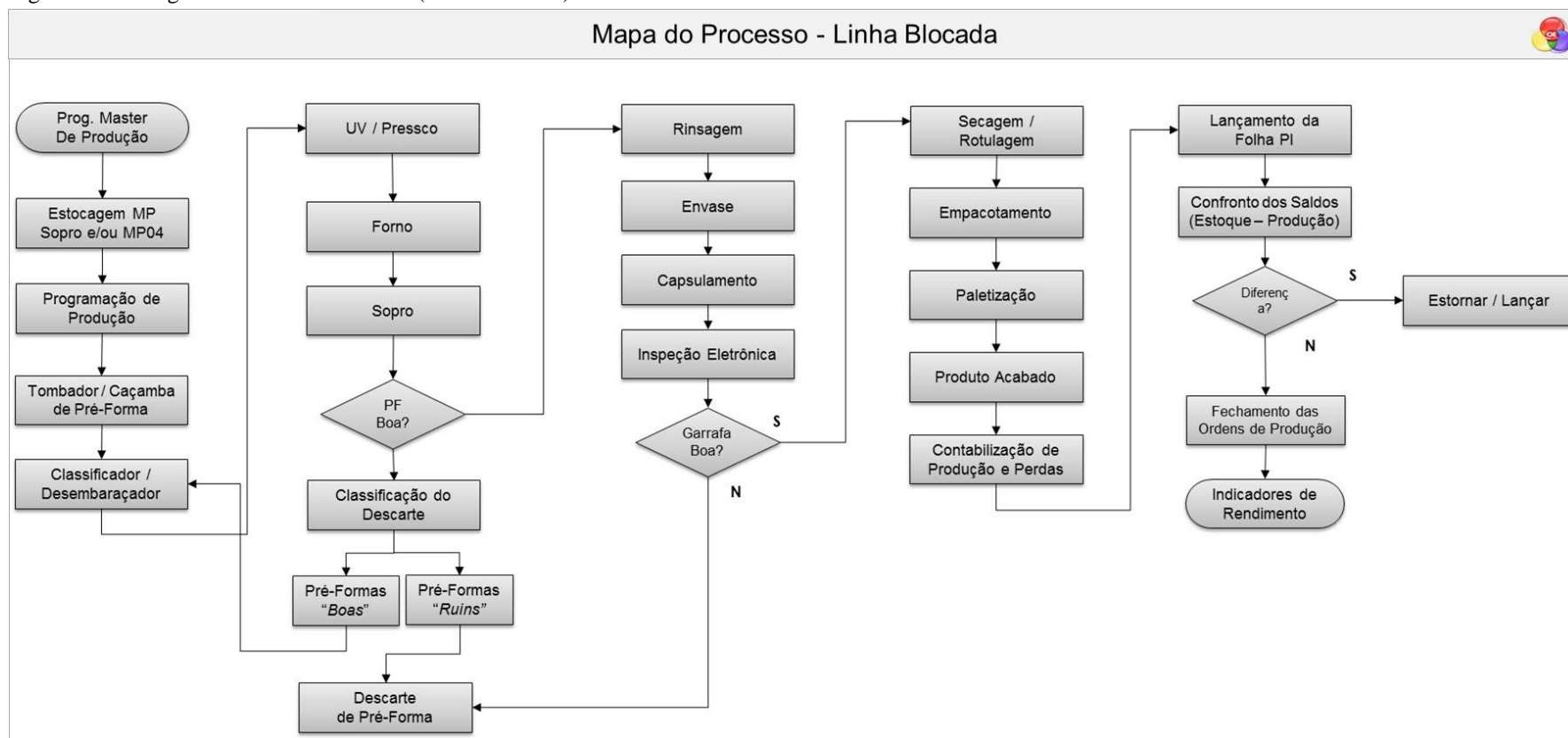
Tais informações são cruciais para atuais ou futuras rastreabilidades de produção e atributos da qualidade. Posterior a codificação, as garrafas são transportadas por esteiras até o empacotamento, onde são envolvidas em um filme plástico, passando rapidamente por um forno onde o plástico é comprimido junto a garrafas.

Após o envolvimento, as garrafas, já aglomeradas em pacotes, são transportadas para uma máquina denominada paletizador, onde são posicionadas e empilhadas, por cinco robotes compostos de braços eletrônicos, formando o pallet de produto acabado.

O pallet é transportado por roldanas e esteiras, após a formação, para o envolvedor de pallets, onde ocorre o envolvimento do mesmo com filme stretch, que tem a funcionalidade de amarração total dos pacotes, vindo a ser posteriormente etiquetado e transportado pelos empilhadores para o estoque de produto acabado.

Após o transporte do pallet para o estoque, ocorre a contabilização das etiquetas, evidenciando a produzida e enviada para distribuição, neste momento também é realizado a apuração da quantidade de matéria-prima utilizada, para cálculos dos rendimentos e perdas de insumos. Tal confronto ocorre num intervalo de cada 60 minutos.

Figura 14: Fluxograma do Processo de Pet (Linha Blocada)



Fonte: Elaborado a partir de dados da pesquisa.

### 3.3 Aplicação do Método DMAIC

#### 4.3.1 Etapa Definir (*Define*)

Nos 5 primeiros meses do ano de 2015, conforme exposto na figura 15, a unidade de Maracanaú/CE não estava obtendo bons resultados quanto à perda de Garrafa PET, o percentual de perda está bem acima do esperado pela companhia, apresentando um resultado acumulado até o mês de maio de 2015, de 2,08% de perda, impactando diretamente no aumento dos custos industriais (diretos e indiretos) da Unidade, bem como afetando áreas importantes envolvidas além da Produção, como Manutenção, PCP e PCM, e indiretamente nas áreas Qualidade e SGI.

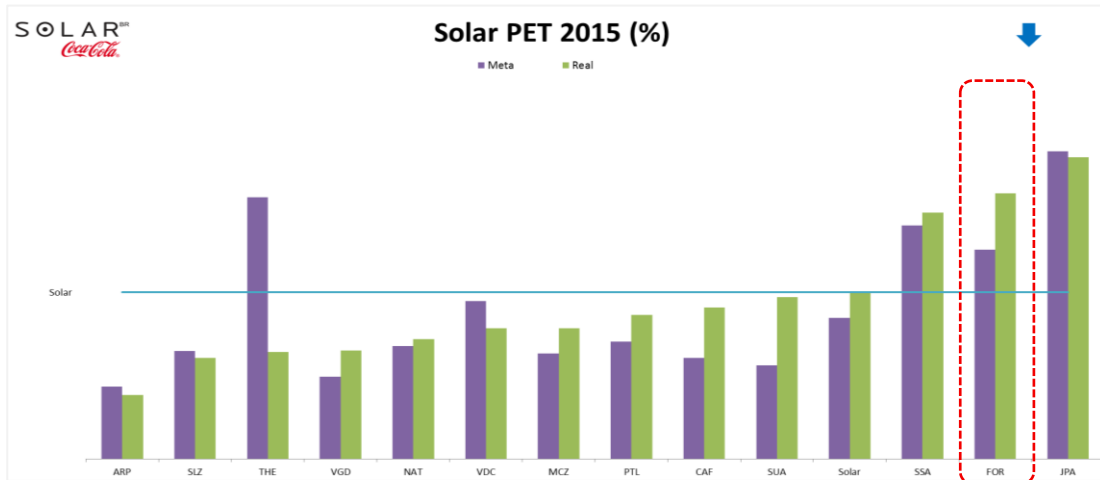
Figura 15: Perda de Pet do ano de 2015.



Fonte: Elaborado a partir de dados da pesquisa.

Além de não atingir as metas internas, a unidade de Maracanaú, representa (em percentual) a segunda pior perda da Solar Coca Cola, conforme exposto na figura 16, sendo este fator de caráter crítico e de enorme relevância, pelo fato de tal unidade representar o segundo maior volume de produção do grupo, o que representa que o percentual atual de perda é, em número absoluto, o maior de toda o grupo, bem como, a fábrica apresenta resultados bem discrepantes quando comparados com a performance de outras unidades do mesmo *cluster* (Suape e Várzea Grande).

Figura 16: Comparativo Perda de Pet 2015 - Unidades Solar



Fonte: Elaborado a partir de dados da pesquisa.

Da abordagem do escopo do projeto, de redução de perdas através da metodologia seis sigma, o mesmo terá abrangência desde a área de planejamento e controle de produção, na formulação da programação de produção, até a contabilização e fechamento das ordens de produção no sistema, conforme descrito na tabela 03. Tal abrangência deve contemplar todas as perdas de PET, tanto no formato de pré-forma ou garrafa, da unidade de Maracanaú, para as Linhas da referida embalagem. A meta (variável Y) será atender o percentual proposto pela diretoria, no período de junho à dezembro de 2016.

Tabela 03: Descrição das Macro Causas do Processo

-	Descrição
<b>Y</b>	<b>Reduzir o percentual de perda de PET (Pré-Forma e Garrafa) dos atuais 2,08% para 1,14% em 6 meses – Jun/15 à Dez/15.</b>
X1	Programação de Produção
X2	Descarregamento e Recebimento;
X3	Disponibilidade e Disposição em Estoque (Inventário);
X4	Aquecimento e Sopro
X5	Envase
X6	Capsulamento
X7	% Rejeição da Inspeção Eletrônica
X8	Manutenções e Intervenções
X9	Apuração de Produção
X10	Fechamento de Ordem

Fonte: Elaborado a partir de dados da pesquisa.

A tabela 04 apresenta a estimativa dos ganhos identificados numa previsão anual, considerando o atingimento da meta de 1,14%. A redução de 0,94 pontos percentuais reduzirá em 45,19% a quantidade de embalagens perdidas, totalizando 125.977 unidades num ano, além da redução de custo de aquisição da matéria prima proporcional à R\$ 372.292,85, e da quantidade de resíduo gerado ao meio ambiente de 58.559 quilogramas.

Tabela 04: Ganhos Estimados.

