

UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

HIGOR HENRIQUE CLEMENTE

**PROPOSTA DE REDUÇÃO NAS SOBRAS DE MATERIAL DE UMA FÁBRICA DE
EMBALAGENS FLEXÍVEIS COM A APLICAÇÃO DA FERRAMENTA DMAIC**

DOURADOS – MS
2018

HIGOR HENRIQUE CLEMENTE

**PROPOSTA DE REDUÇÃO NAS SOBRAS DE MATERIAL DE UMA FÁBRICA DE
EMBALAGENS FLEXÍVEIS COM A APLICAÇÃO DA FERRAMENTA DMAIC**

Trabalho de Conclusão de Curso como requisito de avaliação no curso de graduação de Engenharia de Produção na Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD).

Orientador: Prof. Me. Carlos Eduardo S. Camparotti

Dourados – MS
2018

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais e familiares que me apoiaram em todos os momentos da minha vida. Sem eles este trabalho não seria possível.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus por me dar a oportunidade de chegar a este momento, ajudando-me a superar vários obstáculos e me dar fé de que tudo é possível.

Aos meus pais Antonia Regina Motta Clemente e Valdemar Clemente por ter me dado apoio, carinho e força em todos os momentos da minha vida, em estarem me incentivando a não desistir diante das dificuldades.

A minha irmã Sarah Haline Clemente, que sempre me deu calma e paciência para encarar todos os desafios.

Agradeço as pessoas que me auxiliaram durante o desenvolvimento deste trabalho e à empresa que me deu suporte para realizar meu estudo.

Ao meu orientador Carlos Eduardo S. Camparotti, pela dedicação e profissionalismo para a realização deste trabalho.

RESUMO

O setor de embalagens flexíveis está em alta no mercado com previsões de crescimento relevantes, sabendo disso, seu processamento deve adequar-se as especificações dos clientes externos e internos, afim de crescer conforme as previsões. O processo de embalagens flexíveis é extremamente detalhista e pode ocorrer sobras de materiais, desta maneira o presente trabalho propõe melhorias para reduzir as sobras de materiais em uma indústria de embalagens flexíveis. A motivação deste trabalho foi a recorrência de sobras de PE (Polietileno) após o processamento da 2ª laminação, que acumulam-se diariamente e também demoram para voltar para produção. Utilizou-se das etapas do DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve e Control*) para estratificar os principais motivos das sobras de PE e através de medições e análises constatou-se que as causas principais foram: Poka Yoke da extrusora possivelmente está demorando em alertar quando a metragem estabelecida é atingida, o Conta Metro das máquinas podem estar desregulado e as Aparas geradas nos processos por outras causas. Portanto, com o intuito de melhoria nos processos foi desenvolvido um plano de ação para as causas principais mencionadas. Dessa forma, foram propostos três planos de ação, um para cada causa e apenas um deles foi realizado, sendo o mais viável a possibilidade do Conta Metro estar desregulado. O software Minitab foi fundamental para realização do entendimento do processo através dos cálculos do Nível Sigma e Índices de Capacidade e também na efetuação de diversas ferramentas, como Gráfico de Pareto, Diagrama de Ishikawa e Teste de Normalidade.

Palavras Chave: Lean Six Sigma, Dmaic, Sobras, Indústria de Embalagens Flexíveis.

ABSTRACT

The flexible packaging market is booming in the market with relevant growth forecast, knowing that, your order must be adjusted according to the specifications of the external and internal customers, and should be done according to the forecasts. The process of flexibilizing loads and leftovers of materials, in this way the present work can be improved in the form of subgroups of materials in a flexible industry. The reason for this work was the recurrence of surnames of PE (Polyethylene) after the processing of the 2nd lamination, which contains daily and also the delay to return to production. Using the DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, and Control) steps to layer the main reasons for leftover PE and the medications and analyzes that are primarily responsible for alerting when footage is being released, the Device Metro account can be deregulated and as generated in the processes for other causes. Therefore, in order to improve processes, a plan of action has been developed for the main causes mentioned. Thus, three action plans were proposed, one for each time and only one of them was carried out, being the most feasible the possibility of Metro Metro being deregulated. The Minitab software was fundamental for conducting process studies through Sigma indicators and Capacity and Communication Indexes, such as Pareto Graph, Ishikawa Diagram and Normality Test.

Keywords: Lean Six Sigma, Dmaic, Leftovers, Flexible Packaging Industry.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Os 5 princípios do Pensamento Enxuto	4
Figura 2 - Os sete desperdícios.....	6
Figura 3 - Gráfico de Pareto.	13
Figura 4 – Histograma.	14
Figura 5 - Exemplificação de um Gráfico de Controle.	14
Figura 6 - Diagrama de Causa-Efeito.	15
Figura 7 - Modelo Geral da estrutura organizacional da empresa.....	20
Figura 8 - Caracterização Abrangente do Processo.....	21
Figura 9 - Gráfico de Pareto para aparas que ocorreram durante o processo.....	29
Figura 10 - Teste de normalidade para as porcentagens de metros realizados na Extrusão.....	30
Figura 11 - Teste de normalidade para as porcentagens de metros realizados na impressão...	31
Figura 12 - Nível sigma da comparação percentual das metragens extrusadas.....	32
Figura 13 - Nível sigma da comparação percentual das metragens impressas.....	33
Figura 14 - Valores de Cp e Cpk Impressão.....	34
Figura 15 - Valores de Cp e Cpk Extrusão.....	35
Figura 16 - Carta de Controle do percentual de metragem da Extrusão.....	36
Figura 17 - Carta de Controle do percentual de metragem da Impressão.	36
Figura 18 - Diagrama de Causa e efeito para sobras de PE.....	37

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Acompanhamento das eras da qualidade.	8
Quadro 2 - Plano de ação.....	18
Quadro 3 - Frequentes laminações.	22
Quadro 4 - SIPOC do processamento de embalagens de duas laminações.	24
Quadro 5 - Os setes desperdícios encontrados no processamento de 2 laminações.....	25
Quadro 6 - Soluções para eliminar/reduzir as causas fundamentais.	39
Quadro 7 - Indicadores de Produção de Sobras e Aparas.....	41

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Comparação Nível Sigma com o PPM.....	10
Tabela 2 - Modelo de Matriz de Priorização de Causas Potenciais.....	16
Tabela 3 - Matriz de priorização de soluções potenciais.....	17
Tabela 4 - Acompanhamento de metragem de Extrusão dos pedidos.....	26
Tabela 5 - Acompanhamento de metragem de Impressão dos pedidos.....	27
Tabela 6 - Acompanhamento de metragens nas revisões e laminações.....	27
Tabela 7 - Quantidade de materiais após a segunda laminação.....	28
Tabela 8 - Interpretação dos valores dos Índice Cp e Cpk.....	34
Tabela 9 - Matriz de Priorização para causas do problema.....	38
Tabela 10 - Metragens referente a bobina amostral nas máquinas.....	40

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 - Cálculo do PPM.	10
Equação 2 - Cálculo do Cp.	10
Equação 3 - Cálculo do Cpk.	11
Equação 4 - Cálculo das Matrizes de priorização.	16
Equação 5 - Conversão de quilos em metros.	28

SUMÁRIO

1. Introdução.....	1
2. Problemática.....	2
3. Objetivos.....	2
3.1 Objetivo Geral.....	2
3.2 Objetivo Especifico.....	2
4. Justificativa.....	3
5. Revisão Literária.....	3
5.1 Lean.....	3
5.2 Os 5 princípios.....	4
5.3 Sete Desperdícios.....	6
5.4 Gestão da Qualidade Total.....	7
5.5 Seis Sigma.....	9
5.6 Metodologia DMAIC.....	11
5.6.1 Define.....	11
5.6.2 Measure.....	12
5.6.3 Analyze.....	15
5.6.4 Improve.....	16
5.6.5 Control.....	17
6. Metodologia.....	18
7. Estudo de Caso.....	19
7.1 Caracterização da Empresa.....	19
7.2 Caracterização do Processo.....	20
7.3 Aplicação do Método Dmaic.....	23
7.3.1 Define.....	23
7.3.2 Measure.....	26
7.3.2.1 Medindo o Processo Atual.....	29
7.3.2.1.1 Nível Sigma.....	30
7.3.2.1.2 Índice de Capabilidade Cp e Cpk.....	33
7.3.3 Analyze.....	37
7.3.4 Improve.....	38

7.3.5 Control.....	40
8. Conclusão	41
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	44

1. Introdução

A indústria de embalagens flexíveis têm previsões de crescimento de 3,4 % na escala global no decorrer do ano de 2018, vale ressaltar que a estimativa de produção para o fim deste ano é ultrapassar as 1908 mil toneladas de embalagens flexíveis produzidas em 2017 (BENZI, 2018). A autora também relata que a exportação e a importação dos produtos do setor em 2017 foram relevantes, sendo que, 96 mil toneladas foram exportadas e 59 mil toneladas importadas.

Desta maneira, torna-se evidente que o setor industrial em estudo é atraente, mas assim como em outros mercados, o fator crucial para possuir rentabilidade é sobressair a concorrência, todavia as indústrias devem melhorar o processamento produtivo para evitar desperdício e os custos de produção. De acordo com Schaffer (2016), a Toyota pode ser uma referência de melhoramento de processos, pois conseguiu produzir seus produtos com qualidade, em especial com pouco investimento, e também com o mínimo de estoque. Com base nisso, para Nogueira (2015), as metodologias de Lean Manufacturing e Seis Sigma fazem com que estas questões tornam-se consistentes.

Nesse sentido, as empresas utilizam-se da metodologia Lean Manufacturing, com o intuito de potencializar o processamento de produção, conseqüentemente impedindo excesso produtivo. A filosofia Lean Manufacturing foi crucial para reestruturar o Japão durante a crise ao término da Segunda Guerra Mundial, sendo que era preciso produzir com qualidade, em pouco tempo, e principalmente baixo custo. (CAMPOS; RODRIGUES; OLIVEIRA, 2016).

A outra metodologia, o Seis Sigma, surgiu em 1987 na empresa Motorola com a finalidade de competir com os concorrentes, pois seus produtos não possuíam qualidade superior e preços mais baixos. O Seis Sigma passou por algumas alterações complementares desde a sua origem (WERKEMA, 2012).

A Filosofia Seis Sigma vem sendo implantada constantemente nas organizações, tendo como pilar a redução de defeitos em processos, serviços ou em produtos. Aplicando-se de modo eficiente, traz satisfação aos clientes, melhoramento no processo e redução de custos, conseqüentemente gera vantagens competitivas (GASPAR, 2015).

De acordo com Werkema (2006), realizando-se a união das principais ideias da metodologia Lean Manufacturing (a melhoria de Processos) com a filosofia Seis Sigma (ferramentas que lidam com a variação nos processos). Essas ideias em conjunto resultaram na Lean Seis Sigma, sendo uma eficiente metodologia capaz de resolver qualquer problema relacionado com eficiência de processos e produtos.

Enaltecendo o que foi mencionado, o presente trabalho refere-se a aplicação da Metodologia Lean Seis Sigma, com ênfase na utilização da ferramenta DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve e Control*) para identificação de sobras de uma empresa de embalagens flexíveis.

2. Problemática

O processo da laminação na empresa consiste em uma importante etapa na produção de embalagens flexíveis, o qual constitui na laminagem das metragens de materiais extrusados com os impressos.

Em um cenário ideal a junção destes materiais devem ter a mesma metragem afim de não ter sobras. Entretanto, por meio de uma avaliação do histórico da empresa notou-se que há excesso de materiais extrusados e impressos, tornando o processo ineficiente. A ineficiência advém da demora de retornar às sobras para produção e as vezes não são reutilizadas, gerando desperdício. Além disso, na realização de ambos processos (extrusão e impressão) normalmente são geradas aparas, podendo influenciar no processo de laminação.

Diante disso, propõem-se a aplicação do método DMAIC da metodologia Lean Six Sigma com a alternativa de identificação das perdas de materiais e assim propor melhorias.

3. Objetivos

3.1 Objetivo Geral

O presente trabalho tem como objetivo analisar os processos na produção de uma empresa de embalagens flexíveis e propor melhorias com base na aplicação da metodologia Lean Six Sigma.

3.2 Objetivo Especifico

Entre os objetivos específicos podem ser citados:

- Realizar a revisão literária, evidenciando os conceitos das etapas do DMAIC para ter melhor entendimento.

- Acompanhar o processamento de algumas ordens de produção, e deste modo identificar os problemas prioritários que afetam no sobra de materiais.
- Aplicar a metodologia Lean Six Sigma utilizando a ferramenta DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve e Control*).
- Analisar os dados e proposição de melhorias.

4. Justificativa

A vantagem competitiva faz com que as indústrias se tornem eficientes na produção de bens. Além de gerar produtos diferenciados, a eliminação de desperdícios é um fator de destaque perante a concorrência. Por isso para se manter no mercado a organização deve tomar medidas constantes para otimizar seus processos e produtos.

Vale destacar que a empresa em questão possui uma demanda elevada de embalagens flexíveis, então caso o problema a ser eliminado continue, aumentará as sobras de materiais e estoques desnecessários, bem como trará prejuízos ao PCP uma vez que é o setor responsável pela emissão das ordens de produção. Supondo que ocorra diversos defeitos em cada ordem de produção resultará em sobras de materiais indesejáveis, resultando na ineficiência do processo.

Desta maneira, a resolução da problemática fará com que o sistema produtivo da empresa em estudo, diminua ou elimine as sobras de materiais, para isso, destaca-se a aplicação da ferramenta DMAIC da metodologia Lean Six Sigma. De acordo com Nogueira (2015), esta metodologia foi eficaz pois identificou a principal causa que estava interferindo no problema em questão da empresa, e também permitiu entender as peculiaridades e limitações dos processos, e deste modo identificar oportunidades a serem melhoradas.