Etapa	Item	Atual	Proposto	(-)
1	Total Médio/Mês de Embalagens Sopradas	13.401.795	13.401.795	-
2	% Perda	2,08%	1,14%	0,94%
3	Total Médio/Mês de Embalagens Perdidas	278.757	152.780	<b>125.977</b>
4	R\$ Custo Unitário Médio	R\$ 0,25	R\$ 0,25	-
5	Total R\$ Médio/Mês Perdido	R\$ 68.649,75	R\$ 37.625,34	<b>R\$ 31.024,40</b>
6	Total R\$ Médio/Anual Perdido	R\$ 823.796,95	R\$ 451.504,10	<b>R\$ 372.292,85</b>
7	Total Resíduo Gerado (Kg)	129.577	71.018	<b>58.559</b>

Fonte: Elaborado a partir de dados da pesquisa.

Para analisar melhor o fluxograma do processamento de PET na linha de produção, foi criado um SIPOC para evidenciar as relações entre setores internos e externos sobre o problema abordado. A tabela apresenta os fornecedores, as entradas, o processo, as saídas e os clientes que tem parcela direta na perda de pet, podendo ser detalhado da seguinte forma:

Na coluna dos Fornecedores foi abordada a premissa de quem poderia fornecer os insumos e informações necessárias para o processamento de PET, quem efetivamente fornece a embalagem e onde será estocada e processada.

As Entradas foram caracterizadas por quem manteria o processamento, de informações ou insumos.

O Processo é basicamente caracterizado pela transformação da embalagem em produto final, pelos setores e direcionadores da continuidade do processamento.

A Saída é justificada pelos produtos devolvidos e por fim, a caracterização dos Clientes sendo os demais pontos da organização e nossos clientes externos.

Tabela 05: SIPOC

Fornecedores	Entradas	Processo	Saídas	Clientes
BRASALPLA; ENGEPACK	PRÉ-FORMAS	RECEBIMENTO	MP04	PRODUÇÃO
ÁREA DE SOPRO	SERVIÇO SOPRO E ROTULAGEM	SOPRO E ROTULAGEM	GARRAFAS SOPRADAS E ROTULADAS	PRODUÇÃO
PRODUÇÃO	TARJETAS, RELATÓRIO XC1	FECHAMENTO DAS ORDENS DE PRODUÇÃO	INDICADORES UTILIZAÇÃO, EFICIÊNCIA E RENDIMENTOS DE INSUMOS (PERDAS)	GERÊNCIA, COORDENAÇÃO, SUPERVISORES PRODUÇÃO, QUALIDADE E MANUTENÇÃO
PRODUÇÃO	CONTABILIZAÇÃO PRÉ-FORMAS E GARRAFAS DESCARTADAS	DESCARTE	INSUMOS PARA DESCARTE	ÁREA DE DESCARTE

Fonte: Elaborado a partir de dados da pesquisa.

A Figura 17 refere-se à estruturação de toda etapa definir, em forma de contrato de projeto, onde descreve ordenadamente o problema em estudo, a justificativa e histórico do problema, a definição clara da meta, os limites e premissas do projeto, qual equipe de trabalho, requisitos para o cliente e quais as contribuições para a unidade. Quaisquer alterações do escopo definido, deverá ser novamente submetida à aprovação do Sponsor do projeto.

Figura 17: Contrato de Projeto

<b>Contrato de Projeto</b>																			
PROJETO: Redução da Perda de Embalagem PET da Unidade de Maracanaú/CE		LÍDER: Alisson Oliveira	CÓDIGO: 01																
CLIENTE: Carlos Magno	ÁREA: Produção Industrial	PATROCINADOR: Rafael Vaz																	
<b>CONTRATO DO PROJETO</b>		Data:																	
<b>OBJETIVO DO PROJETO</b>																			
O objetivo deste projeto é reduzir em 45,11% as perdas de embalagem PET (Pré-Forma + Garrafas) da unidade de Maracanaú/CE, tendo em vista baixa performance no rendimento desta matéria prima.																			
<b>JUSTIFICATIVA / HISTÓRICO</b>																			
Nos 5 primeiros meses do ano de 2015, a unidade de Maracanaú CE não vem obtendo bons resultados quanto à perda de Garrafa PET (Pré-Forma), o % de perda está bem acima do esperado, apresentando média de 2,04%, impactando diretamente no aumento dos custos industriais (diretos e indiretos) da Unidade, bem como afetando áreas importantes envolvidas além da Produção, como Manutenção, PCM e PCM, bem como indiretamente nas áreas Qualidade e SGI. Quando comparamos os atuais resultados dentro da expectativa da companhia de performance de tal indicador (1,14%), vemos que a Unidade de Maracanaú CE não apresenta um resultado confortável em tal operação. Dentre as linhas de PET da Unidade, a Linha 08 (PET SIDEL 162) apresenta pior rendimento de perda.																			
<b>I Chart of Perda de PET - Unidade FOR</b>	<b>Pareto Chart of Linha</b>																		
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 5px;"> <thead> <tr> <th>Linha</th> <th>Principais Perdas de PET</th> <th>Percent</th> <th>Cum %</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>LINHA 08</td> <td>0,02367</td> <td>39,0</td> <td>39,0</td> </tr> <tr> <td>LINHA 01</td> <td>0,02077</td> <td>34,2</td> <td>73,3</td> </tr> <tr> <td>LINHA 04</td> <td>0,01621</td> <td>26,7</td> <td>100,0</td> </tr> </tbody> </table>			Linha	Principais Perdas de PET	Percent	Cum %	LINHA 08	0,02367	39,0	39,0	LINHA 01	0,02077	34,2	73,3	LINHA 04	0,01621	26,7	100,0
Linha	Principais Perdas de PET	Percent	Cum %																
LINHA 08	0,02367	39,0	39,0																
LINHA 01	0,02077	34,2	73,3																
LINHA 04	0,01621	26,7	100,0																
<b>DEFINIÇÃO DA META</b>		<b>KPI(s) DO PROJETO</b>																	
Reduzir a perda de PET (Pré-Forma e Garrafas) da Unidade dos atuais 2,08% para 1,14%.		Perda de Pet																	
<b>LIMITES DO PROJETO (INCLUI / EXCLUI)</b>																			
Inclui perdas e atividades de procesos paralelos, fundamentais no processo de sopro, como: estoque produção (MP04), perdas de produto acabado ainda em linha, testes de maquinários e custos de manutenção industrial. Exclui procesos de perda de almoxarifado ou transporte - ainda fora da unidade.																			
<b>PREMISSAS E RESTRIÇÕES DO PROJETO</b>																			
Não deve aumentar o custo de manutenção nas sopradoras. Não deve aumentar o tempo de parada de máquinas. Não deve aumentar o custo de estoque de matéria-prima.																			
<b>EQUIPE DE TRABALHO</b>																			
	<b>Nome</b>	<b>FUNÇÃO</b>	<b>Área / Empresa</b>	<b>E-MAIL / NOTES</b>	<b>FONE</b>														
<b>Lider:</b>	Alisson Oliveira	Analista	Melhoria Contínua	<a href="mailto:acoliveira.cc@solarbr.com.br">acoliveira.cc@solarbr.com.br</a>	(85) 9 8702 1541														
<b>Patrocinador:</b>	Rafael Vaz	Gerente	Industrial	<a href="mailto:rferreira@solarbr.com.br">rferreira@solarbr.com.br</a>	(85) 9 99953187														
<b>Membros da equipe:</b>	Max Alexandre	Supervisor	Sopro	<a href="mailto:max.silva@solarbr.com.br">max.silva@solarbr.com.br</a>	(85) 9 8612 7335														
	Camurça Viana	Supervisor	Produção	<a href="mailto:fcamurca@solarbr.com.br">fcamurca@solarbr.com.br</a>	(85) 9 9980 7983														
	Gildo Lopes	Supervisor	Produção	<a href="mailto:gsouza@solarbr.com.br">gsouza@solarbr.com.br</a>	(85) 9 8865 1369														
	Operadores de Sopradora / Enchedora	Operador	Produção	-	-														
	Técnicos de Manutenção	Técnicos	Manutenção	-	-														
	Anderson / Herculano	Supervisor	Manutenção	<a href="mailto:fhilho@solarbr.com.br">fhilho@solarbr.com.br</a>	(85) 9 9927 4437														
<b>REQUISITOS DO CLIENTE</b>																			
Garantir acúria nas informações de perdas, estratificações de dados e estabelecimento de controles culminando na transformação dos mesmos em procesos.																			
<b>CONTRIBUIÇÕES PARA O NEGÓCIO</b>																			
Garantir as metas de produção de ROM, maximizando a utilização dos ativos envolvidos. O aumento do rendimento (disponibilidade e utilização) da frota de caminhões reduzirá investimentos em novos equipamentos																			
<b>Ferramentas a serem utilizadas:</b>	Mapa do Processo, MSA, Análise de Falhas, 5W2H, Análise dos Procedimentos Padrões, FMEA, Regressão, Pareto, Boxplot, CEP e Árvore de Decisão.																		
<b>Valor do Ganho Financeiro (R\$):</b>	À ser calculado. Valor de Gap entre meta (1,14%) e ytd 15 (2,08%) de 112k.																		
<b>Data de Início:</b>	29/05/2015	<b>Data de Término:</b>	31/12/2015																
<b>Aprovação do MBB:</b>	-		<b>Aprovação do Champion:</b>	Rafael Vaz Ferreira															

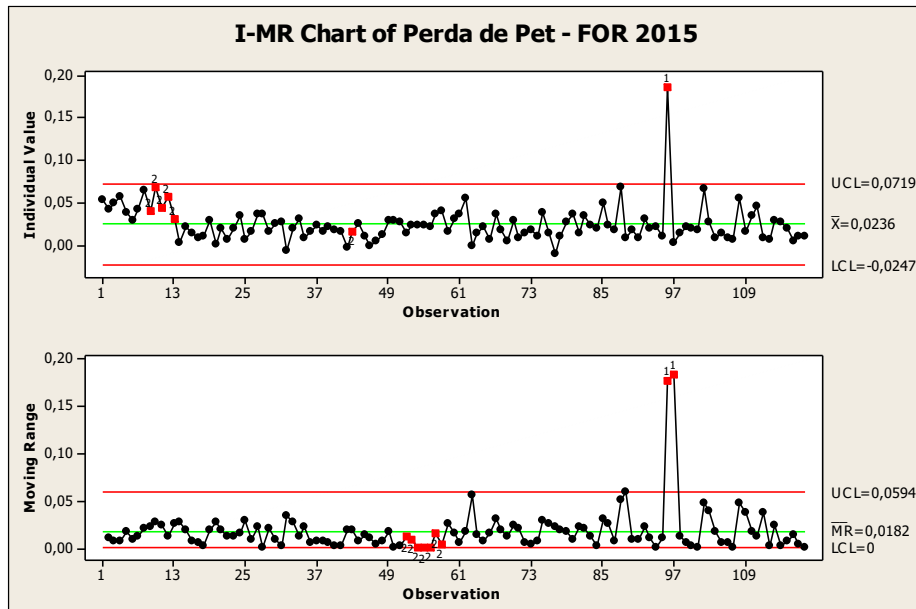
Fonte: Elaborado a partir de dados da pesquisa.

### 4.3.2 Etapa Medir (*Measure*)

Após a definição clara do problema em análise, fora realizado a etapa de medição com foco na mensuração atual do processo em estudo. Para o plano de coleta de dados iniciais, foi utilizado a plataforma existente na unidade (SAP R/3), onde se extraiu todo o detalhamento das ordens produção, obtendo os valores de quantidades consumidas e perdidas, dia a dia, num intervalo de 5 meses (janeiro à maio de 2015), sendo equivalentes à 119 dados amostrais, relativos as três linhas de produção da unidade de Maracanaú.

Conforme exposto na figura 18, carta de controle consolidada do referido período em análise, nota-se uma extrema variabilidade nos dados, o que representa uma intensa variação da performance de tal insumo na linha – extrema oscilação nos resultados durante curtos espaços de tempo.

Figura 18: Gráfico de Controle Perda de Pet 2015

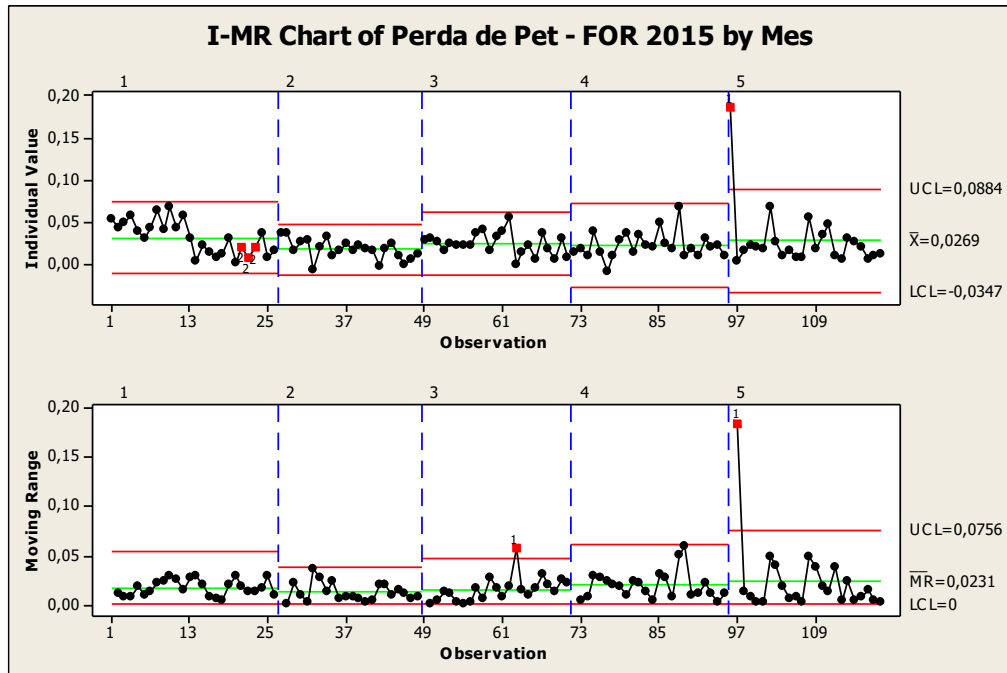


Fonte: Elaborado a partir de dados da pesquisa.

O período em análise, apresentou média de 2,36% de perda, bem como um desvio padrão de 2,208%, representando um coeficiente de variação de 93,56% - Coeficiente de Pearson, sendo verdadeira a afirmativa da extrema variabilidade de dados.

Num comparativo de performance mensal, conforme abaixo na figura 19, tem-se o aumento gradativo nos limites de controle do processo, com o passar dos meses, o que expressa a necessidade emergencial de intervenção, tendo em vista a piora do processo ao longo do ano.

Figura 19: Gráfico de Controle Perda de Pet (Mensal)



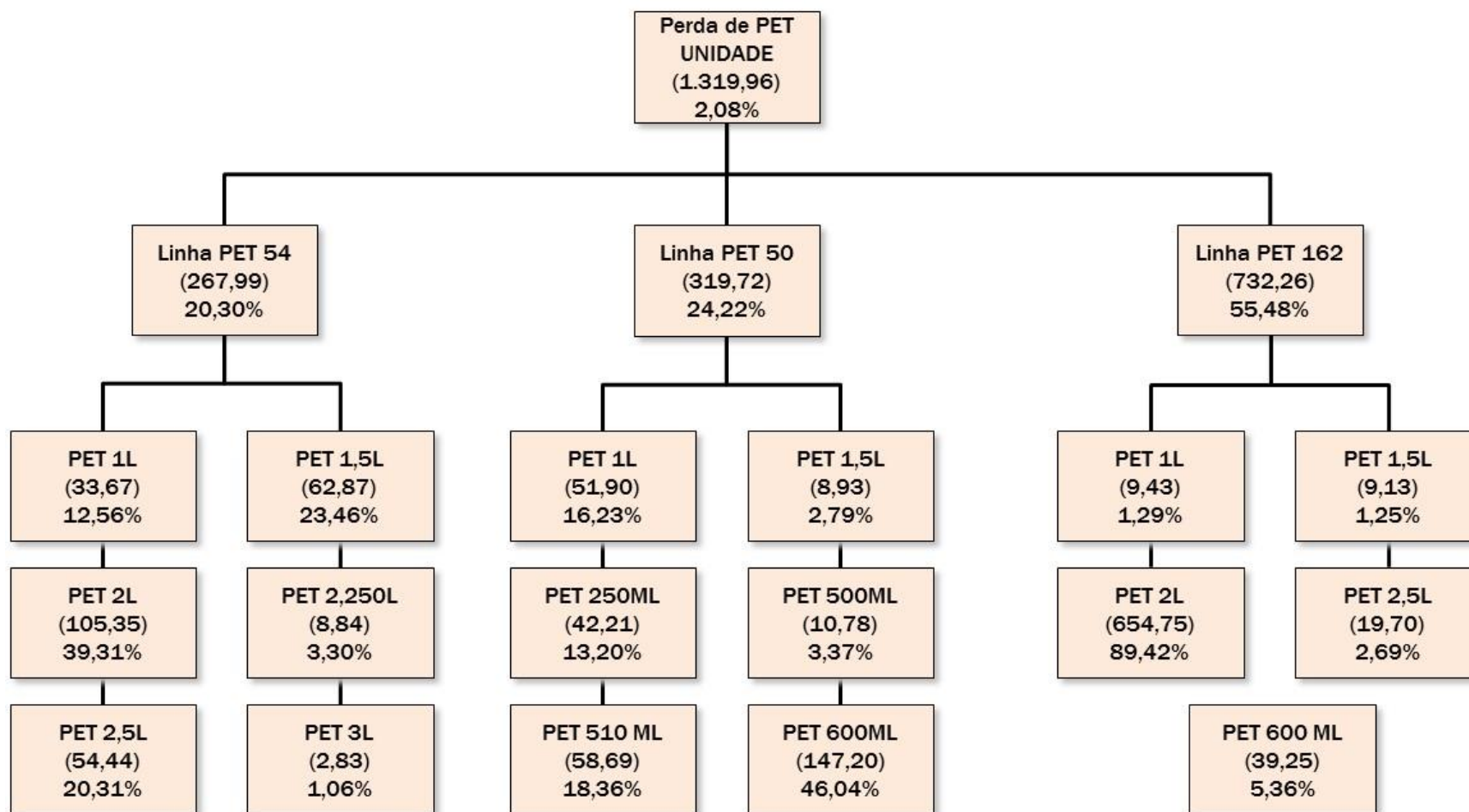
Fonte: Elaborado a partir de dados da pesquisa.

Após a consolidação em carta de controle, foi realizado uma abertura dos percentuais, por linha e por sku, através de uma Árvore de Perdas, detalhada na figura 20, para melhor entendimento e clareamento dos pontos focais de perdas na unidade.

Notou-se que a maior representatividade de perda é concentrada em uma linha de produção específica, chamada como Linha PET 162, internamente denominada como Linha Blocada.

Esta linha é responsável por mais da metade das perdas da unidade, tendo individualmente 55,48% de participação no montante de perda, no referido intervalo em análise, conforme dados extraídos do sistema SAP/R3.