Nesse sentido, Franco (2016) encontrou as causas de desperdício em uma linha de produção através de medições e análises, seguindo as etapas do método DMAIC. Portanto, de acordo com os autores, a metodologia Lean Six Sigma, auxilia na identificação de problemas e como solucioná-los, desta maneira, este trabalho desenvolverá propostas de melhorias, para que a empresa em questão possa aumentar o seu rendimento.

5. Revisão Literária

5.1 Lean

Em 1945 o Japão estava vivenciando o momento de pós guerra e a indústria japonesa não estava totalmente fortalecida e deste modo, acarretava em ameaça do setor industrial americano, no qual a produtividade americana superava a japonesa, assim sendo a recuperação tornava-se desafiadora e difícil (BERNARDO, 2017). Devido a este momento precário, o Japão voltaria a ter aumento da produtividade por meio da eliminação de desperdícios (OHNO, 1988).

Para entender a principal característica da produção em massa americana, Eiji Toyoda e Taiichi Ohno visitaram a fábrica da Ford nos Estados Unidos (EUA) em 1950, e ao voltar concluíram que não era possível implantar esta filosofia no Japão (BERNARDO, 2017). Desta maneira, devido à escassez da matéria prima, Toyoda e Ohno entenderam que o sistema da Toyota deveria basear-se em produzir sem desperdiçar recursos e com qualidade. Essa ideologia originou o sistema Toyota de produção, posteriormente conhecido com produção enxuta ou Lean (Correia, 2018).

5.2 Os 5 princípios

De acordo com Womack e Jones (2004) os 5 princípios do pensamento enxuto, exposto na Figura 1, podem resumir a filosofia de manufatura enxuta.

Figura 1 - Os 5 princípios do Pensamento Enxuto



Fonte: Adaptado de Womack e Jones (2004)

De acordo com os autores, estes princípios podem ser aplicados em diversos setores da empresa. A seguir explica-se, resumidamente, cada um deles:

- **Valor:** É definido pelo produto/serviço final que o cliente vai receber, sendo este, necessário que satisfaça as necessidades dos consumidores e para isso as

empresas devem suprir as necessidades, rapidamente e com menor custo possível.

- **Fluxo de Valor:** realizar o mapeamento da fabricação do produto/serviço, desde sua origem até após a venda, com o intuito de identificar as atividades que agregam valor, não agregam valor mas são necessárias no processamento e por fim, as que não agregam valor sendo essas caracterizados como desperdício
- **Fluxo:** Efetuada a etapa anterior, neste momento deve-se definir o fluxo, sendo de preferência contínuo pelo fato do mesmo reduzir estoque, e também as empresas poderem desenvolver seus produtos rapidamente e, conseqüentemente atender os requisitos dos clientes de forma rápida.
- **Puxar:** Refere-se ao momento de iniciar a produção somente quando o consumidor solicitar o produto, isso reduz estoques necessários, ou seja, produz somente o que foi requisitado.
- **Perfeição:** Esta etapa deve ser o foco em qualquer processamento, sendo resultado da realização das etapas anteriores de forma eficiente, conseqüentemente eliminará desperdício e atingirá a melhoria contínua.

Conforme Machado (2017) o enfoque do pensamento enxuto é a busca contínua em realizar somente atividades que agregam valor ao produto, mas para isso deve-se eliminar os desperdícios sendo atribuído como atividades que não agregam valor, e também as atividades que não agregam valor mas são desnecessárias. Neste sentido, Hines e Taylor (2000) descreve essas atividades:

- **Atividades que agregam valor:** são as atividades que os consumidores não têm objeções ao pagar pois afetará na qualidade do produto final, torna-se o produto valioso.
- **Atividades que não agregam valor e são desnecessárias:** essas atividades devem ser eliminadas pois é o pior desperdício, como por exemplo transporte desnecessários.
- **Atividades que não agregam valor porém necessárias:** Para o cliente não agrega valor, mas é necessária para realizar o produto/serviço, um exemplo é a inspeção.

Para Ohno (1997) eliminar desperdício se dá pela eficiência da produção quando objetem-se zero defeito e também a redução de custos. Desta maneira, o autor refere-se ao Sistema Toyota de produção como aquele que produz somente o necessário e reduz a força de trabalho a fim de não ter excesso de trabalho.

Para ter melhor entendimento dos desperdícios de produção é primordial conhecer os sete desperdícios de produção, propostos por Ohno em 1988 (MANZAN, 2013).

5.3 Sete Desperdícios

Na visão de Ghinato (1996), utilizar recursos de forma desnecessária pode ser considerado como uma perda. Já para Taylor (1990) perda refere-se a ineficiência industrial, devido a materiais desperdiçados.

Desta maneira, para Taguchi (1990) com a abordagem na qualidade, a perda denomina-se como uma anormalidade de um produto após produzido, e o preço pago no momento da compra representa uma perda, e qualidade inferior no produtos representa um custo.

Segundo Ford (1927), o ponto crucial para ocorrência de perdas no processo produtivo se dá pelo desperdício de materiais devido a incorreta utilização das pessoas. Vale ressaltar que para Antunes (2008), os conceitos de perdas de Taylor e Ford contribuíram para a futura construção do Sistema Toyota de Produção Enxuta.

De acordo com Manzan (2013), para atingir a melhoria na produção, é fundamental identificar quais são os desperdícios que podem influenciar nesta tarefa. Em 1988 Taiichi Ohno identificou os “sete desperdícios” na produção, sendo estes expostos na Figura 2, e serão descritos a seguir.

Figura 2 - Os sete desperdícios



Fonte: Adaptado de Manzan (2013)

As sete perdas são descritas de acordo com Shingo (1996) e Ohno (1997):

- **Superprodução:** Refere-se a produzir além do necessário ocasionando excesso de produtos;
- **Defeitos:** Produtos que estão fora das perspectivas do cliente, causando insatisfação;
- **Estoques:** Aqueles estoques que não são necessários são considerados como desperdício;
- **Processos Inadequados:** Realizados devido a defeitos, como exemplo, retrabalho, reprocessamento etc.;
- **Transporte Excessivo:** movimentos de materiais que não agregam valor ao produto;
- **Espera:** Períodos ociosos de um processo posterior no qual o anterior não finalizou as atividades de processamento a tempo;
- **Movimentação Desnecessária:** Movimentos que vão contra a sequência determinada.

As organizações atualmente buscam a gestão da qualidade total, para capacitar seus processos a fim de não ter desperdícios e também para satisfazer as necessidades dos clientes.

5.4 Gestão da Qualidade Total

Para ter uma abordagem consistente sobre a gestão da qualidade denota-se oportuno entender os conceitos de qualidade. Os autores Juran e Gryna (1991) definem qualidade como a adequação ao uso com base em produtos ou serviços, e a satisfação dos consumidores advém da qualidade dos produtos e serviços.

No entendimento de Garvin (1992), o conceito de qualidade baseia-se em cinco pontos, transcendental, manufatura, usuário, produto e valor. O autor define esses pontos da seguinte maneira:

- **Transcendental:** refere-se da qualidade como excelência absoluta, ou seja, realizar o produto da melhor maneira.

- **Manufatura:** Realizar os produtos sem erros de acordo com o projeto estabelecido.
- **Usuário:** A qualidade está na perspectiva do consumidor, de modo que possa satisfazer suas necessidades.
- **Produto:** a qualidade atribuída aos produtos são atribuições que tornam os mesmo satisfatórios para os consumidores.
- **Valor:** qualidade está atrelada a custo e preço, desta maneira é aquilo em que o cliente está disposto a pagar pelo produto.

Com uma visão baseado no produto, Crosby (1979) refere-se a qualidade como adequação das especificações do produto, deixando um pouco a premissa de que a qualidade deve-se atender diretamente as necessidades dos clientes. Porém Deming (1986), defende que a qualidade é atribuído conforme a percepção que o cliente faz ao produto.

Vale ressaltar a dificuldade em encontrar um único conceito sobre a qualidade, desta maneira a qualidade passou por quatro eras de acordo com Garvin (2002), como mostra no Quadro 1.

Quadro 1 - Acompanhamento das eras da qualidade.

Eras	Descrição
1 – Inspeção	Início da produção em massa, neste período a preocupação era na verificação de produto para não chegar com defeitos para o cliente.
2 - Controle Estatístico	Utilização da estatística para aprimorar o método de inspeção, pois com o aumento da produção tornou-se dificultoso a inspeção individual.
3 - Garantia da Qualidade	Antes a preocupação era no produto final, nesta era passou-se a abranger a qualidade geral, ou seja, em todos os processos.
4 - Gestão da Qualidade	Por fim, e atual era, tornando a qualidade como um vantagem competitiva através do seu gerenciamento.

Fonte: Garvin (2002)

Para possuir a gestão da qualidade total entende-se que sua implantação seja com foco na satisfação dos consumidores (SANTOS, 2017). Desta maneira, Toledo e Carpinetti (2000) definem gestão da qualidade como um sistema que auxiliará os processos de negócios, afim de satisfazer os clientes com o melhoramento dos produtos, mas para isso deve-se ter gerenciamento da organização. Pode-se utilizar das áreas de controle da qualidade, engenharia

de qualidade, sistema de garantia da qualidade e melhoria de processamento, pois são maneiras de gestão de qualidade.

O tema gestão da qualidade total teve suas origens na década de 1950, através de Deming e Juran, relatando a necessidade de ter qualidade contínua devido ao momento conturbado em qual o Japão estava vivendo. Nesse sentido as empresas no Japão que aprimoravam-se suas técnicas de gestão de qualidade nos processos e produtos eram contempladas com “Prêmio Deming da Qualidade” (ZAGHA, 2008).

O mesmo autor relata que com o passar do tempo, a abordagem da gestão da qualidade consolidava-se através das contribuições dos “gurus” da qualidade. No âmbito da qualidade estuda-se ainda a aplicação do Seis Sigma exposto na sequência.

5.5 Seis Sigma

Em 1987, na empresa Motorola surgiu o Seis Sigma, responsável por tornar a empresa melhor do que as concorrentes, na qual estavam produzindo com qualidade superior ao da Motorola, além disso com baixo custo. Em 1988 a Motorola conquistou o Prêmio Nacional de Qualidade Malcolm Baldrige, conquistado através do eficiente programa Seis Sigma, nome dado após a conquista. Desta maneira, diversas empresas implementaram esse sistema e obtiveram várias conquistas. (WERKEMA, 2006).

Para Werkema (2012), o Seis Sigma consiste na estratégia gerencial instituída e quantitativa, no qual obtém-se lucros através da qualidade dos produtos e processos e deste modo conseguirá satisfazer as necessidades dos clientes. Quando aplicado corretamente o programa traz ganhos imediatos.

De acordo com Kwak e Anbari (2006), o Seis Sigma pode ser entendido por dois modos, estatisticamente e por negócio, define-se através da estatística como a maneira de conseguir 3,4 defeitos por milhão de oportunidades, já por negócio baseia-se na transformação dos processos em retorno financeiro.

O sigma (σ) está presente no alfabeto grego sendo utilizado pelos estatísticos para calcular a variabilidade. As empresas realizam este cálculo para ter como critério de desempenho competitivo (PYZDEK e KELLER, 2011).

No dizer de Reis (2003) para estimar desempenho de atividades, o seis sigma propõe os seguintes métodos para medir o desempenho: parte por milhão (PPM) e os índices de capacidade de processo (C_p e C_{pk}). O PPM analisa a quantidade de partes com defeitos ou

itens não defeitos encontrados para cada milhão de itens fabricados ou fornecidos, no qual é calculado de acordo com a seguinte Equação:

$$PPM = \frac{(NÚMERO DE ITENS COM DEFEITO)}{(NÚMERO DE ITENS OU PARES)} \quad (1)$$

O resultado obtido no PPM, gera a classificação do Seis Sigma devido a quantidade de defeitos encontrados em um milhão, podendo ocorrer uma variação de 1,5 (σ). A Tabela 1 compara o nível sigma com o PPM (HARRY 1998).

Tabela 1 - Comparação Nível Sigma com o PPM.

Nível sigma	Parte por Milhão (PPM)
2 sigma	308.537
3 sigma	66807
4 sigma	6210
5 sigma	233
6 sigma	3,4

Fonte: Adaptado de Harry et al. 1998

Os índices de capacidade CP e CPk avaliam se o processo é capaz de produzir produtos de modo que atendem as especificações vinda dos clientes internos e externos. O índice de Cpk analisa se o processo está centralizado no valor nominal especificado (WERKEMA, 2014).

$$CP = \frac{LSE - LSI}{6 * \sigma} \quad (2)$$

Onde:

LSE= Limite superior da especificação

LIE = Limite Inferior da especificação

σ = Desvio Padrão do processo

A mesma autora aponta que o valor esperado de um CP é $>1,33$, desta maneira conclui-se que o processo está dentro das especificações.

O índice de Cpk permite concluir se o processo está sendo adequado para obter o valor nominal da especificação, sabendo que considera o valor da média do processo, com relação ao índice Cpk este refere-se a medida efetiva do processo (WERKEMA, 2014). O Cpk é calculado através da Equação (3):

$$CPK = MIN \left(\frac{LSE-X}{3*\sigma}, \frac{X-LIE}{3*\sigma} \right) \quad (3)$$

Onde:

X = Média

Segundo Su e Chou (2008) o Seis Sigma auxilia a empresa a conquistar seus objetivos desde que sua abordagem seja orientada para projetos. Então para alcançar resultados relevantes, deve-se escolher os projetos com características pertencentes a estratégias de negócio, com a finalidade de suprir as necessidades dos clientes.

5.6 Metodologia DMAIC

O contexto seis sigma para melhoria em processos ou produtos utiliza a metodologia DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*). De acordo com Escanferla (2014), por meio do método DMAIC pode-se saber qual ou quais problemas devem ser tratados e propor soluções viáveis.

As etapas do Dmaic serão explicadas resumidamente nos próximos tópicos.