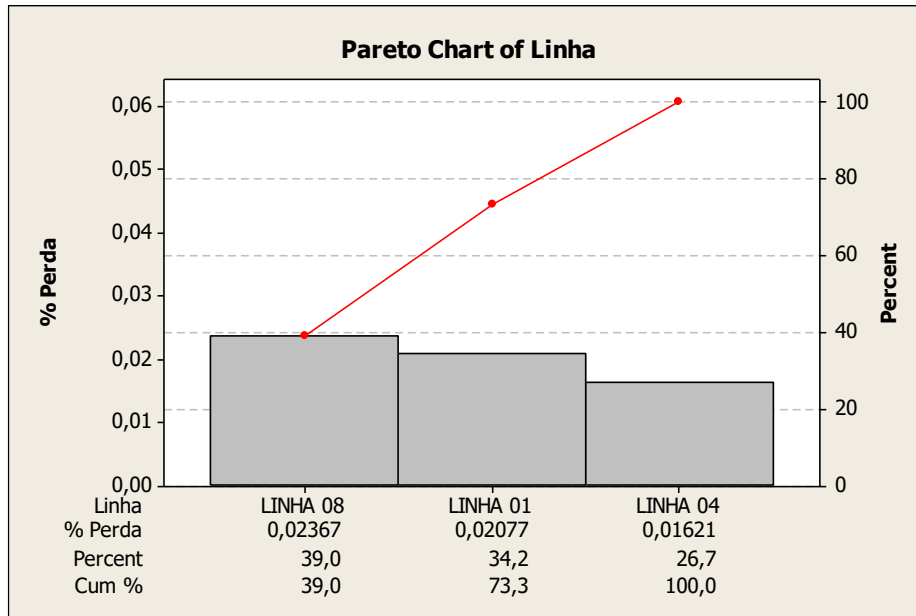
Figura 20: Arvore de Perdas – Perda de Pet.



Fonte: Elaborado a partir de dados da pesquisa.

Utilizando-se o gráfico de Pareto, detalhado na figura 21, onde pode-se validar a observação sobre a representatividade da Linha 08 (ou Linha PET 162) no montante geral de perda da unidade. A priorização deve ser dirigida a tal linha, tendo em vista esta representar a causa mais significativa dentre as demais linhas de PET.

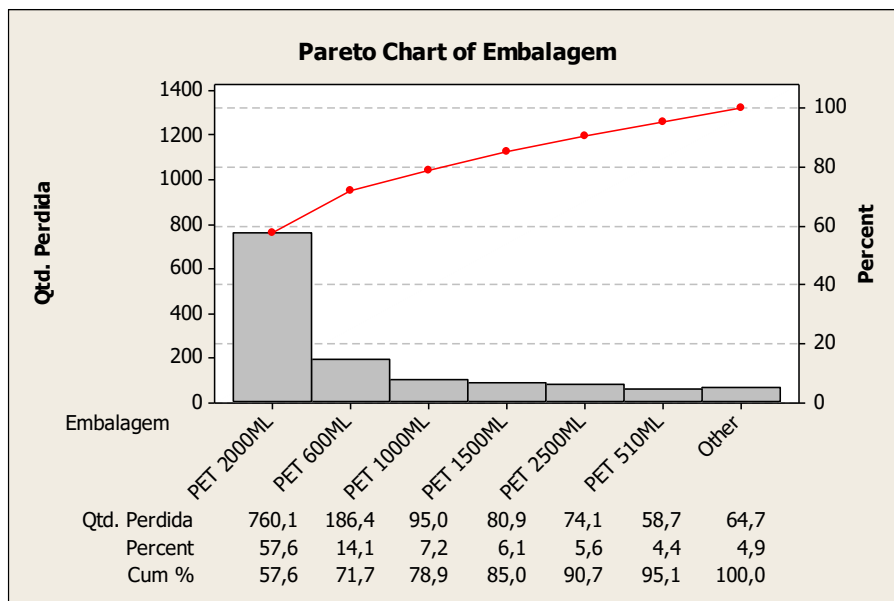
Figura 21: Gráfico de Pareto por Linha



Fonte: Elaborado a partir de dados da pesquisa.

Estendendo a abertura do gráfico de Pareto, numa análise de performance de tamanho de embalagens, conforme evidenciado abaixo na figura 22, nota-se que a performance para tamanhos 2L é baixa, tendo as maiores representatividades no montante de perda de unidade.

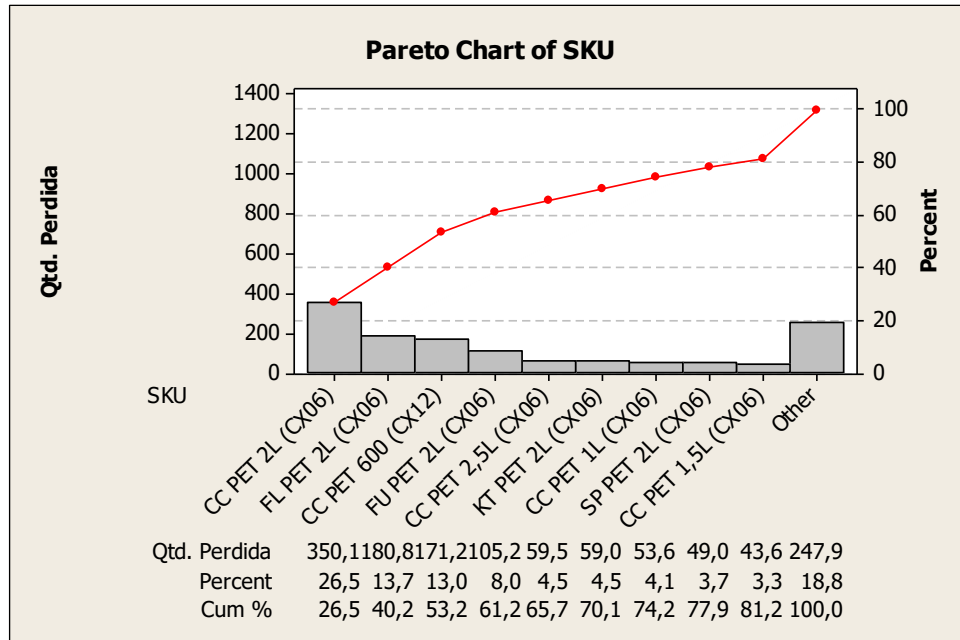
Figura 22: Gráfico de Pareto por Embalagem



Fonte: Elaborado a partir de dados da pesquisa.

Realizando a abertura por SKU, percebe-se que CC Pet 2L, dentre os 29 produtos, representa isoladamente 26% do total da perda da unidade, conforme figura 23.

Figura 23: Gráfico de Pareto por SKU



Fonte: Elaborado a partir de dados da pesquisa.

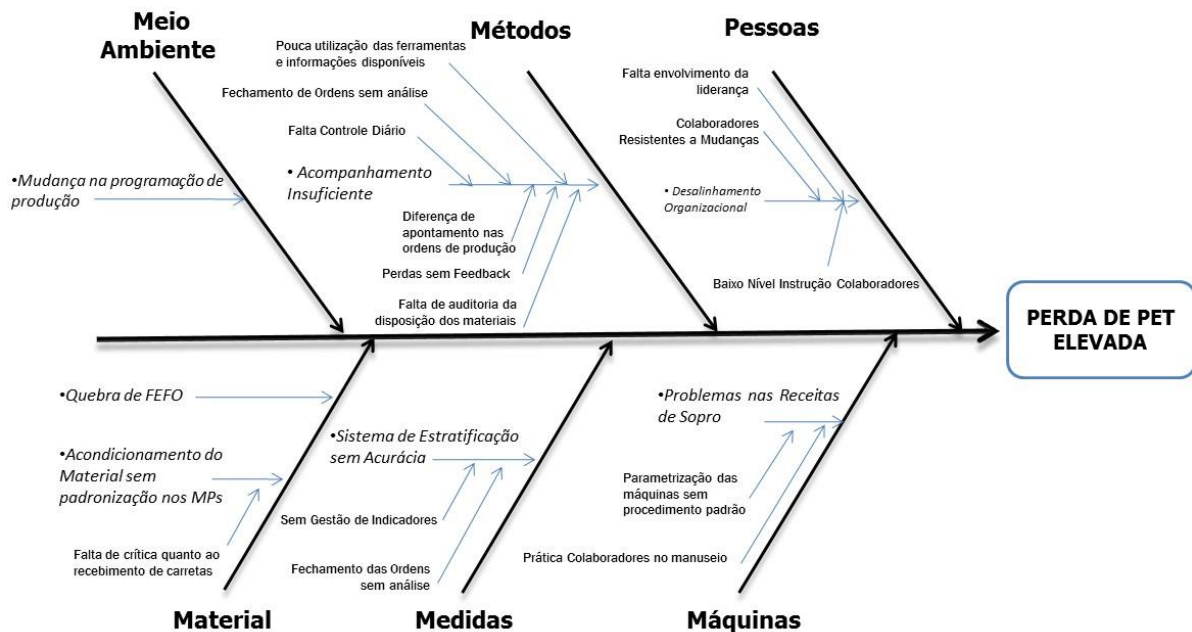
Analisando a Árvore de Perda junto da abertura de pareto, tem-se que para os SKU's de tamanhos 2L, na referida linha supracitada anteriormente, há grande concentração da montante perda de pré-forma, onde a mesma totaliza 89,42% de perda entre todas as embalagens produzidas em tal linha, bem como, a nível proporcional, representaria aproximadamente metade da perda de unidade (49,61%). Notavelmente CC Pet 2L, de fabricação na Linha 08, representa a maior oportunidade de estratificação e tratativa.

### 4.3.3 Etapa Analisar (Analyse)

Após a análise da viabilidade e medição do projeto, foi aplicada a ferramenta de Ishykawa (causa e efeito) para identificação das principais causas que impactavam no desvio do índice em comparativo com a meta, referente à Linha Blocada, desde o descarregamento de pré-forma, até o fechamento geral da ordem de produção, bem como das áreas de apoio que impactam diretamente no resultado do indicador.