5.6.1 Define

Para Rotondaro (2011) esta etapa tem por finalidade definir projeto, identificando as variáveis que devem ser melhoradas ou até mesmo eliminadas do processo atual. Este mesmo autor, menciona como benefício da implementação do DMAIC a redução de desperdício ou custos produtivos.

Desta maneira, Werkema (2013) afirma que para realizar a primeira etapa do DMAIC é essencial responder as seguintes perguntas:

- Qual é o problema?
- Qual deve ser a meta?
- Quais são os afetados pelo problema?
- Qual é o processo ligado com o problema?
- Qual é a fator econômico do projeto?

Como aponta Monteiro (2017) essa etapa baseia-se em definir no projeto: o objetivo, estabelecer a comunicação entre os interessados e mencionar os indicadores. Tudo isso de forma clara e direta, visando demonstrar as expectativas de retorno, a equipe, patrocinadores, dentre outros.

Nessa fase evidencia-se o problema de modo a propor resultados benéficos para a empresa.

5.6.2 Measure

A etapa Measure visa a verificação de desempenho do processo, sendo necessário avaliar as variáveis monitoradas durante a evolução de um trabalho/projeto. Nessa fase coleta-se dados concretos pois caso contrário, informações distorcidas podem comprometer o projeto Seis Sigma (RODRIGUES, 2008).

Continua o autor que ao realizar uma coleta de dados eficiente será possível elaborar algumas análises, como: estudos estatísticos (variância, média, mediana, etc.), através disso identifica-se a variabilidade dos dados, um histograma para medir o histórico dos dados, podendo mostrar tendências periódicas, etc. E também, avaliar a capacidade do sistema, no qual indica o nível seis sigma do processo atual.

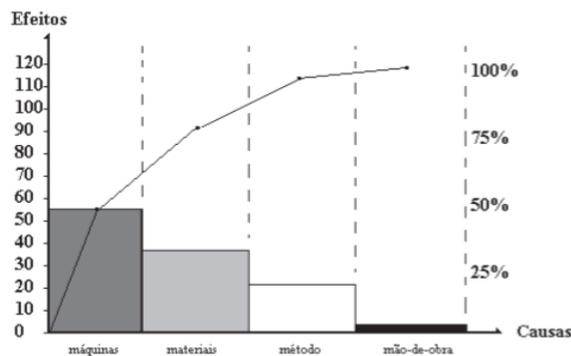
Para Werkema (2013) esta etapa fará com que o problema geral do projeto seja dividido em problemas menores, ou seja passará por um refinamento e conseqüentemente tornará a solução mais fácil, Para tanto, a autora elaborou perguntas chaves, sendo:

- De que maneira o problema será estratificado?
- Os dados históricos são confiáveis para a estratificação e de que modo os dados serão coletados?
- Supondo que não há dados históricos, os dados serão coletados de que forma?
- Quais serão os focos do problema?

- E esses focos, como estão comportando durante o tempo?
- Quais as metas específicas para alcançar em cada foco do problema?
- E essas metas específicas conseguem atingir a meta geral?
- As metas específicas são ligadas à atuação da equipe?

Para ajudar na estratificação do problema utiliza-se o Diagrama de Pareto (WERKEMA, 2013). Essa ferramenta refere-se a lei de Pareto, na qual 80% dos problemas são derivada de 20% das causas, já o diagrama pode ser definido como um gráfico de barras que mostra a frequência de um problema de ordem maior para menor e a curva consiste na porcentagem que a causa está impactando no processo (CAVALCANTE, 2011). O gráfico está exposto na Figura 3.

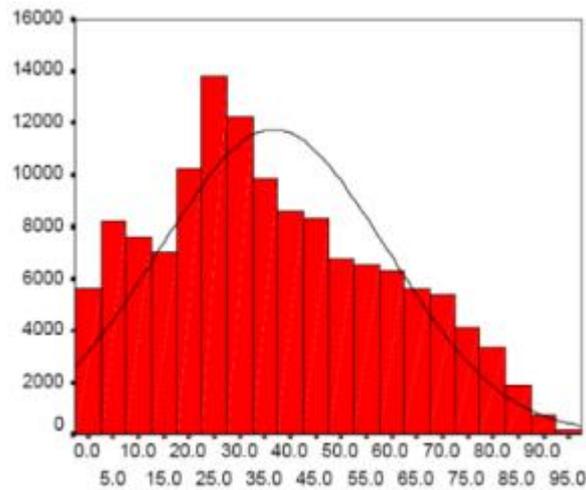
Figura 3 - Gráfico de Pareto.



Fonte: Cavalcante (2011).

Outra maneira de priorizar os problemas relaciona-se com o histograma representado na Figura 4, no qual analisará a distribuição de um determinado elemento em um conjunto de dados, afim de obter o valor nominal e a dispersão desses dados. (WERKEMA, 2013).

Figura 4 – Histograma.

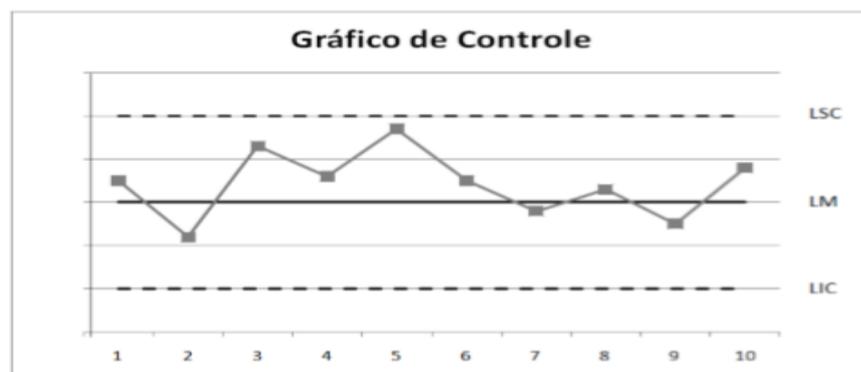


Fonte: Duarte (2011)

Duarte (2011) conceitua Histograma como um gráfico de barras distribuído por classes ou categoria, sendo que as barras das classes são distribuídas por sua frequência individualmente.

A fim de complementar os estudos sobre variações de problemas prioritários, utiliza-se também da Carta (Gráfico) de controle, permitindo entender o comportamento das causas de variações de um processo. Essa ferramenta prioriza e quantifica às causas de variação existente em um processo (WERKEMA, 2013). A Figura 5 exemplifica um Gráfico de controle.

Figura 5 - Exemplificação de um Gráfico de Controle.



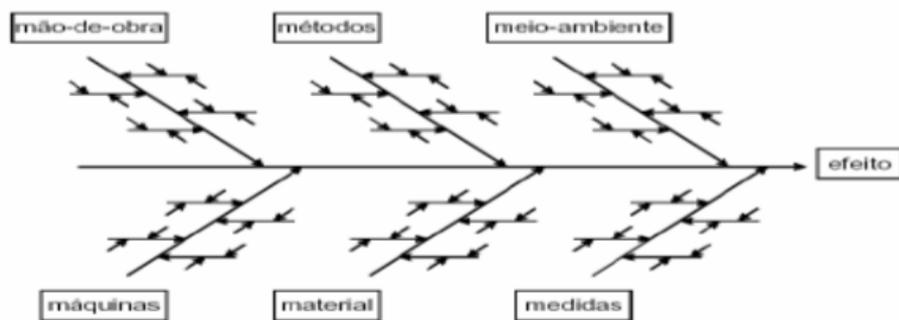
Fonte: Trivellato (2010)

Em processos que atuam causas comuns, são aqueles que estão sob controle, ou seja, está dentro dos limites de controle (LSC e LIC), porém quando existem causas especiais em um

processo faz com que as variações extrapole os limites de controle, sendo um problema que necessita conhecer sua causa raiz (WERKEMA, 2012).

Nesse contexto a autora citada relata que a ferramenta capaz de identificar as causas necessárias para atingir um resultado ou solucionar problemas é o Diagrama de Ishikawa, conhecido popularmente como Diagrama de Causa - Efeito ou espinha de peixe, através de sua aplicação pode-se obter o resultado de um processo (efeito) e as variáveis que interferem para obter este resultado (causas). A Figura 6 mostra a estrutura do Diagrama de Ishikawa.

Figura 6 - Diagrama de Causa-Efeito.



Fonte: Silva (2009)

Para Cavalcante (2011) as causas para solucionar algum problema são classificadas como 6M's: Método, Medição, Meio Ambiente, Matéria-Prima, Mão-de-obra e Máquina, sendo esses fatores cruciais para entendimento do problema a ser analisado.

Nota-se como visto pelos autores mencionados a importância de priorizar os problemas e as ferramentas citadas para realizar essa etapa do DMAIC.

5.6.3 Analyze

Para Werkema (2012), o desenvolvimento desta fase consiste em determinar as causas que originam os problemas prioritários ligado as metas realizadas na etapa Measure. Com isso a autora elaborou perguntas chaves, sendo:

- Qual é o processo que ocasiona o problema?
- Quais as causas potenciais que originam o problema?
- Deve-se revisar o Mapa de Processo?
- Ocorreu a priorização das causas potenciais?

- Comprovaram as causas potenciais?
- Quais as causas fundamentais?

A fim de identificar as causas potenciais, com o intuito de priorizá-las utiliza-se a Matriz de priorização, onde ocorre o confronto das causas potenciais com os problemas prioritários por meio de atribuições de pesos (WERKEMA, 2013). A Tabela 2 ilustra o modelo de Matriz de priorização.

Tabela 2 - Modelo de Matriz de Priorização de Causas Potenciais.

		Problemas prioritários			Total
		Y1	Y2	Yn	
Peso (5 a 10)					
Causa Potencial	X1				Total 1
	X2				Total 2
	X3				Total 3
	Xn				Total n
		Legenda: 5 Correlação Forte 3- Correlação Moderada 1 – Correlação fraca 0 – Correlação ausente			

Fonte: Adaptado de Werkema (2013)

O cálculo da Matriz de Priorização da Causas Potenciais funciona de acordo com a Equação (4) abaixo:

$$\text{Correlação } X1 * \text{Peso}Y1 + X1 * \text{Peso}Y2 + \dots + X1 * \text{Peso } Yn = \text{Total } 1$$

$$\text{Correlação } X2 * \text{Peso}Y1 + X2 * \text{Peso}Y2 + \dots + X2 * \text{Peso } Yn = \text{Total } 2$$

$$\text{Correlação } X3 * \text{Peso}Y1 + X3 * \text{Peso}Y2 + \dots + X3 * \text{Peso } Yn = \text{Total } 3$$

$$\text{Corelação } Xn * \text{Peso}Y1 + Xn * \text{Peso}Y2 + \dots + Xn * \text{Peso } Yn = \text{Total } n$$

(4)

Onde:

X's = Causas Potenciais

Y's = Exemplos de Problemas Prioritários

Portanto a causa a ser priorizada é aquela em que o resultado na coluna Total for o maior.

5.6.4 Improve

Após a priorização da causa do problema, realiza-se a quarta etapa do Dmaic, a qual refere-se a priorização das potenciais soluções para eliminar as causas do problema estabelecido na etapa anterior, vale ressaltar a importância da realização do Brainstorming nesta etapa, pois necessita-se de informações para gerar soluções e deste modo prioriza-las (WERKEMA, 2013). A ferramenta matriz de priorização de soluções potenciais pode ser realizada nesta etapa, exposta na Tabela 3.

Tabela 3 - Matriz de priorização de soluções potenciais.

		Critérios para Priorização			Total
		Y1	Y2	Yn	
Peso (5 a 10)					
Soluções	X1				Total 1
	X2				Total 2
	X3				Total 3
	Xn				Total n
		Legenda: 5 Correlação Forte 3- Correlação Moderada 1 – Correlação fraca 0 – Correlação ausente			

Fonte: Adaptado Werkema (2013)

A lógica para o cálculo de qual solução priorizar segue o mesmo modelo proposto na Equação (4). Desta maneira a melhor solução é aquela em que apresente o maior valor na coluna Total.

5.6.5 Control

A última etapa do Dmaic consiste em realizar a avaliação do alcance da meta, caso seja desfavorável deve-se voltar a etapa M do Dmaic e analisar novamente, porém com o atingimento da meta realiza-se a implementação de um plano de ação para monitoramento, para que o problema resolvido não ocorra futuramente (WERKEMA, 2013).

Nesse sentido Monteiro (2017) destaca o uso da ferramenta 5w2h (*What, Who, When, Where, Why, How, How Much*) para implementar um plano de ação e também para gerenciar atividades ou projetos. Esse plano é composto por uma tabela na qual deve conter os seguintes fatores: por que será feito, quem realizará, quando será executado, em qual local da empresa. Além disso na tabela deverá conter o porquê, como deve ser feita a atividade e por fim quanto custará.

Desta maneira, o Quadro 2 refere-se a um modelo de implementação de um plano de ação 5W2H.

Quadro 2 - Plano de ação.

O que? (What)	Quem? (Who)	Quando? (When)	Onde? (Where)	Porque? (Why)	Como? (How)	Quanto? (How Much)

Fonte: Elaborado pelo Autor.

6. Metodologia

O presente trabalho utiliza-se da abordagem quantitativa. De acordo com Fonseca (2002) a pesquisa quantitativa baseia-se na objetividade e utiliza-se de métodos matemáticos para descrever causas e relações de um fenômeno, para o autor a realidade só pode ser comprovada utilizando-se de dados brutos.

A pesquisa quantitativa transforma opiniões e informações em dados quantificáveis com a finalidade de classificá-las e analisá-las. Desta maneira necessita-se de técnicas estatísticas sendo: média, moda, porcentagem, desvio padrão coeficiente de correlação, análise de regressão, etc. (PRADONAV e FREITAS, 2013).

Este trabalho é caracterizado como uma pesquisa de Ação. Para Ganga (2012) este tipo de pesquisa baseia-se em identificar um problema social e encontrar soluções para resolvê-lo, o pesquisador construirá uma relação direta com o problema em questão.

O procedimento adotado foi o estudo de caso, que na visão de Gil (2002) consiste em um estudo exaustivo e intenso, contendo um ou poucos objetivos, deste modo possibilita ter total conhecimento do estudo. Em concordância, para Yin (2001) refere-se ao estudo de caso como um estudo detalhado e minucioso, contendo uma ou mais finalidades.

7. Estudo de Caso

7.1 Caracterização da Empresa

A empresa em estudo é uma indústria de embalagens flexíveis, considerada de médio porte, e foi fundada em 1989. A empresa realiza a produção de embalagens que necessitam de 1 a 3 laminações, atualmente possui 270 colaboradores, trabalhando em 3 turnos.

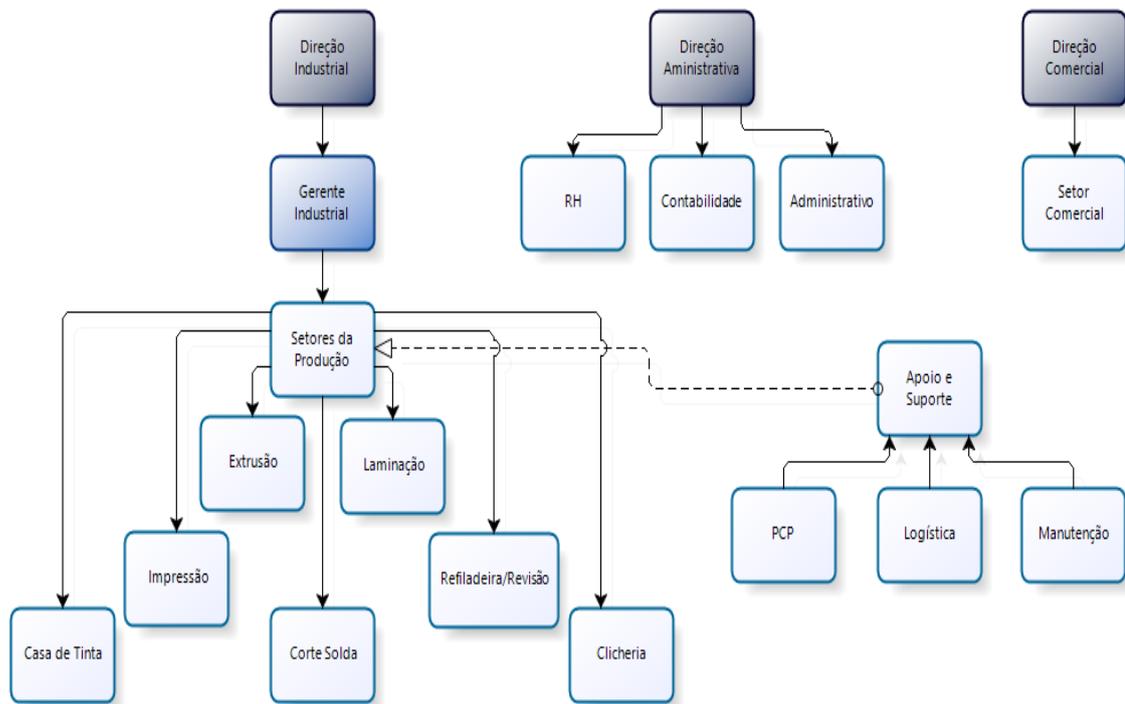
A área de atuação da empresa é em embalagens laminadas flexíveis. Destacando-se a produção de embalagens para alimentos, bem como embalagens para produtos eletrônicos e farmacêuticos. A empresa atende diversos estados, em especial a região do estado de São Paulo que solicita produtos com maior frequência. Ao todo, a indústria possui aproximadamente 90 clientes.

No ano de 2015, a empresa ampliou consideravelmente, desta maneira a produção também aumentou, vale destacar que atualmente a produção mensal está contabilizada em média 450 toneladas/mês.

Assim como todas empresas, obter certificações torna-as conhecidas em produzir produtos ou serviços com qualidade. Sabendo disso a empresa em questão possui importantes certificações, Selo Verde e ISO 9001. Quanto a integridade dos funcionários, são disponibilizados EPI e EPC, e atualmente atingiu-se a marca de 400 dias sem acidentes, feito obtido devido à preocupação com os trabalhadores.

A estrutura organizacional está exposta na Figura 7.

Figura 7 - Modelo Geral da estrutura organizacional da empresa.

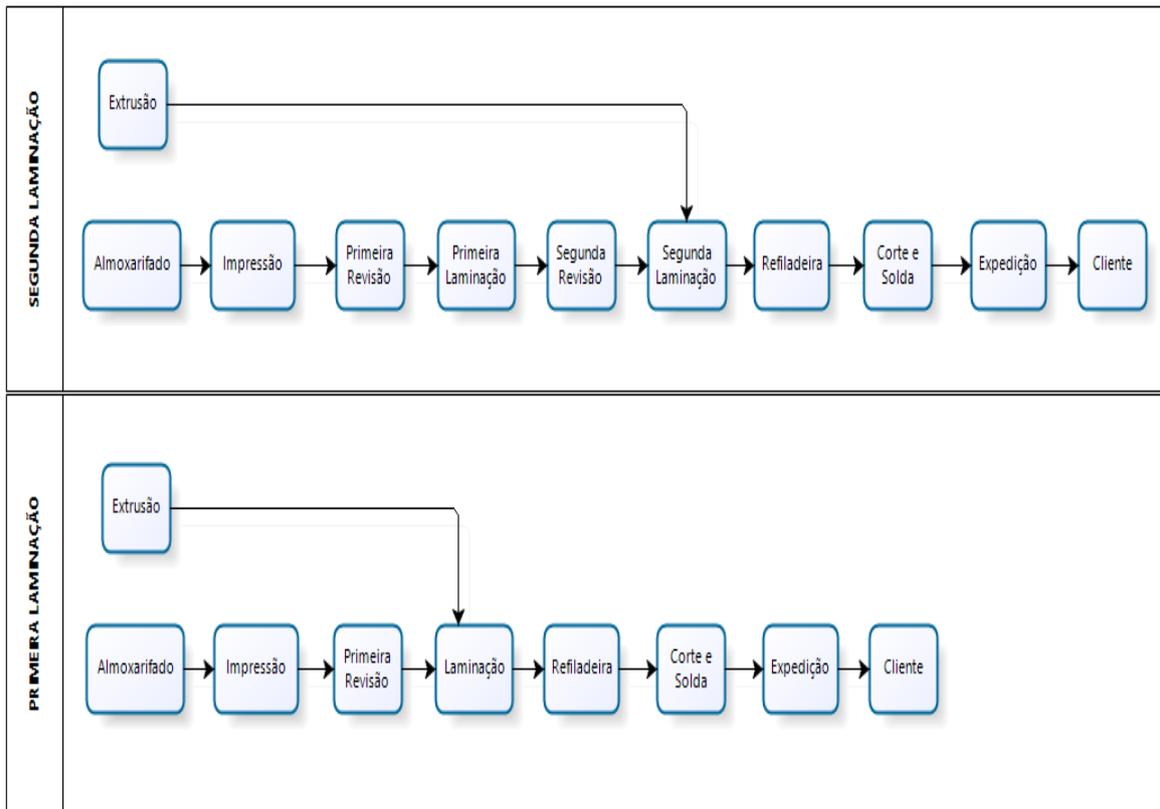


Fonte: Elaborada pelo Autor

7.2 Caracterização do Processo

Para melhor compreensão do sistema de produção de embalagens da indústria em questão, será apresentado na figura 8 o fluxograma do processo para embalagens de dupla e uma laminação, respectivamente.

Figura 8 - Caracterização Abrangente do Processo.



Fonte: Elaborado pelo autor.

As etapas serão explicadas a seguir:

- **Almoarifado:** O setor do almoarifado é o local onde estão armazenadas os filmes na forma bobinas que serão utilizadas no setor da impressão e laminação.
- **Impressão:** Neste setor ocorre a transferência de tinta para o filme vindo do almoarifado. Geralmente os filmes que são encaminhados para este setor são compostos de Politereftalato de etileno (PET), Polipropileno Biorientada (BOPP). Há casos em que utiliza-se do Polietileno (PE).
- **Extrusão:** Este setor é responsável por extrusar o forro para embalagens, sendo constituído de Polietileno (PE) ou Polipropileno (PP). As duas matérias-primas chegam na forma de pequenas esferas, que após passar por tratamento térmico fica na forma de filme, o qual é envolvido em bobinas.
- **Revisão:** Após os filmes serem impressos e laminados, ocorre o processo de revisão, que simplesmente irá retirar algumas falhas dos processos mencionados.

- **Laminação:** Este processo consiste em colar os filmes, classificando-se em primeira e segunda laminação. O Quadro 3 refere-se as usuais combinações de laminações classificadas por famílias.

Quadro 3 - Frequentes laminações.

Famílias	1° Laminação	2° Laminação
PET (Tereftalato de Etileno)	PET + PET Metalizado	1° Laminação + PE
	PET + PET Metalizado	1° Laminação + PP
	PET + PE	-
	PET + PP	-
	PET + Bopp Metalizado	1° Laminação + PE
BOPP (Polipropileno Biorientada)	BOPP + BOPP Metalizado	1° Laminação + PE
	BOPP + BOPP Metalizado	1° Laminação + PP
	BOPP + PP	-
	BOPP + BOPP	-
	BOPP + Alumínio	-
	BOPP + PE	-
PE (Polietileno)	PE + PE	-
PP (Polipropileno)	PP + PP	-

Fonte: Elaborado pelo Autor

- Não Ocorre Segunda Laminação

A primeira laminação consiste em laminar o filme revisado com outro filme. Já a segunda laminação ocorre para embalagens que necessitam de barreiras consistentes, geralmente as embalagens alimentícias. Através da tabela acima, nota-se que a segunda laminação consiste em colar o filme resultante da 1° laminação revisado com o forro (PE/PP). Quando a embalagem não necessitar de muita resistência, realiza-se somente uma laminação.

- **Refilação:** Assim que o filme é revisado após a laminação, ocorre o refilamento, o qual irá retirar as bordas (fítilhos) das bobinas mães e transformá-las em bobinas (filhas).
- **Corte e Solda:** Este processo consiste em deixar as bobinas filhas em formato de embalagens a vácuo.

- **Expedição:** Consiste em levar o produto ao cliente final.

7.3 Aplicação do Método DMAIC

O estudo de caso teve o intuito de seguir a metodologia Lean Six Sigma, especificamente as etapas do método DMAIC a fim de propor melhorias para redução de sobras de materiais após laminados de uma empresa de embalagens flexíveis. Devido a diversas combinações de laminações, optou-se por analisar pedidos que necessitaram de 2 laminações. Para não expor as marcas dos pedidos, foram nomeados por letras de A até F.

7.3.1 Define

Dentre as alternativas de 2 laminações, foi escolhida aquela que mais ocorre sendo a de PET + PET Metalizado para primeira laminação em seguida acrescentando o PE (Forro) para segunda laminação. E a partir da última laminação notar os motivos da falta ou sobra de PE e propor melhorias para diminuir a ocorrência dos mesmos. Então para coletar esses dados, foram monitorados os processamentos de 6 pedidos levando em conta a metragem do quanto foi programado e comparado com o realizado.

O problema encontrado refere-se a sobras de filme PE ocasionado após a segunda laminação dos pedidos, pois é um componente produzido pela empresa em questão e que a sobra do mesmo poderá ser tratada como perda caso não seja reutilizada.

Para melhor entendimento do processo de embalagens de duas laminações, fez-se um SIPOC do processo ilustrado no Quadro 4. Em seguida, analisou-se os setes desperdício que ocorrem durante a produção deste processamento (Quadro 5).

Quadro 4 - SIPOC do processamento de embalagens de duas laminações.

Supplier	Imput	Process	Output	Customer
Fornecedor	Bobinas de Filme Transparente	Armazenagem	Bobinas, fardos e tintas acondicionados em Paletes	Bobinas de filmes transparente vão para impressão
	Bobinas de Filmes Metalizados			Serão usadas na 1ª Laminação
	Fardos Polietileno (PE)			Enviado nas Extrusoras
	Fardos Polipropileno (PP)			
	Tintas			Casa de Tintas
Comercial	Demanda da Produção	PCP	Ordens de Produção realizadas	Setores da Produção
Extrusão	Ordens de Produção	Extrusar PE e PP	Bobinas filmes de PE ou PP, acondicionada em paletes	Área de Descanso
	Fardos de PE e PP			
Impressão	Ordens de Produção	Imprimir conforme a embalagem especificada	Embalagem Impressa na forma de bobina mãe	Enviada para área de Secagem
	Tinta manipulada			
	Bobinas Transparentes retiradas dos paletes			
Revisão	Ordens de Produção	1ª Revisão	Bobinas de Impresso Revisada e acondicionadas em paletes	Encaminhada para laminação
	Bobinas mãe Seca			
Laminação	Ordens de Produção	1ª Laminação	Bobinas Laminadas e acondicionada em Paletes	Enviada para área de Secagem
	Bobinas de Filmes Metalizados retiradas dos Paletes			
	Cola			
	Bobina de Impresso Revisada			
Revisão	Ordens de Produção	2ª Revisão	Bobinas Laminadas Revisadas e acondicionadas em Paletes	Laminação
	Bobinas da 1ª Laminação			
Laminação	Ordens de Produção	2ª Laminação	Bobinas laminadas e acondicionadas em paletes	Área de Secagem
	Bobinas de Filmes Metalizados			
	Bobinas de Impresso Revisado			
	Bobinas de PE ou PP			
	Cola			
Refilação	Ordens de Produção	Refilar as Bobinas	Bobinas Refiladas na forma de bobinas filhas	Cliente final ou Corte e Solda
	Bobinas Laminadas			
Corte e Solda	Ordens de Produção	Corte e Solda	Embalagens unitárias	Expedição
	Bobinas Filhas			
Expedição	Embalagens unitárias e Bobinas filhas	Expedição	Acomodadas no Caminhão	Cliente

Fonte: Elaborado pelo Autor

O trabalho de proposta de melhoria englobou os processos desde PCP no qual colocará nas ordens de produção a metragem ideal a ser produzida, até a 2ª laminação que após terminada ocorre as sobras de PE.