O agrupamento específico, de acordo com as áreas responsáveis pelos efeitos de geração de perda e os principais motivos deram origem a Figura 24 onde foram encontradas 21 possíveis causas para o problema da linha em estudo:

Figura 24: Análise de Causa Raiz

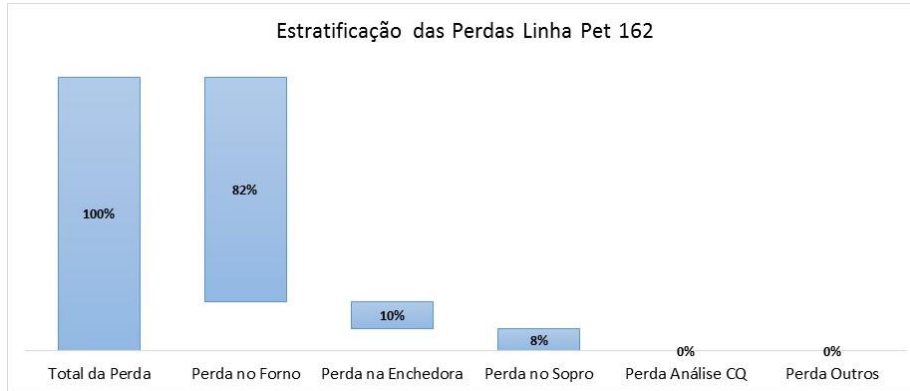


Fonte: Elaborado a partir de dados da pesquisa.

Após o levantamento dos possíveis efeitos geradores da perda de PET na unidade, formulou-se um Chek List para estratificação das perdas “in loco” pela operação (folha de verificação). Tais informações foram coletadas e identificadas via contadores eletrônicos disponíveis na Interface Homem Máquina (IHM) dos equipamentos existentes na linha, assim como coletas das demais perdas do processo, através de contagem manual.

A partir da estratificação “in loco”, foi possível identificar as principais áreas e motivos geradores de perda de PET, conforme detalhado na figura 25, na qual apresenta a participação das áreas, sobre o montante geral de perda registrado, no período de estudo de 17/07/2015 até 31/08/2015.

Figura 25: Estratificação de Perdas – Linhas 162

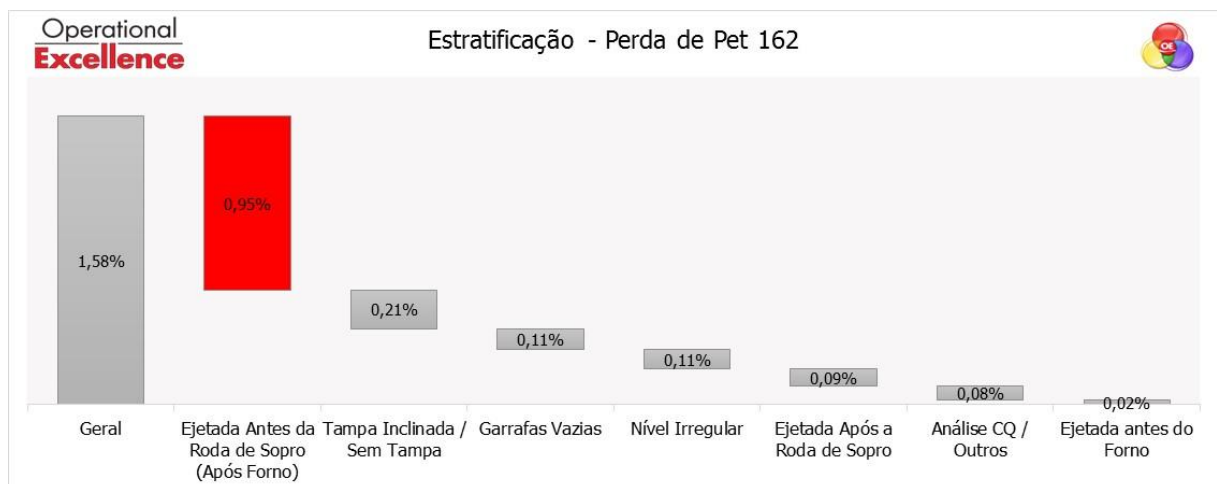


Fonte: Elaborado a partir de dados da pesquisa.

Os resultados obtidos destacam a perda no forno/sopro com maior representatividade no montante de perdas, dentro do período em questão analisado, sendo que para tal alocação é importante destacar que há variadas classificações de perda dentro do próprio sistema de aquecimento e sopro da pré-forma.

Estratificando através de gráficos de pareto (waterfall) as perdas no equipamento forno, discriminado na figura 26, tem-se que dos 1,58% de perda do total de pré-formas sopradas, 0,95% representa somente a perda pelo campo “Ejetada Antes da Roda de Sopro”, o que representa uma 60,12% da perda total. Esta alocação é referente à pré-forma que passou pelo aquecimento no forno, mas não chega a ser transportada para os blocos de moldes onde ocorre o sopro.

Figura 26: Gráfico de Waterfall – Estratificação Perda de Pet



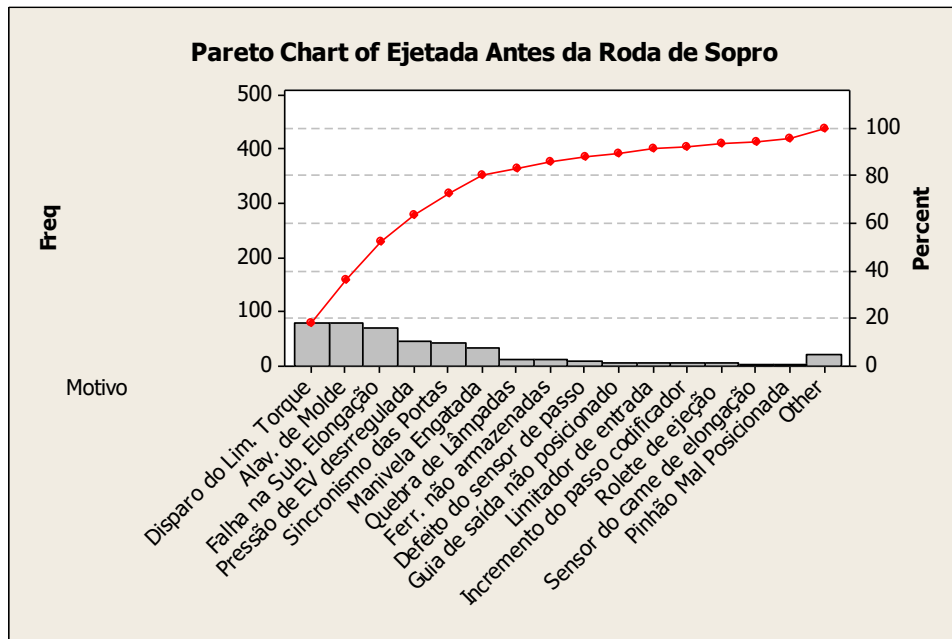
Fonte: Elaborado a partir de dados da pesquisa.

Visto que a representatividade da Linha 08, para tamanhos 2L, tendo como maior impacto as perdas no Forno/Sopro, discriminados como “Ejetada Antes da Roda de Sopro”, é de grande expressividade na geração da perda, outra lista de verificação foi idealizada para levantamento das perdas somente neste ponto, a fim de identificar motivos causadores de tal falha. Após um período de análise de 5 dias, totalizando 136 horas de análise, foram identificados 25 problemas causadores:

- Disparo do Limitador de Torque do Disco de Carreg. ou Módulo de Desen.
- Alavanca de Abertura do Molde desregulada;
- Falha na subida da elongação;
- Porta Aberta;
- Pressão de EV de Sopro Fora dos limites;
- Manivela Engatada;
- Parada de Máquina por Quebra de Lâmpadas;
- Ferramentas não armazenadas;
- Defeito do sensor de passo da máquina;
- Guia de roda de saída de garrafas não posicionada;
- Limitador de torque do forno acionado;
- Incremento do passo codificador incoerente;
- Defeito no sensor de detecção do rolete de ejeção por falha no revestimento;
- Defeito no sensor do came de elongação;
- Pinhão de uma haste giratória mal posicionada na corrente;
- Pressão de movimento dos cilindros insuficiente;
- Defeito no sensor de came de subida de alongamento;
- Braço de transferência de garrafas não detectado;
- Defeito no rele liga-desliga geral K1B;
- Defeito no sistema autômato;
- Parada de Emergência roda de sopro acionada S1F;
- Parada Geral
- Braço de transferência de pré-formas não detectado
- Eixo de Bloqueio do molde não posicionado N°15
- Pressão de Estiramento fora dos limites

Após elencar os motivos causadores foi realizado uma tabulação de dados para verificação das frequências de ocorrência de cada um dos motivos já listados, onde se identificou, através da elaboração de um gráfico de pareto, que quatro motivos correspondiam a 63,33% do total das 439 ocorrências listadas, conforme detalhado na figura 27, no período de análise referido, sendo elas: Disparo do Limitador de Torque do Disco de Carregamento ou Módulo de Desempoeiramento, Alavanca de Abertura do Molde Desregulada, Falha na subida da elongação e Pressão de EV de Sopro Fora dos limites.

Figura 27: Pareto Motivos Ejetada Antes da Roda de Sopro



Fonte: Elaborado a partir de dados da pesquisa.

Após o levantamento de tais valores, foi visto juto aos especialistas da área de Sopro, Mantenedores e Técnicos em Produção, quais as causas geradoras de tais motivos, e se identificou: O Disparo no Limitador de Torque do Disco de Carregamento é causado pelo excessivo esforço de saída no limitador de torque.

Após levantamento e verificação de todas as causas dos problemas, o próximo passo é implementar as melhorias, de acordo com a identificação de gargalos e gaps, para continuidade do projeto.

#### 4.3.4 Etapa Melhorar (*Improve*)

Tratando os problemas que foram levantados e evidenciados ao longo das etapas, foi elaborado junto à equipe do projeto um plano de ação (Figura 28), contendo intervenções direcionadas, onde foram definidos prazos e pessoas responsáveis por cada ação.

O Plano de ação fora construído em conjunto pelos colaboradores do atual projeto na unidade, bem como do especialista de sopro da companhia.