Após a aplicação da ferramenta SIPOC e seguindo os conceitos apresentados da Lean Manufacturing, foram identificados os desperdícios que deixavam o processo produtivo ineficiente. Os desperdícios foram identificados em categorias conforme os setes tipos apresentados por Shingo (1996) e Ohno (1997). O quadro a seguir apresenta os principais desperdícios identificados.

Quadro 5 - Os setes desperdícios encontrados no processamento de 2 laminações.

Desperdício	Descrição
Defeito	Aparas de filmes impressos e extrusados.
Superprodução	Produzir metragens de filmes extrusados e impressos além do programado. Devido a isto, ocorrerão sobras.
Espera	As sobras demoram para retornar na produção; após extrusão e impressão as bobinas ficam durante 8 horas em curas.
Transporte	Os garfos das empilhadeiras hidráulicas prejudicam os filmes.
Movimentação	Operador realiza operações excessivas quando há sobras e/ou aparas.
Processamento Inapropriado	Realizar o setup incorreto.
Estoque	Estoque de matérias-primas.

Fonte: Elaborado pelo autor

Este trabalho tratará especificamente dos desperdício de Defeito e Superprodução. O surgimento de aparas (Defeito) acarretarão nas sobras (Superprodução), ou seja, durante a produção de filmes impressos e extrusados, podem gerar defeitos que reduzirão as metragens de ambos os filmes. Sendo assim, quando esses filmes chegam para ser laminados, haverá momentos que as metragens de filmes impressos será menor que as dos filmes extrusados, conseqüentemente surgirão sobras de filmes extrusados. Então, costuma-se fazer além do programado para não faltar metragens no processo de laminação.

Esses dois tipos de defeitos especificados, atrapalham o fluxo, deixando de ser contínuo, pois os operadores retiram as bobinas que sobram e levam para área de sobras e também as

máquinas são interrompidas para identificação das aparas. Desta forma, são atividades que não agregam valor e devem ser reduzidas.

Enfim, utilizando valores estipulados pela alta gerência da empresa quanto aos limites de especificações (LIE e LSE), sendo LIE 98% e LSE 102%, produzir fora desses limites possivelmente acarretará nas sobras ou falta de material. O objetivo deste trabalho é propor melhorias para produzir dentro dos limites de especificação.

7.3.2 Measure

Como já mencionado, a segunda laminação tem a finalidade de colar a primeira laminação com os filmes (PET + PET Met.) com o filme de PE sendo o início da segunda laminação. O ideal é que as metragens dos componentes, principalmente PET e PE sejam equivalentes para não haver consequências durante as laminações. Então com o intuito de acompanhar essas metragens foi monitorada a metragem de 6 pedidos, de ambos os setores, e analisando também o quanto foi realizado após o programado. Esses dados estão expostos nas Tabelas 4 e 5, respectivamente.

Tabela 4 - Acompanhamento de metragem de Extrusão dos pedidos.

Pedidos	Metragem Programada (MP)	Metragem Realizada (MR)	$=MP - MR$	$= \left(\frac{MP - MR}{MP} \right) * 100\%$
A	9120	10255	1135	112,45%
B	14880	15346,12	466,12	103,13%
C	14880	15405,4	525,4	103,53%
D	14800	15304	504	103,40%
E	15800	17336	1536	109,72%
F	5360	5624	264	104,93%

Fonte: Elaborado pelo autor

Nota-se que em todos os pedidos foram extrusados além do programado. Os pedidos A e E apresentaram as porcentagens maiores, sendo de 12,45% e 9,72% respectivamente, o restante variando de 3,13% a 4,93%. A Tabela 5 difere da Tabela 4 somente no setor em análise, neste caso, refere-se as metragens realizadas dos mesmos pedidos no processamento de impressão.

Tabela 5 - Acompanhamento de metragem de Impressão dos pedidos.

Pedidos	Metragem Programada (MP)	Metragem Realizada (MR)	$=MP - MR$	$= \left(\frac{MP - MR}{MP} \right) * 100\%$
A	9300	9179,63	120,37	98,71%
B	15280	15353	73	100,48%
C	15280	15650	370	102,42%
D	15000	14930	70	99,53%
E	16200	16300	100	100,62%
F	5500	5560	60	101,09%

Fonte: Elaborado pelo autor

Analisando as metragens dos pedidos impresso, observa-se que alguns pedidos excederam um pouco do programado. Nos pedidos C e F produziu-se além do programado, porém com pouca variação, sendo 2,42% e 1,09% respectivamente. Já os pedidos A e D, produziu-se a menos que o programado, sendo de 1,29% e 0,47 % respectivamente. Por fim, os demais pedidos foram realizados conforme o programado.

Vale ressaltar que durante o processamento ocorreu a geração de aparas, que são as falhas existentes nos filmes. Portanto, após as revisões os filmes tem a tendência (até 2% conforme estabelecido pela alta gerência) de diminuir suas metragens. Porém, estas aparas não podem permitir que ocorram sobras excessivas de filmes de PE. Pode-se observar esse fato na Tabela 6.

Tabela 6 - Acompanhamento de metragens nas revisões e laminações.

Pedidos	Impressão	Revisão 1	Laminação 1	Revisão 2	Laminação 2	Redução (%)
A	9179,63	9500	8934	8850	8755	5,37
B	15353	15011	14724	14758	14276	7,01
C	15650	14617	14465	14380	14273	8,80
D	14930	14256	14745	14630	14581	2,33
E	16300	15800	15508	15300	15380	5,64
F	5560	5695	5542	5500	5389	3,08

Fonte: Elaborado pelo autor

De acordo com a coluna “Redução (%)” da Tabela 6, os pedidos desde a impressão até o final da 2ª laminação reduziram-se. O pedido C e B foram os mais afetados diminuindo 8,8% e 7,01%, e os menos prejudicados foram os pedidos D e F, os demais pedidos com reduções

próximas. As metragens dos filmes extrusados não foram inseridas na tabela, pois não passam por muitas revisões, devido não ter tanta complexidade em seu processamento.

Porém os filmes de PE são acrescentados para realização do processamento da 2ª laminação, após este processo, notou-se a existência de sobras de PE. A Tabela 7 exibe a quantidade de PE que sobrou em cada pedido.

Para quantificar o quanto sobrou em metros, necessitou-se utilizar da Equação (5) para transformar quilogramas (kg) em metros, portanto:

$$\text{Metros} = (((\text{kg}/\text{largura})/\text{espessura})/\text{densidade}) \quad (5)$$

Tabela 7 - Quantidade de materiais após a segunda laminação.

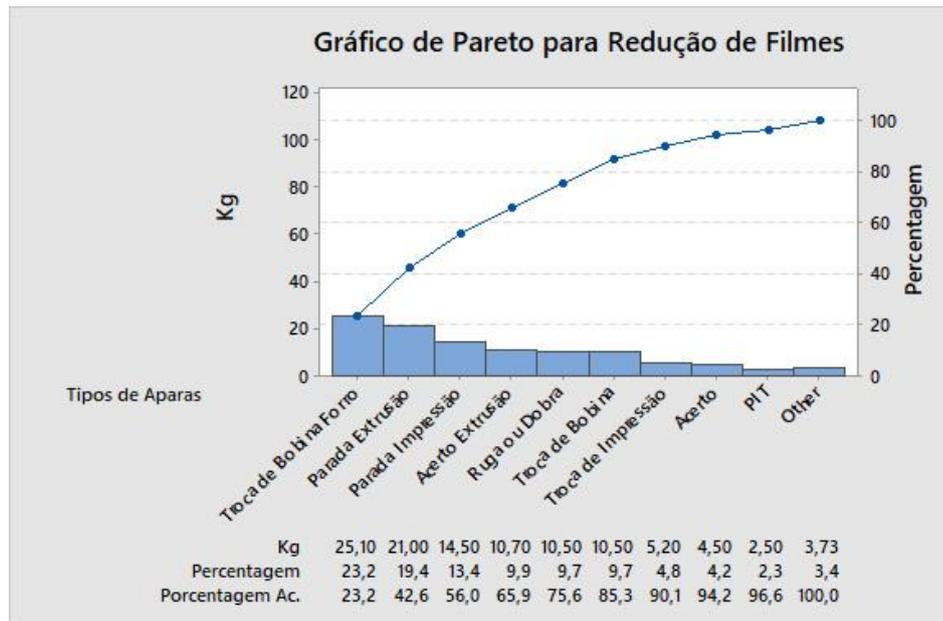
Pedidos	Sobras em Kg	Sobras em Metros
A	45	1109,68
B	-	-
C	21	1036,76
D	51	585,82
E	21	1181,91
F	15	225

Fonte: Elaborado pelo Autor

Como observado na Tabela 7, os resultados da equação 5, os pedidos A e E foram os quais deixaram de laminar 1109,68 e 1181,91 metros de PE, respectivamente. Vale ressaltar que pode ocorrer compensação nos processos, durante a 2ª laminação, ou seja, se o pedido seguinte tem as mesmas especificações de largura e espessura, faz-se necessário utilizar o que sobrou do pedido anterior, desta maneira o pedido C utiliza as sobras de PE do pedido B. Entretanto, ainda sobrou 1036,76 metros no pedido C.

Após analisar todas as etapas para realizar a 2ª laminação e entender que ocorreram aparas durante a produção e que estes também interferem nas metragens, causando sobras. Então fez-se o gráfico de Pareto (Figura 9) para estratificar as principais aparas que ocorrerão até o final da 2ª laminação.

Figura 9 - Gráfico de Pareto para aparas que ocorreram durante o processo.



Fonte: Elaborado pelo autor

Através do gráfico de Pareto, conclui-se que as aparas “Troca de Bobina Forro”, “Parada Extrusão” e “Parada Impressão”, totalizam 56% das aparas geradas até o término da 2ª laminação. Evidenciando que a “Troca de bobina forro” foi a apra de maior peso, sendo de 25,10 quilos.

A apra “Troca de Bobina Forro” ocorre no setor da laminação, geralmente na etapa de 2ª laminação. Cada pedido gera em média 5 a 6 bobinas após laminados, assim que acaba uma bobina de PE na laminação, coloca-se outra imediatamente para não atrasar a produção, neste momento a bobina de PE pode apresentar algumas irregularidades, como amassado, sujeira, etc., sendo assim retira-se e emenda no filme laminado e reinicia o processo.

A segunda apra de maior peso foi a “Parada de Extrusão”, assim denominada quando o filme não está dentro das especificações, este mesmo comportamento ocorre com a apra “Parada Impressão”.

7.3.2.1 Medindo o Processo Atual

Para medir o processo atual utilizou-se do software Minitab, no qual calcula-se o nível sigma e os índices de capacidade, Cp e Cpk. Para Werkema (2013) o índice Cp refere-se ao desejo de produzir de acordo com os limites do processo, portanto valores maiores que 1,33 pode-se concluir que o processos é capaz de satisfazer às especificações, já o Cpk permite

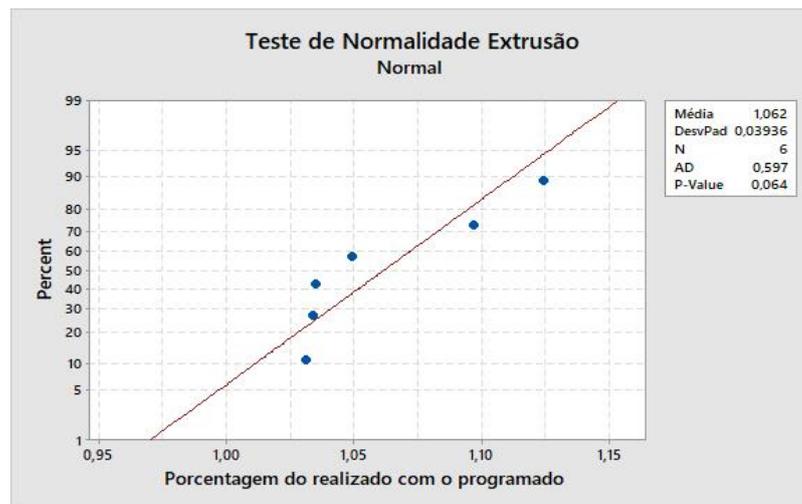
concluir se o processo está bem centrado no valor nominal da especificação. Quando o valor de Cpk coincide com o Cp, conclui-se que o processo é capaz de atender as especificações.

Dessa forma, o cálculo do sigma e os índices de capacidade serão calculados com base nos valores das porcentagens do quanto foi realizado do programado dos processos de extrusão e impressão, estes valores estão expostos nas Tabelas 4 e 5, respectivamente.

7.3.2.1.1 Nível Sigma

Antes de realizar o nível sigma dos processos de extrusão e impressão, deve-se analisar o teste de normalidade Anderson-Darling. Para valores de p value < 0,05, conclui-se que os dados não são normais e os resultados da análise de capacidade de processos podem não ser precisos, caso contrário os dados são normais e precisos.

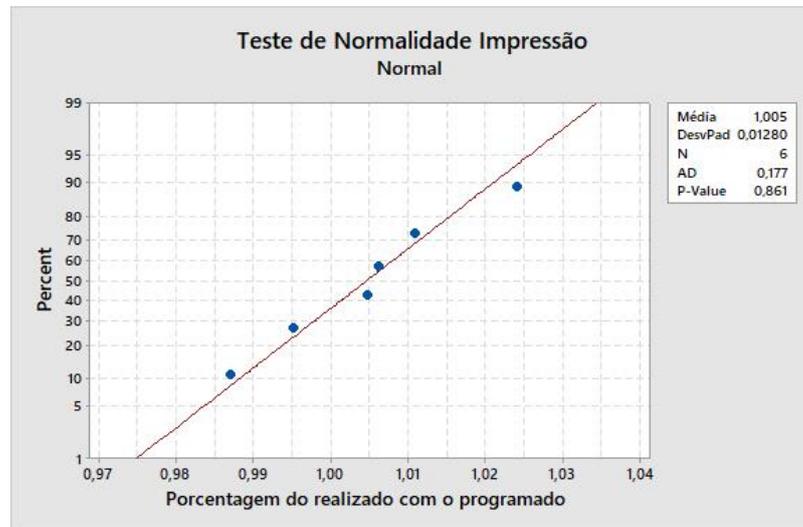
Figura 10 - Teste de normalidade para as porcentagens de metros realizados na Extrusão.



Fonte: Elaborado pelo autor

O teste de normalidade da comparação percentual das metragens realizadas com o programado dos pedidos de A à F mostram através da Figura 10 o valor de p-value sendo de 0,064, portanto os dados seguem distribuição normal e são precisos.

Figura 11 - Teste de normalidade para as porcentagens de metros realizados na impressão.



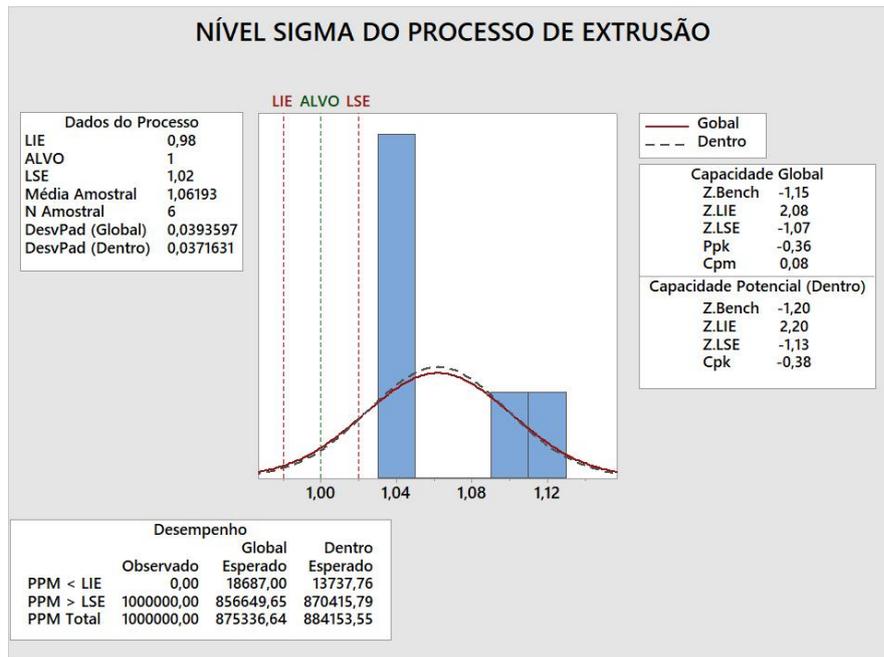
Fonte: Elaborado pelo autor

Analisando o teste de normalidade da comparação percentual das metragens efetuadas com a programada (Figura 11), nota-se que os dados também seguem distribuição normal pois o valor de p-value é 0,861, conseqüentemente os dados são precisos.

Após a confirmação do teste de normalidade, realizou-se o cálculo do Nível Sigma, considerando os limites de especificação inferior (LIE) e superior (LSE) sendo 0,98 (98%) e 1,02 (102%) respectivamente. O objetivo refere-se a porcentagem ideal a ser atingida do programado, portanto 1 (100%).

O valor do nível sigma do processo está exposto nas Figuras seguintes como Z.Bench no quadro capacidade global. O Z.Bench (global) mostra o nível sigma real do processo para dados de longo prazo, resultando em uma avaliação mais próxima das necessidades do processo, já o Z.Bench (dentro) representar o comportamento do processo, caso manter a variação.

Figura 12 - Nível sigma da comparação percentual das metragens extrusadas.



Elaborado pelo autor

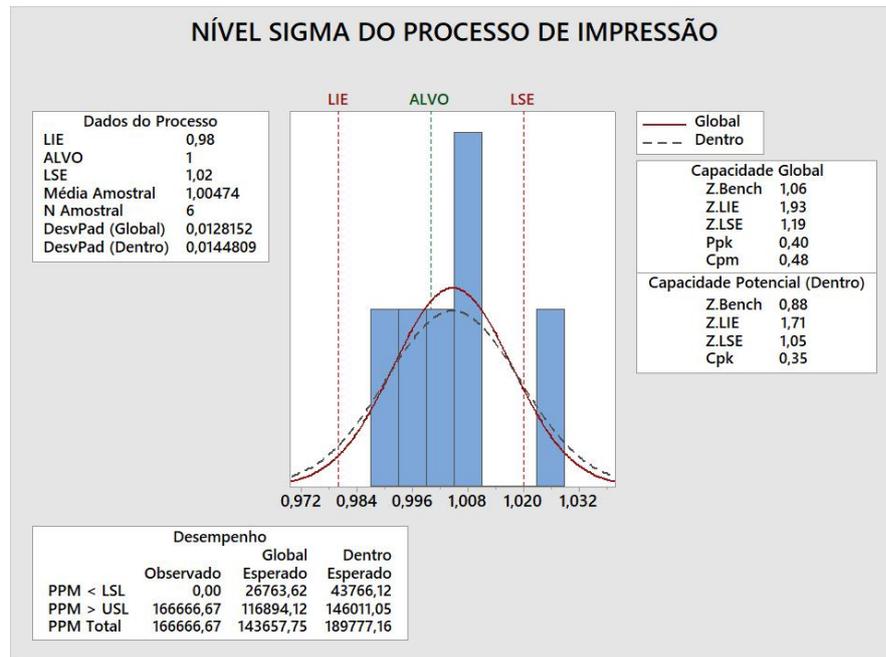
De acordo com a Figura 12, realizou-se algumas análises nas quais pode-se concluir que os dados não estão entre os limites de especificação (LIE e LSE), ou seja, excedeu as metragens programadas, além disso valores elevados de Z.Bench indicam que os processamentos são capazes, desta maneira o valor de Z.Bench do processo de extrusão foi de -1,15, portanto este processo necessita de melhorias.

O PPM estima o número de unidades, partes de peças ou produtos declarados defeituosos, se um milhão de produtos forem produzidos. Nesse contexto o PPM para este processo foi de 875.336 de metragens além do programado.

Observa-se que os valores de Z.Bench da Capacidade Global e Potencial não estão próximos, sendo assim o processo não está sob controle estatísticos. A diferença entre representa a melhoria na capacidade do processo que pode-se esperar se as mudanças e desvios no processo fossem eliminada. A comparação entre os índices Pp e Cpk, seguem a mesma ideia do controle estatístico do Z.Bench, portanto o processo não está sob controle estatístico.

A mesma análise foi feita para o processo de impressão com base nos resultado expostos na figura 13.

Figura 13 - Nível sigma da comparação percentual das metragens impressas.



Fonte: Elaborado pelo autor.

A maioria dos dados estão dentro dos limites de especificação sendo LIE 0,98 (98%) e (LSE) de 1,02 (102%), ou seja, a metragem programada foi realizada. O nível sigma calculado foi 1,06, sendo assim, necessita-se ser melhorado, analisando a possibilidade de controle estatístico no processo, pode-se concluir que o processo não está sob controle estatísticos devido a não a proximidade dos valores de Z.Bench e também pelo fato da não similaridade dos valores de Ppk e Cpk.

O PPM calculado foi de 143657, ou seja, será realizado a mais que o programado 143.657 vezes a cada 1.666.666.

7.3.2.1.2 Índice de Capacidade Cp e Cpk

Os índices de capacidade Cp e Cpk são capazes de obter informações se os processos são capazes de atenderem as especificação. O índice Cp refere-se a capacidade potencial do processo com base na dispersão do processo, já o resultado do Cpk permite concluir se o processo está sendo capaz de atingir o valor nominal da especificação, pois o mesmo considera o valor nominal do processo.

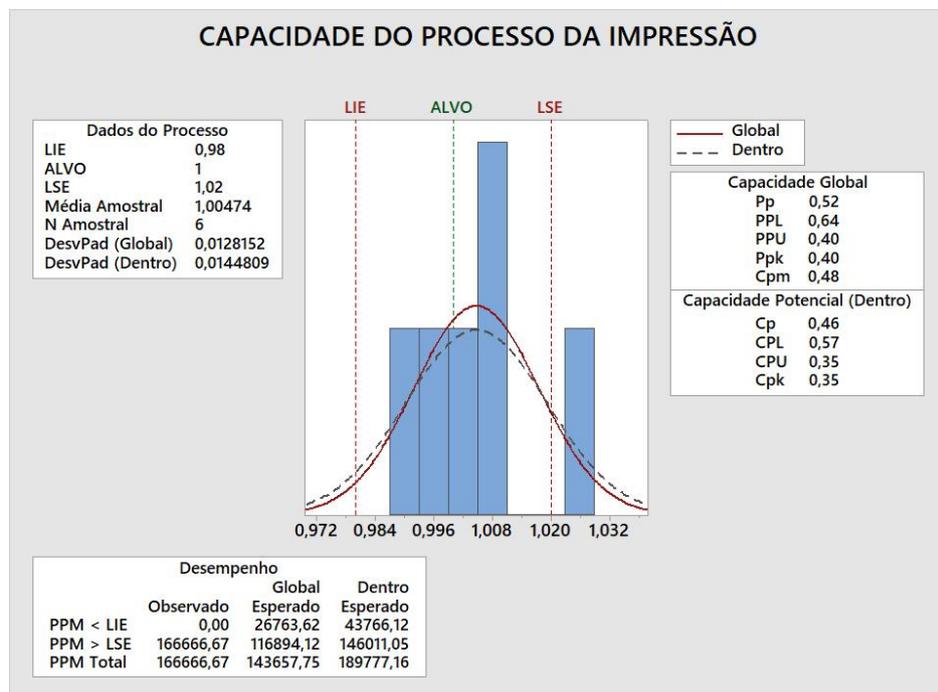
Desse modo a interpretação dos resultados dos valores dos Índices de Capacidade da tabela 8, refere-se a capacidade potencial do processo e a centralização nos processos de Impressão e Extrusão.

Tabela 8 - Interpretação dos valores dos Índice Cp e Cpk.

Cp ou Cpk	Descrição
$Cp < 1$	Capacidade potencial insuficiente
$1 \leq Cp \leq 1,33$	Capacidade potencial aceitável
$Cp \geq 1,33$	Capacidade potencial boa
$Cpk < 1$	Capacidade Efetivamente Incapaz
$Cpk > 1$	Capacidade Efetivamente Capaz
$Cp = Cpk$	Processo Centralizado
$Cp \neq Cpk$	Processo Descentralizado

Fonte: Elaborado pelo Autor

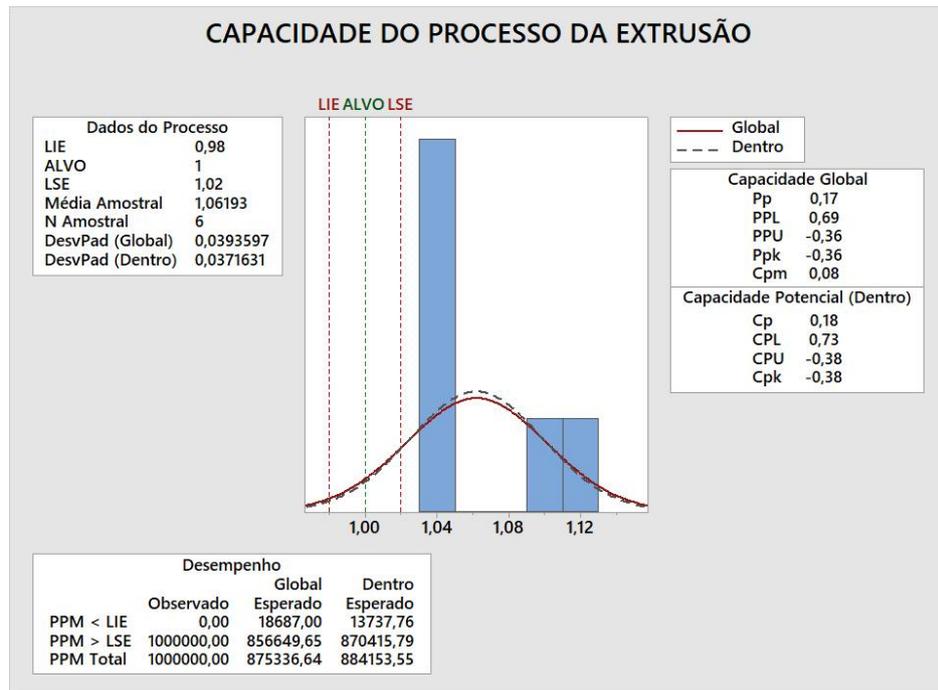
Através das Figuras 14 e 15, será possível interpretar os resultados dos índices Cp e Cpk com base nas porcentagens das metragens realizadas comparada com a programada de cada pedido na impressão e extrusão.

Figura 14 - Valores de Cp e Cpk Impressão.

Fonte: Elaborado pelo autor

Observa-se que o valor de Cp e Cpk na impressão foram de 0,46 e 0,35, respectivamente. Sendo assim, o Cp foi < 1 então considera-se como capacidade potencial insuficiente, já o Cpk também foi < 1 , logo o processo é efetivamente incapaz. Por fim, os valores dos índices não estão próximos, desta maneira o processo está descentralizado.

Figura 15 - Valores de Cp e Cpk Extrusão.