Figura 28: Plano de Ação

Área: Industrial - Solar FOR						
Item de Controle: Perda de PET - FOR						
Plano de Ação						
ITEM	O QUE	PORQUE	COMO	ONDE - ÁREA	QUEM	
18	Reparar anéis de inbut de pré-forma	Para melhoria no processo de inbut de pré-forma no turnet, tendo em vista que as mesas não centralizam e ocasionam quebra de lâmpadas.	Reparar anéis oring's dos inbut	FOR	Martinho	
19	Desmontar limitador de torque da roda de alimentação	Para melhoria no processo da roda de acoplamento de entrada do forno (Decorrente da parada "Disparo no Limitador de Torque na Roda do Desempeador")	Substituindo limitador de torque que atualmente está deteriorado	FOR	Luis Carlos	
35	Sensor de Saída da Enchedora (Garrafa Vazia)	Para garantia de retirada de garrafas vazias, evitando que as mesmas passem vazias para o Capsulador - Travamento da Roda de Sopro	Verificando sinal do sensor / Realizando reparo do Mesmo	FOR	Herculano	
36	Desenhar fluxo de Fechamento de Ordem	Para evitar variação diária no indicador de Pet (Dias com Perda Alta e depois Dias com Perda Baixa)	Realizando mapeamento do fluxo atual e definindo ponto de corte nas Linhas de Pet	FOR	Alisson	
37	Revisar Plano de Manutenção da Sopradora/Enchedora da Linha Blocada	Para garantia das intervenções direcionadas, objetivando diminuir as paradas corretivas	Realizando mapeamento dos Planos Atuais e detalhando os principais pontos de verificação	FOR	Martinho	
38	Revisão Geral nos 18 cabeçotes	Devido às falhas na aplicação de tampas e amassamento de rolhas nos cabeçotes gerando perda de pet	Realizando a manutenção nos mesmos e substituindo os bocais atualmente dimensionados para tampa 1 pç	FOR	Bené	
39	Realizar desmonte geral de válvulas de enchimento (10 por 10) - Substituir macacos, roletes, buchadas dos balancis e pinças	Devido à perdas por falha no nível de enchimento decorrente de vazamento, problemas em reparos e desnivelamento	Criando rotina de verificação de válvulas, 10 por 10, em cada PCM ou grande parada (quadro de gestão à vista de válvulas).	FOR	Júlio Cesar	
40	Desmontar redutor principal e trocar reparos da enchedora	Devido à perdas por falha no nível de enchimento decorrente de vazamento, problemas em reparos e desnivelamento	Substituindo redutor conforme indicação de inspeção técnica	FOR	Júlio Cesar	
41	Ajustar e revisar transporte de préformas	Devido à falhas na alimentação de pré-formas do forno, ocasionando falha na roda do desempoeirador	Realizando intervenção em "mini reforma". Itens listados antecipadamente à parada, na qual fora feita uma reunião de alinhamento com toda a operação. Todo o orçamento da Linha Pet Sidel 162 foi revisado na reforma, sendo que apenas sopradora ficou com toda a verba garantida.	FOR	Martinho	
42	Substituir guia do rolete do corpo da haste giratória (trilho dos anéis de inbut) - tournet	Devido à desgaste e desnivelamento ocasionando quebra de lâmpadas e consequente torque na roda de transferência		FOR	Martinho	
43	Revisar Tubulação de Água da refrigeração do fundo do molde / Realizar limpeza na tubulação, bornes e cabos elétricos	Devido à má refrigeração e desgaste ocasionando má formação da garrafa		FOR	Martinho	
44	Substituir lâmpadas do forno	Para garantia do processo de aquecimento de pré-forma, não gerando paradas por queima/torque		FOR	Martinho / Jaime	
45	Substituir 60 buchadas de hastes giratórias	Para melhoria de performance no inbut de pré-formas do forno, na qual devido ao não encaixe correto, ocasionava quebra de lâmpada e torque na roda de trans.		FOR	Max	
46	Trocar ventiladores do forno	Para melhoria no processo de refrigeração da pré-forma, otimizando formação da garrafa		FOR	Martinho	
47	Substituir refletores e refratados da sopradora	Para melhoria no processo de aquecimento da pré-forma, otimizando formação da garrafa		FOR	Martinho	
48	Substituir as régua de refrigeração	Para melhoria no processo de refrigeração da pré-forma, otimizando formação da garrafa		FOR	Max	
49	Substituir rolamento de reversão da haste giratória	Para melhoria de performance no inbut de pré-formas do forno, na qual devido ao não encaixe correto, ocasionava quebra de lâmpada e torque na roda de trans.		FOR	Max	
50	Substituir roletes dos braços de transferência de pré-formas	Devido à falhas no processo de transferência de garrafas (desnivelamento atrapalha no pinçamento de garrafas)		FOR	Martinho	
51	Substituir reparos da haste de elongação	Para melhoria no processo de sopro da garrafa		FOR	Martinho	
52	Substituir 4 suportes para lâmpadas	Devido à desgaste e desnivelamento das lâmpadas do forno as mesmas estavam avançadas e ocasionavam quebra de lâmpadas		FOR	Martinho	
54	Realizar intervenções (3) na ETA para sanar os problemas de biofilme na água	Devido à constantes falhas por Falta d'água na Linha gerando perda de PET geral do forno		Realizar passagem do PIG + Troca dos Cartuchos + Passagem de Vapor na Tubulação	FOR	Sandra Lucia

N. Ações Planejadas  
N. Ações Realizadas  
% Ações realizadas

Fonte: Elaborado a partir de dados da pesquisa.

### 4.3.5 Etapa Controlar (Control)

Tendo executadas as ações de intervenções na linha bloqueada, foram obtidos retornos significativos na performance, na qual refletem diretamente nos indicadores mensais da unidade, conforme a figura 29, onde apresenta o detalhamento dos indicadores demarcados mensalmente, bem como registrando o período de vigência e operação do projeto de melhoria formulado.

Figura 29: Resultados da Perda de Pet

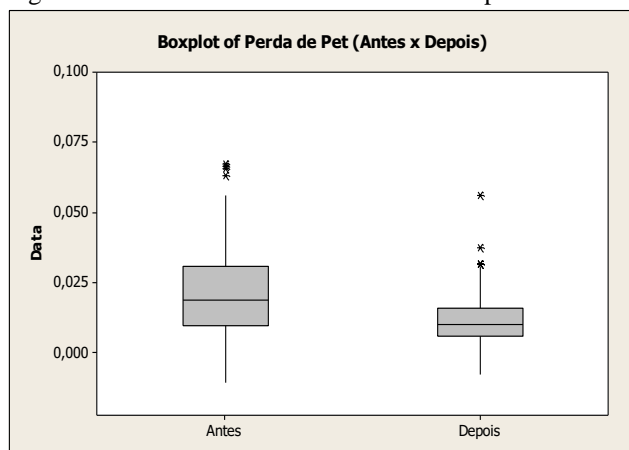


Fonte: Elaborado a partir de dados da pesquisa.

A unidade apresentou resultados significativos, pois figura 18 apresenta os resultados mensais de perda da unidade, até o dia 31 de dezembro de 2015.

O gráfico de Boxplot (Figura 30) mostra a comparação entre os cenários na unidade, antes e após o projeto. Antes (período de janeiro à maio), foi obtido um resultado ponderado de 2,08% de perda, com desvio padrão de 0,65%, nível sigma de 0,79 e taxa de falhas de 76,5%. Já após o projeto (junho a dezembro) em 2015 a média ficou em 0,93%, com um desvio padrão de 0,36%, um nível sigma de 3,73 e uma taxa de falhas de 1,28%.

Figura 30: Blox Plot do Processo Antes e Depois



Fonte: Elaborado a partir de dados da pesquisa.

A Tabela 06 apresenta os dados relativos aos ganhos encontrados com a obtenção das melhorias ao longo do projeto, tendo em vista a aplicação das ações, onde evidencia a representatividade financeira, com a atual performance de 1,02%.

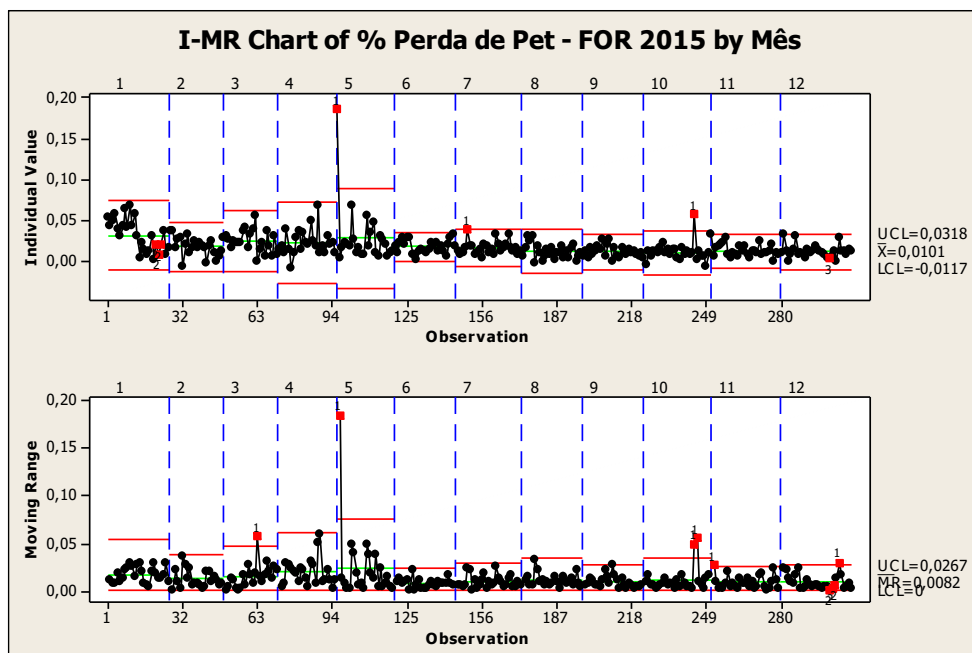
Tabela 06: Comparativo dos cenários após o projeto.

Etapa	Item	Atual	Proposto	Alcançado
1	Total Médio/Mês de Embalagens Sopradas	13.401.795	13.401.795	<b>13.401.795</b>
2	% Perda	2,08%	1,14%	1,02%
3	Total Médio/Mês de Embalagens Perdidas	278.757	152.780	<b>136.698</b>
4	R\$ Custo Unitário Médio	R\$ 0,25	R\$ 0,25	R\$ 0,25
5	Total R\$ Médio/Mês Perdido	R\$ 68.649,75	R\$ 37.625,34	<b>R\$ 33.664,78</b>
6	Total R\$ Médio/Anual Perdido	R\$ 823.796,95	R\$ 451.504,10	<b>R\$ 403.977,35</b>
7	Total Resíduo Gerado (Kg)	129.577	71.018	<b>63.542</b>

Fonte: Elaborado a partir de dados da pesquisa.

A figura 31 apresenta os resultados mensais da perda PET da unidade, numa fotografia anual dos resultados, onde notou-se uma redução na dispersão dos dados, assim como, menor variação dos mesmos e centralização da média. Evidencia-se que os resultados foram constantes e contínuos com baixa variabilidade dos mesmos.

Figura 31: Carta de Controle Perda de Pet 2015.



Fonte: Elaborado a partir de dados da pesquisa.

Após os resultados obtidos, todas as ações listadas no plano, foram convertidas em plano de manutenção para os equipamentos, onde objetivou-se a rotineira verificação dos mesmos. A incorporação das ações no plano de manutenção, consolidou o cenário de intervenções preventivas e por condição, diminuindo a quantidade de intervenções corretivas na máquina.

A figura 32 apresenta alguns exemplos de pontos de inspeção, listados no plano de manutenção, relativo às áreas Elétrica, Mecânica e Operacional (Lubrificação).

Figura 32: Plano de Manutenção

Sopradora SBO 20 Eletrica	
Conjunto	Descrição
Estrutura	Verificar botoeira de segurança das portas e emergenciais
	Verificar iluminação interior
	Controle do funcionamento da torre de luzes de Alarme
	Verificar sensores das portas
Forno	Verificar e Substituir se necessario lampadas e refletores

Sopradora SBO 20 Lubrificação	
Conjunto	Descrição
Roda	Lubrificação das unidades GUPM e Pinos Quia dos Moldes
	Lubrificação dos Eixos de Bloqueio das unidades GUPM
	Lubrificação do mancal do motor principal
	Verificar sistema de lubrificação pulverizada
	Controle do sistema de lubrificação automática completar se necessario
Forno	Controle da lubrificação automática dos rolamentos e cames lineares
	Lubrificação dos cames de ejeção de preformas
	Lubrificação dos cames de revestimento e de extração
	Verificar sistema de lubrificação pulverizada
	Lubrificação dos eixos dos mancais
Desempeirador	Lubrificação do mancal

Sopradora SBO 20 Mecanico	
Conjunto	Descrição
Roda	Limpeza Geral
	Limpeza e verificação do estado das vedações dos narizes de tubeiras
	Limpeza das unidades GUPM e Pinos Quia dos Moldes
	Limpeza dos cames de travamento e destravamento
	Limpeza dos Eixos de Bloqueio das unidades GUPM
	Controle visual do motorreductor
	Verificar o amortecedor GUPM, ajustar se necessario ou substituir
	Verificar o estado das molas do travamento e fundo de molde
	Verificar vazamentos de ar comprimido no sistema pneumatico
	Limpeza dos filtros do circuitos hidraulicos
Forno	Vericar desgaste das bases e pinos selete
	Limpeza dos cames de ejeção de preformas
	Limpeza dos cames de revestimento e de extração
	Limpeza superficial

Fonte: Elaborado a partir de dados da pesquisa.

Por fim, validou-se a utilização de um *Dash Board* padrão de acompanhamento de perda de pré-forma, com estratificações das perdas gerais e perdas estratificadas. O *Dash Board* de acompanhamento foi incorporado a passagem de turno da operação, na qual diariamente comenta os referidos resultados, assim como lista quais as intervenções necessárias que atendam. A figura 33 evidencia o layout do plano de controle criado.

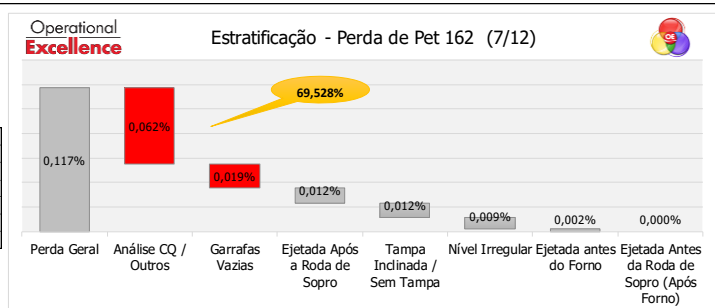
Figura 33: DashBoard de Controle de Perda de Pet.

Estratificação - Perda de Pet 162 (7/12)

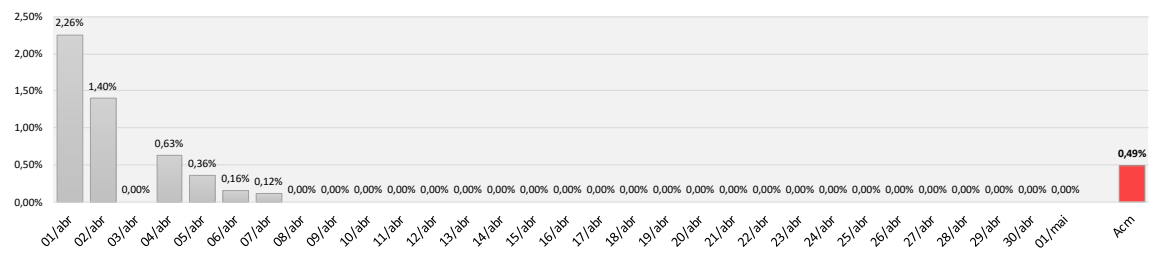
Skus Produzido	FL 2L / KT 2L
Total Utilizado	397.718
Total Perdido	466
% Perda	0,117%

0,117%	Perda Geral	
0,062%	0,055%	Análise CQ / Outros 53,004%
0,019%	0,036%	Garrafas Vazias 16,524%
0,012%	0,023%	Ejetada Após a Roda de Sopros 10,515%
0,012%	0,012%	Tampa Inclinada / Sem Tampa 10,086%
0,009%	0,002%	Nivel Irregular 7,940%
0,002%	0,000%	Ejetada antes do Forno 1,931%
0,000%	0,000%	Ejetada Antes da Roda de Sopros (Após Forno) 0,000%



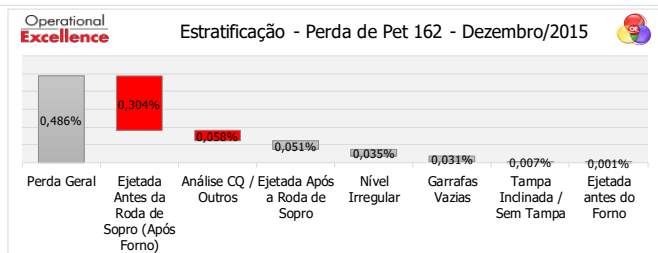
Estratificação - Perda de Pet 162 - Dezembro/2015



Mês Selecionado >	Abril
Total Utilizado	1.740.307
Total Perdido	8.460
% Perda	0,49%

0,486%	Perda Geral	
0,304%	0,82%	Ejetada Antes da Roda de Sopros (Após Forno) 62,54%
0,058%	0,24%	Análise CQ / Outros 11,927%
0,05%	0,073%	Ejetada Após a Roda de Sopros 10,473%
0,035%	0,039%	Nivel Irregular 7,16%
0,03%	0,008%	Garrafas Vazias 6,37%
0,007%	0,00%	Tampa Inclinada / Sem Tampa 1,359%
0,00%	0,00%	Ejetada antes do Forno 0,219%



Fonte: Elaborado a partir de dados da pesquisa.

Para garantir que esse desempenho continue assim é preciso o acompanhamento mensal das ações. São realizadas reuniões semanais com todos os envolvidos para manter a cultura do projeto, a cultura do acompanhamento e a resolução dos pontos importantes de cada falha. Em janeiro de 2016, foi realizada uma reunião sobre o apanhado geral do projeto demonstrando as ações e como elas foram de fácil resolução, e comparando os resultados de janeiro à maio com o período de junho a dezembro no ano de 2015. Cada integrante compartilhou a experiência e explanou a importância dessa metodologia na organização.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Seis Sigma mostrou ser uma metodologia eficaz na padronização de processos, na redução de variabilidade, no desenvolvimento de lideranças e no direcionamento de esforços de melhoria ligados à execução da estratégia da organização, intervendo efetivamente em cima de causas fundamentais, gerando alto desempenho dos processos e consequente redução de custos.

A metodologia possibilitou identificar as causas fundamentais dos problemas que impediam o atingimento da meta proposta pela companhia para as perdas de embalagens PET. Para se obter aos atuais resultados, foi aplicado o método DMAIC. Com sua aplicação, foi possível definir o escopo do projeto (Define), determinar o desempenho do processo (Measure), identificar as causas raízes dos problemas (Analyze), propor soluções (Improve) e garantir que os ganhos fossem perpetuados (Control).

A aplicabilidade, tanto da metodologia Seis Sigma, quanto ao uso método DMAIC, é nitidamente, viável em demais empresas do mesmo segmento, tendo em vista que podem ocorrer alterações no escopo dos projetos devido à diferença e particularidades de processos.