Fonte: Elaborado pelo autor

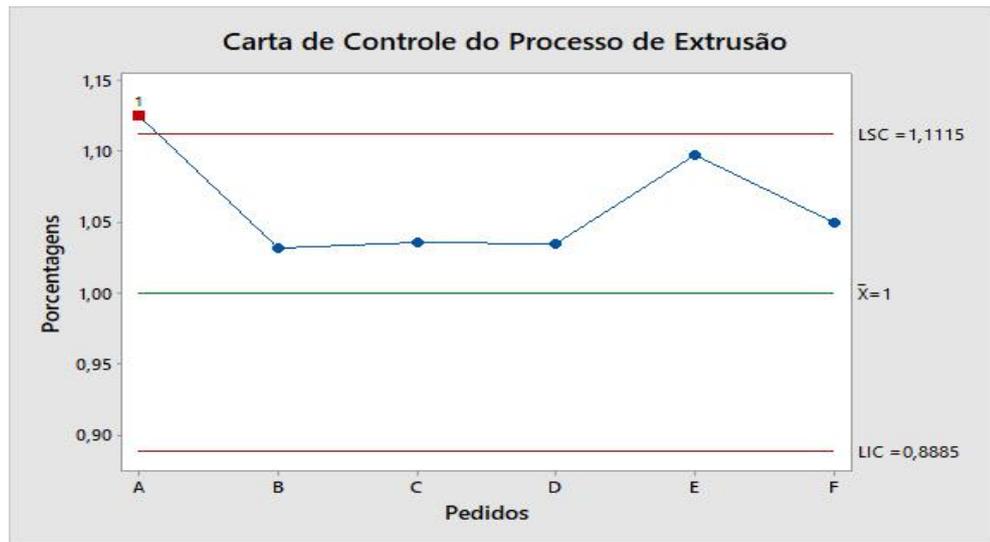
Com base nos valores de Cp e Cpk expostos na Figura 15, sendo de 0,18 para Cp e -0,38 para Cpk, conclui-se que o processo de extrusão não possui capacidade potencial e efetivamente o processo é incapaz. Através da não proximidade dos valores de Cp e Cpk o processo está descentralizado.

Além da análise da capacidade do processo, realizou-se a carta de controle para os processos de Extrusão e Impressão, mostrado nas Figuras 16 e 17, a fim de avaliar a variabilidade do processo, ou seja, se ele está sob controle ou não. Novamente utilizou-se do Minitab para realização dos gráficos.

Para que o processo esteja sob controle os pontos devem estar entre os limites de controle (LSC e LIC), denotando somente causas comuns de variação, entretanto pontos fora representam o surgimento de causas especiais de variação.

Nota-se a diferença de valores dos limites de especificação (LIE e LSE) e de Controle (LIC e LSC), isso ocorre pois os limites de controle são calculados com base na variação real do processo, já os limites de especificação são valores obtidos de acordo com o cliente ou a alta gerência.

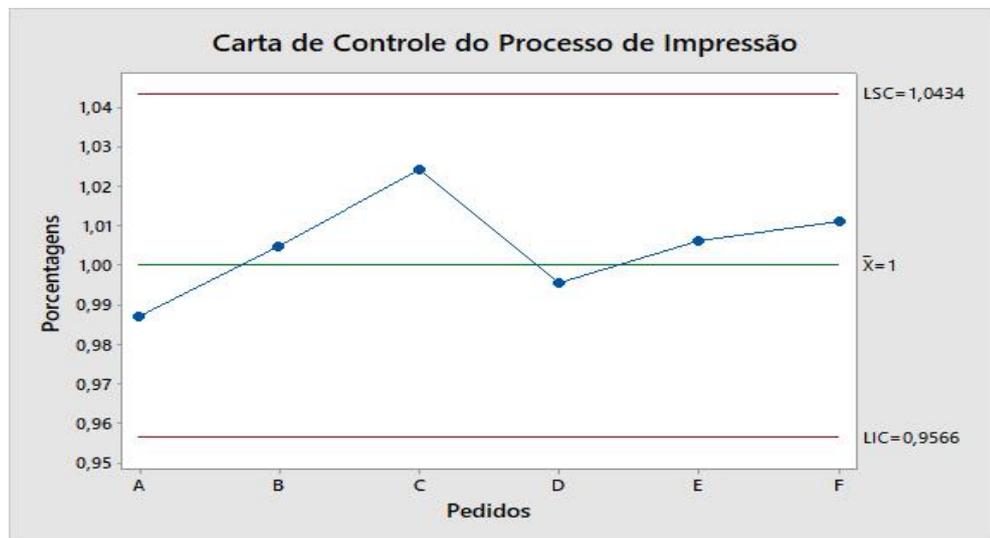
Figura 16 - Carta de Controle do percentual de metragem da Extrusão.



Fonte: Elaborado pelo autor

Através da Carta de Controle do Processo de Extrusão, nota-se que um ponto está fora dos limites de controle e existe uma causa especial de variação.

Figura 17 - Carta de Controle do percentual de metragem da Impressão.



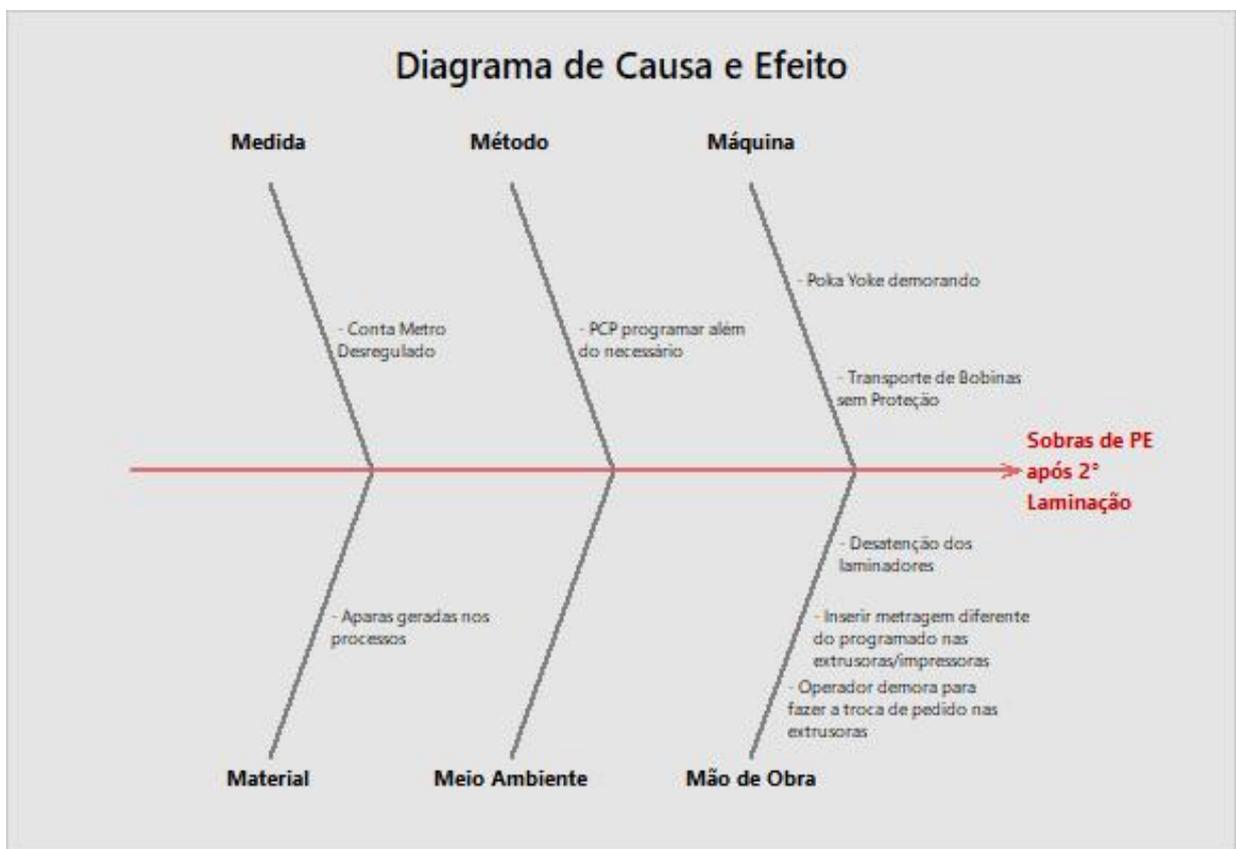
Fonte: Elaborado pelo autor

Com base na Carta de Controle do Processo de Impressão evidencia-se que os pontos estão dentro dos limites de controle, desta maneira, o processo está sob controle, atuando somente causas comuns de variação.

7.3.3 Analyze

A terceira etapa do Dmaic tem a finalidade de identificar as causas prioritárias do problema, neste caso as sobras de PE após a segunda laminação. Para isso, realizou-se um brainstorming para identificar as variáveis que ocasionavam o problema e deste modo foi desenvolvido o Diagrama de Causa efeito ou Diagrama de Ishikawa. A Figura 18 mostra as possíveis causas do problema.

Figura 18 - Diagrama de Causa e efeito para sobras de PE.



Fonte: Elabora pelo Auto

Depois da realização do Diagrama de Causa e Efeito, deve-se identificar as causas prioritárias para o problema considerado, para isso utilizou-se a Matriz de Priorização. A partir dela pode-se, propor soluções para causas prioritárias. A Tabela 9 refere-se a Matriz de Priorização.

Tabela 9 - Matriz de Priorização para causas do problema.

		Problema	
		Sobras de PE após a 2º Laminação	
Peso (5 a 10)		9	Total
Causa Potencial	Possivelmente o Poka Yoke está demorando	5	45
	Transporte de Bobinas sem Proteção	1	9
	Operador demora para fazer a troca de pedido nas extrusoras	1	9
	Inserir metragem diferente do programado nas extrusoras/impressoras	3	27
	Desatenção dos laminadores	1	9
	PCP programar além do necessário	1	9
	Conta Metro Desregulado	5	45
	Aparas geradas nos processos	5	45
Legenda: 5 Correlação Forte 3- Correlação Moderada 1 – Correlação fraca 0 – Correlação ausente			

Fonte: Adpatado Werkema (2014)

Os resultados são com base no brainstorming realizado com a alta gerência, no qual constatou-se que as causas prioritárias a serem selecionado para minimizar as sobras de PE após a segunda laminação são as que apresentaram maiores resultados, portanto: Poka Yoke da extrusora possivelmente está demorando em alertar quando a metragem estabelecida é atingida, o Conta Metro das máquina pode estar desregulado e as Aparas geradas nos processos.

7.3.4 Improve

A penúltima etapa do Dmaic refere-se em propor soluções para eliminar/reduzir as causas fundamentais do problema prioritário. Com essa finalidade, utilizou-se da ferramenta 5W1H pois não foi possível quantificar quanto custaria (How Much) as soluções. A ferramenta está exposta no quadro 5.

Quadro 6 - Soluções para eliminar/reduzir as causas fundamentais.

O que? (What)	Quem? (Who)	Quando? (When)	Onde? (Where)	Porque? (Why)	Como? (How)
Sirene de Poka Yoke alertar antes da metragem programada.	Manutenção	Imediato	Nas extrusoras	Obter maior atenção dos operadores para quando a metragem estiver próxima do programado.	Programar para que o Poka Yoke acione antes da metragem programada.
Possibilidade do Conta Metro estar desregulado.	Estagiários	Imediato	Extrusoras e Impressoras	O Conta Metro pode estar desregulado	Rodar uma bobina padrão nas extrusoras e impressoras
Aparas Geradas do Processo (Troca de Bobina Forro)	Auxiliares	Imediato	Durante a Laminação	As bobinas ficam amassadas	Revestir os “garfos” das empilhadeiras hidráulicas com estufa.

Elaborado pelo Autor

Vale ressaltar que foi especificado em Aparas Gerados do Processo o tipo “Troca de Bobina Forro”, pois foi esta que mais gerou aparas durante a realização dos 6 pedidos. Então, deve-se ter cuidado no manuseamento e armazenamento de bobinas de PE (Forro).

Dos três planos de ação, o segundo foi executado, portanto pegou-se uma bobina amostral de PE de 868,37 metros e a mesma rodou nas extrusoras, revisadoras e laminadoras, exclui-se as máquinas de corte-solda e as refiladeiras, pois este trabalho abrange até o processo de laminação.

Refere-se a Tabela 10 as metragens da bobina escolhida nas máquinas mencionadas, foi possível obter a variância das metragens.

Tabela 10 - Metragens referente a bobina amostral nas máquinas.

Máquinas	Metros	Variação (%)
Impressora A	873	0,53
Impressora B	866	0,27
Impressora C	868	0,42
Extrusora D	849	2,23
Extrusora E	848	2,34
Revisadora F	851	2,00
Revisadora G	862	0,73
Laminadora H	867	0,16
Laminadora I	861	0,85
Laminadora J	866	0,27

Fonte: Elabora Pelo Autor

Analisando a Tabela 10, nota-se poucas variações nas metragens em cada máquina, as Extrusoras D, F e a revisadora F apresentaram maiores variâncias, sendo de 2,23%, 2,34% e 2,00% respectivamente. As demais máquinas variaram de 0,16% à 0,73%.

Os outros planos de ação não foram realizados, ficando portanto como uma proposta.

7.3.5 Control

A proposta de controlar está ligada aos problemas levantados na etapa anterior. Então, cabe aos funcionários ter mais atenção durante a produção, de modo que não deixem as máquinas produzirem além da metragem programado. Deve-se realizar o acompanhamento constante das metragens para que continuamente estejam dentro dos limites de especificações.

Quanto às aparas geradas na produção em especial a “Troca de Bobina Forro”, para reduzi-las os funcionários devem ser treinados para manusear as bobinas de PE para não gerar aparas, e também realizar o revestimento do transporte de bobinas assim que houver necessidade de troca.

Por fim, sabe-se que os Conta-Metro das máquinas envolvidas no processo de duas laminações não estão com elevadas variações, o que indica a necessidade de fazer a manutenção preventiva para evitar problemas futuros.

Para obter o controle sobre as sobras e aparas, propõe-se o uso de Indicadores de produção. O Quadro 7 refere-se a alguns indicadores propostos para controlar os fenômenos mencionados.

Quadro 7 - Indicadores de Produção de Sobras e Aparas.

Indicadores	Objetivo	Fórmula	Responsável
Conferência Poka Yoke	Identificar se o aparelho está com defeito	$\frac{\text{Pedidos com sobras identificadas pelo poka yoke}}{\text{Pedidos com sobras totais}}$	Operador
Porcentual de Bobinas Amassadas	Quantificar as bobinas amassadas.	$\frac{\text{Bobinas amassados}}{\text{Bobinas totais produzidas}}$	Operador
Sobras	Identificar o quanto deixou de produzir.	$\frac{\text{Metragem da Sobra do Pedido}}{\text{Metragem Realizada}}$	Operador

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Os indicadores mencionados deverão ser calculados constantemente, a fim de obter acompanhamento do comportamento dos seus resultado e por meio dos históricos propor metas para reduzir a ocorrência dos mesmos.

8. Conclusão

O trabalho foi realizado em uma linha de produção de embalagens flexíveis, tendo como foco desenvolver uma proposta de melhoria para redução de sobras de materiais após o processo de laminação. Desta maneira, a estratificação dos possíveis problemas relevantes oriundos das sobras de materiais, em destaque sobras de PE, se deu por meio da metodologia DMAIC.

Nesse sentido na etapa Define, definiu-se a meta de produzir metragens dentro dos limites de especificações. Através da ferramenta SIPOC mostrou-se os processos/setores desde o PCP até o fim da 2ª laminação, possibilitando estudar com detalhes todas as variáveis que envolveram estes processos/setores.

Em seguida realizou-se a etapa Measure (Medir), foram coletadas as metragens de 6 pedidos e comparada com a metragem programada em cada pedido, através disso obteve-se as porcentagens do quanto da metragem realizada foi efetuada em relação ao programado nos processos de extrusão e impressão. Observou-se que alguns pedidos efetuaram metragens a mais ou a menos do programado. Destacando as metragens extrusadas que variaram de 3,13% a 12,45 % do programado, e através das diferenças das metragens programadas e as realmente realizadas são valores próximo da metragens das sobras de PE. Possivelmente a extrusão produziu metragens a mais do programado.

Após essa análise, constatou-se que os filmes impressos são gradativamente reduzidos de um processo para o outro, em virtude de aparas. Dessa forma, utilizou-se o gráfico de Pareto para identificar as aparas e como resultado, as principais encontradas foram: “Troca de Bobina forro”, “Parada Extrusão” e “Parada Impresso”, cada uma gerou 25,10 kg, 21 kg e 14,50 kg, respectivamente.

Em seguida com a finalidade de entender o processo atual considerando as porcentagens das metragens realizadas do programado nos processos de extrusão e impressão, calculou-se o nível sigma dos processos, os índices de capacidade (C_p e C_{pk}) e a carta de controle. O ideal para nível sigma é próximo de 6, pois quanto maior o número nível sigma menor será os defeitos por milhão. Com o auxílio do software Minitab utilizado para calcular os parâmetros mencionados, obteve-se níveis sigma muito baixo, -1,15 no processo de extrusão e 1,06 no processo de impressão, indicando que os processos não estão sob controle estatístico.

Os índices de capacidade (C_p e C_{pk}) calculados pelo software mostraram valores menores que 1, concluindo-se que os processos não possuem capacidade potencial e efetivamente não são capazes, e também a não similaridade dos valores apontam para a descentralização do processo.

Na sequência, realizou-se a etapa Analyze que através do Diagrama de Ishikawa mostrou as causas das sobras de PE após a 2ª laminações, em virtude disso utilizou-se da Matriz de Priorização para enumerar as causas potenciais das sobras, sendo o Poka Yoke da extrusora eventualmente está demorando em alertar quando a metragem estabelecida é atingida, Conta-Metro das máquina desregulado e as Aparas geradas nos processos. Conseqüentemente esta etapa foi fundamental para propor soluções na etapa Improve.

Através da ferramenta 5W1H foi desenvolvido um plano de soluções das causas prioritárias mencionadas anteriormente. Então dos três planos, somente o plano de ação referente a possibilidade do conta metro estar desregulado foi realizado. Foi rodado em cada máquina uma bobina padrão e por intermédio da tabela 15, pode-se observar poucas variações, sendo de 2,34% a maior delas.

Por fim, o foco da etapa Control constatou-se a necessidade de maior atenção dos funcionários quanto as metragens realizadas de modo a não exceder o programado, além de treinar os funcionários para manusearem as bobinas de forma correta afim de não gerarem aparas. E também propor indicadores de produção para ter acompanhamento do Poke Yoke das Extrusoras, das Bobinas Amassadas e das Sobras.

Vale ressaltar a utilização do Software Minitab o qual foi primordial para a realização das etapas da metodologia DMAIC, é uma importante ferramenta de fácil manuseio e com resultados precisos.

Espera-se produzir dentro do programado, no entanto há diversas variáveis como: funcionamento das máquinas, desatenção dos colaboradores, etc. Com o objetivo de diminuir a influência dessas variáveis no processo é preciso acrescentar mais ferramentas tanto qualitativas como quantitativas no ambiente fabril para produzir metragens dentro dos limites de especificações.

As propostas para reduzir os filmes de PE diminuiriam aproximadamente R\$ 2.448,00 do custo de produção do Polietileno (PE), considerando o custo de cerca de R\$ 16,00 por kg de PE produzido, e que sobraram 153 kg de PE destes 6 pedidos em estudo.

Uma das limitações deste trabalho foi a pequena quantidade de dados coletados, pois acompanhar o processamento após a segunda laminação, exige muito tempo. Então a coleta dos últimos dados foi efetuada por alguns funcionários, podendo apresentar algumas variações que influenciam no resultado final.

Em vista do que foi mencionado neste trabalho, verificou-se os benefícios da metodologia Lean Six Sigma através do método DMAIC: estratificar o problema e propor soluções, além disso entender a situação atual do processo.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

ANTUNES, J. **Sistemas de Produção: Conceitos e práticas para projeto e gestão de produção enxuta**. Porto Alegre: Bookman, 2008.

BENZI, L. **Cenário é positivo para indústria de embalagens flexíveis em 2018**. Associação brasileira da indústria de embalagens flexíveis. 2018. Disponível em: <<http://abief.com.br/noticia/14>>. Acesso em 2018 jun.

BERNARDO, V. **Melhorias na gestão estratégica hospitalar com a utilização do lean six sigma: uma contribuição teórica**. 2017. 109 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos – SP.

CAMPOS, C.; RODRIGUES, M.; OLIVEIRA, R. **Lean Manufacturing: Produção Enxuta**. Revista e-locação, Minas Gerais. v. 1, n. 10, p. 155- 172, 2016.

CAVALCANTE, F. **Lean six sigma aplicado a uma empresa do setor de embalagens**. 2011. 74 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Mecânica) - Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá – SP.

CORREIA, J. **Contextualização dos princípios da construção enxuta: aplicação da filosofia enxuta do sistema Toyota de produção na indústria da construção civil em exemplos práticos**. Cadernos de graduação Ciências Exatas e Tecnológicas, Minas Gerais, v. 4, n. 3. 2018

CROSBY, P. **Quality is Free: The Art of Making Quality Certain**. New York: McGraw-Hill Book Company, 1979.

DEMING, W. **Out of the crisis**. Cambridge, MA: Massachusetts Institute of Technology Center for Advanced Engineering Study, 1986.

DUARTE, D. **Aplicação da metodologia seis sigma – modelo dmaic - na operação de uma empresa do setor ferroviário**. 2011. 81 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção) - Faculdade de Engenharia da Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora – PR.

ESCANFERL, D. **Projeto dmaic com ferramentas seis sigma para redução de sucata em uma multinacional do ramo de acessórios automobilísticos**. 2014. 64 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Mecânica) - Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá – SP.

FRANCO, M. **Aplicação da metodologia Seis Sigma para redução de desperdícios em uma indústria de bem de consumo**. 2016. 59 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Materiais e Manufatura) – Departamento de Engenharia de Materiais, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos – SP.

FONSECA, J. **Metodologia da pesquisa científica**. Fortaleza: UEC, 2002. Apostila.

FORD, H. **Hoje e amanhã**. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1927.

GANGA, G. **Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) na engenharia de produção: um guia prático de conteúdo e forma.** São Paulo: Atlas, 2012

GASPAR, A. **Aplicação dos Seis Sigma na Avaliação da Inexatidão dos Resultados Laboratoriais do Parâmetro Cortisol Sérico.** 2015. 208 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial) – Universidade Nova de Lisboa, Lisboa – POR.

GARVIN, D. **Gerenciando a qualidade: a visão estratégica e competitiva.** Rio de Janeiro: Qualitymark, 1992.

GHINATO, P. **Sistema Toyota de Produção – mais do que um simples Just-in-time.** Caxias do Sul: EDUCS, 1996.

GIL, A. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GARVIN, D. **Gerenciando a qualidade: a visão estratégica e competitiva,** Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002.

HARRY, M. **Six sigma: a breakthrough strategy for profitability.** Quality Progress, v. 31, n. 5, p. 60-64, 1998.

HINES, P; TAYLOR, D. **Going lean: a guide to implementation.** Cardiff: Lean Enterprise Research Center, 2000.

JURAN, J.; GRZYNA, F. **Controle da qualidade.** São Paulo: MAKRON Books, 1991.

KWAK, Y.; ANBARI, F. **Benefis, obstacles, and future of six sigma approach.** Technovation, Washington DC, USA, v. 26, p 708-715, 2006.

MACHADO, P. **Redução de desperdícios no desenvolvimento de software de grande porte por meio de ferramentas lean.** 2017. 127 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Mestrado em Engenharia de Produção e Sistemas) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco – PR

MANZAN, R. **Busca da P+L por meio da produção enuta: estudo de casos múltiplos em indústrias de fundição.** 2013. 180 p. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.

MONTEIRO, F. **Um estudo sobre a metodologia Seis Sigma e sua eficácia na otimização de um processo simulado de manufatura.** 2017. 85 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção) – Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos – SP.

NOGUEIRA, R. **Análise da implementação de lean seis sigma com foco na ferramenta dmaic em uma indústria de fios.** 2015. 99 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá – PR.

OHNO, T. **O Sistema Toyota de Produção: além da produção em larga escala.** Porto Alegre: Bookman, 1997.

OHNO, T. **The Toyota production system: Beyond large-scale production.** Portland: Productivity Press, 1988.

- PRODANOV, C.; FREITA, E. **Metodologia do Trabalho Científico: Métodos e Técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. 2. ed. Novo Hamurgo: Editora Feevale. 2013.
- PYZDEK, T.; KELLER, P. **Seis Sigmas guia do profissional**. 3. ed. Rio de Janeiro: Alta Books, 2011.
- REIS, D. **Seis Sigma: Um estudo aplicado ao setor eletrônico**. 44 p. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Engenharia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2003.
- RODRIGUES, A. **Aplicação da metodologia dmaic em uma instituição financeira**. 2008. 92 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.
- ROTONDARO, R. **Seis Sigma - Estratégia Gerencial para a Melhoria de Processos, Produtos e Serviços**. 1. ed. São Paulo: Atlas, 2011.
- SANTOS, P. **Estudo da gestão da qualidade total e sua influência na produtividade industrial**. 2017. 44 p. Monografia (Especialista de Produção) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa – PR.
- SCHAFFER, A. **Aplicação da metodologia lean six sigma para melhoria de um processo produtivo**. 2016. 106 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre – RS.
- SHINGO, S. **Sistema Toyota de Produção – do ponto de vista da Engenharia de Produção**. Porto Alegre, Editora Bookman, 1996^a
- SILVA, R. **Metodologia Six Sigma e Suas Aplicações**. São Paulo 2009. Universidade São Judas Tadeu, 2009.
- SU, C.; CHOU, C. **A systematic methodology for the creation of Six Sigma projects: A case study of semiconductor foundry**. Expert Systems with Applications, v. 34, p. 2693-2703, 2008.
- TAGUCHI, Genechi. **Engenharia da qualidade em sistema de produção**. São Paulo: McGraw-Hill, 1990.
- TAYLOR, F. **Princípios de administração científica**. 8.ed. São Paulo: Atlas, 1990.
- TOLEDO, J.; CARPINETTI, L. . **Gestão da Qualidade**. In: Henrique Rozenfeld; Elizabeth Banas. (Org.). **A Fábrica do Futuro**. São Paulo: Editora Banas, 2000, v., p. 115-122.
- TRIVELLATO, A. **Aplicação das sete ferramentas básicas da qualidade no ciclo pdca para melhoria contínua: Estudo de caso numa empresa de autopeças**. 2010. 73 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos – SP.
- WOMACK, J.; JONES, D. **A mentalidade enxuta nas empresas - elimine o desperdício e crie riqueza**. 8^a. Ed. Rio de Janeiro: Campus, 2004.
- WERKEMA, C. **Lean Seis Sigma: às Ferramentas do Lean Manufacturing**. Belo Horizonte: Werkema Editora, 2006.
- WERKEMA, C. **Criando a cultura Lean seis sigma**. Rio de Janeiro: Editora Elsevier, 2012.

WERKEMA, C. **Métodos pdca e dmaic e suas ferramentas analíticas**. Rio de Janeiro: Editora Elsevier. 2013

WERKEMA, C. **Ferramentas estatísticas básicas do lean seis sigma integradas ao pdca e dmaic**. Rio de Janeiro: Editora Elsevier. 2014.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

ZAGHA, R. **Gestão da qualidade em cadeias de suprimentos do segmento de motores de automóveis**. 2009. 224 p. Tese (Doutorando em Engenharia de Produção) – Centro de Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos – SP.