O presente estudo demonstrou ter impacto significativo e influência direta no resultado da companhia, por apresentar melhorias sustentáveis ao processo de fabricação. Isso porque, a baixa performance e alto custo da resina, como anteriormente comentado, evidenciaram um alto impacto e um verdadeiro gargalo na contabilização financeira do referido resultado.

Como resultados qualitativos, destaca-se redução no percentual de perda de embalagens PET da unidade, anteriormente situado em 2,08% passando para 1,02%, diminuindo os custos de produção e quantidade de resíduos gerados ao meio ambiente. Além disto, pode-se destacar também ganhos quantitativos, de caráter intangível, como: satisfação dos colaboradores, efetiva comunicação entre turnos e níveis hierárquicos, formalização e adequação do processo de fechamento de ordens de produção.

Como aspectos limitador, tem-se a disponibilidade de recursos suficientes para execução das atividades à serem executadas no plano de ação, como por exemplo: recursos financeiros, além do já previstos para manutenções preventivas e corretivas, recursos logísticos de matéria-prima e programação de produção, recursos de mão de obra mantenedora para execução e recursos tecnológicos para inspeções eletrônicas e trabalho automatizados.

Como sugestão de trabalhos futuros, o método se mostrou eficaz na implementação em linhas de pet, podendo facilmente ser replicado para as demais linhas da fábrica e do grupo, tendo como ponto de atenção as particularidades técnicas dos maquinários.

Para a perpetuação dos ganhos é necessário o acompanhamento do processo, utilizando-se de gráficos de controle, diferenciando-se causas comuns de causas especiais, que estejam além da tolerância de processo (meta).

Por fim, conclui-se que a utilização da metodologia Seis Sigmas junto à aplicabilidade do método DMAIC, para causas não-trabalhadas ou desconhecidas, garante a resolução de problemas, a padronização de processos, a certeza de um resultado assertivo e o envolvimento de equipe, gerando aprendizado para aplicações futuras.

## REFERÊNCIAS

ABIPET, Associação Brasileira da Indústria do PET. Disponível em: <[www.abipet.org.br](http://www.abipet.org.br)>. Acesso em: 18 Abr de 2016.

ABIR, Associação Brasileira da Indústria de Refrigerantes. Disponível em: <<http://www.abir.org.br>>. (Dados de 2002 a 2014). Acesso em: 18 Abr de 2016.

ACTION, Portal Action. Disponível em: <<http://www.portalaction.com.br/>>. Acesso em 25 Fev 2016.

ALCOA – Alcoa Alumínio. Disponível em: <<https://www.alcoa.com/brasil/>>. (Dados de 2006). Acesso em: 25 Abr 2016.

Ambev, Companhia de Bebidas das Américas. Disponível em: <<http://ri.ambev.com.br>>. Acesso em: 18 Abr de 2016.

ARAÚJO, Luis César G. de; GARCIA, Adriana Amadeu; MARTINES, Simone. **Gestão de Processos: melhores resultados e excelência organizacional**. São Paulo: Atlas, 2011.

BARROS, Aidil Jesus da Silveira; LEHFELD, Neide Aparecida de Souza. **Fundamentos de Metodologia Científica**. 3.ed. São Paulo: Prentice-Hall, 2007.

BLAKESLEE JR., J.A. **Achieving quantum leaps in quality and competitiveness: implementing the Six Sigma solution in your company**. Proc. 53th Annual Quality Congress of the American Society for Quality, Anaheim, Califórnia, mai/99.

CARVALHO, Marly Monteiro, PALADINI, Edson Pacheco. **Gestão da Qualidade: Teoria da Qualidade**. Rio de Janeiro: Campos. 2005.

E. R. Davis, **Total Quality Management for Home Care**, Aspen Publishers, Gaithersburg, Mary-land, 1994.

ECKES, George. **A Revolução Seis Sigma: O Método que levou a GE e outras empresas a transformar um processo em lucro**. 3 ed. Rio de Janeiro: Campos, 2001.

GARVIN, David A. **Gerenciando a qualidade: a versão estratégica e competitiva**. Rio de Janeiro : Qualitymark, 1992.

GOLDSBY, Thomas; MARTICHENKO, Robert. **Lean six sigma logistics: strategic development to operational success**. J. Ross Publishing, Inc. 2005.

GUA – Gesellschaft für umfassende Analysen, **The Contribution of Plastic Products to Resource Efficiency**, Final Report, Updated Version 1.1, Vienna, January, 2005.

INMETRO, **O Movimento da Qualidade no Brasil**. 2011.

JUNIOR, Antonio Robles e BONELLI, Valério Vitor. **Gestão da Qualidade e do Meio Ambiente: Enfoque econômico, financeiro e patrimonial**. Editora: Atlas. São Paulo. 2006

JURAN, JOSEPH M. et. al. **Controle da Qualidade Handbook - Conceitos, Políticas e Filosofia da Qualidade**. São Paulo: McGraw Hill , 1991.

KOTLER, P. & Armstrong, G. **Princípios de Marketing**. 9a ed. Pearson/Prentice Hall: São Paulo, 2005.

KOTLER, Philip. **Marketing para o Século XXI**. ed. Ediouro: São Paulo, 2009.

*Lean Institute* Brasil. Disponível em: <http://www.lean.org.br> Acesso em 30 mai de 2016.

LINDERMAN, K. et al. A. **Six Sigma: a goal-theoretic perspective**. *Journal of Operations Management*. v. 21, n. 2, p. 193-203, 2003.

MARANHÃO, M. **ISO Série 9000: Manual de Implementação**. Rio de Janeiro: Qualitymark EDITORA, 1994.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Metodologia científica**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2011.

MAXIMIANO, Antonio Cesar A. **Introdução à Administração**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

MCCARTY, Thomas; BREMER, Michael; DANIELS, Lorraine; GUPTA, Praveen. **The six sigma black belt handbook**. *Motorola University*, 2004.

MESQUITA, M. **Competências essenciais para melhoria contínua da produção: estudo de caso em empresas da indústria de autopeças**. São Carlos: UFSCar (2001). (Dissertação de Mestrado).

MINITAB *User'Guide Release 17.2*. for Windows, 2014.

MINITAB. Disponível em: <<https://www.minitab.com/pt-br/>>. Acesso em: 18 Abr de 2016.

MITCHELL, B. **The Six Sigma appeal**. *Engineering Management Journal*, p. 41-47, 1992.

PASQUINI, Nilton César; RIBEIRO Antonio Manuel da Rocha. **Avaliação do uso de ferramentas da qualidade em empresas do setor têxtil instalado da região do pólo têxtil (RTP)**.

IESA - Instituto de Ensino Superior de Americana. São Paulo, 2010.

PZYDE, T. – **Seis Sigma: uma ferramenta em busca do defeito zero** – HSM Management, v.38, mai-jun. 2003

RODRIGUES, Marcus Vinicius. **Ações para Qualidade, Gestão Integrada para Qualidade**. Rio de Janeiro. Editora: Qualitymark. 2006.

ROTONDARO, Roberto G.; RAMOS, A.W.; RIBERIRO, C.O.; MIYAKE, D.I.; NAKANO D.; LAURINDO, R.F.B.; HO, L.L.; CARVALHO, M.M.; BRAZ, M.A.; BALESTRASSI, P.P. **Seis Sigma. Estratégia Gerencial para Melhoria de Processos, Produtos e Serviços**. São Paulo: Atlas, 2002.

SANTOS, A. B.; MARTINS, M. F. **Modelo de referência para estruturar o seis sigma nas Organizações**. *Gestão & Produção*, São Carlos, v. 15, n. 1, p. 43-56, jan-abr. 2008.

SANTOS, Edilene Galdino dos; LIMA, Izabel França de; ABRANTES, Mônica Paiva Santos de. **Gerenciamento da rotina diária em unidades de informação**. São Paulo, 2006.

SCHROEDER, R. G.; LINDERMAN, K.; LIEDTKE, C.; CHOO, A. **Six sigma: definition and underlying theory**. *Journal of Operations Management*, v. 26, n. 4, p. 536–554, 2008.

SENAPATI, S. R. **Six sigma: myths and realities**. *International Journal of Quality & Reliability Management*, v.21, n. 6, p. 683-690, 2004.

STEFANELLI, Paola. **Modelo de programação da produção nivelada para produção enxuta em ambiente ETO com alta variedade de produtos e alta variação de tempos de ciclo**. São Carlos 2010. Dissertação de mestrado em Engenharia de Produção.

TOLEDO, J.C.; CARPINETTI, L.C. **Gestão da Qualidade. Revista Produtos e Serviços: Encarte Fábrica do Futuro: entenda hoje como sua indústria vai ser amanhã**. São Paulo: dez 2000. P. 115-122.

VERGARA, Sylvia Constant. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração**. 11. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

WERKEMA, M. C. C. **Report seis sigma**. São Paulo: EPSE, 2002

YIN, Robert K. **Estudo de Casos: Planejamento e Métodos**. São Paulo: Editora Bookman, 2005, 212p

## ANEXO A



Maracanaú, 08 de janeiro de 2016.

À Universidade Federal do Ceará

A/C Dra. Mônica Cavalcante Sá Abreu

Professora Associada II e Coordenadora LECoS/UFC

Autorizamos a utilização e posterior publicação dos dados, pelo atual funcionário **Alisson Conceição de Oliveira**, matrícula Nº **21012024**, da unidade de Maracanaú/CE, no presente trabalho de conclusão de curso, relativos à mensuração, análise e identificação de oportunidades das perdas de embalagens de PET, da referida planta supracitada, visto entendermos e conhecermos os objetivos, procedimentos metodológicos, riscos e benefícios do(a) atual pesquisa/projeto em questão.

Atenciosamente,

A handwritten signature in blue ink is written over a rectangular stamp. The stamp contains the text "SOLAR BR PARTICIPAÇÕES S/A", "Rafael Vaz Ferreira", and "Gerente Industrial".

SOLAR BR PARTICIPAÇÕES S/A  
Rafael Vaz Ferreira  
Gerente Industrial

Gerente de Fábrica/Industrial