

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
ENGENHARIA MECÂNICA

LEONARDO KUNATH MACHADO

**APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DMAIC PARA O AUMENTO DE EFICIÊNCIA
DE MÁQUINAS EM UMA INDÚSTRIA DE LATICÍNIOS**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

PONTA GROSSA

2019

LEONARDO KUNATH MACHADO

**APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DMAIC PARA O AUMENTO DE EFICIÊNCIA
DE MÁQUINAS EM UMA INDUSTRIA DE LATICÍNIOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica, do Departamento Acadêmico de Mecânica – DAMEC, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Juan Carlos Claros Garcia



TERMO DE APROVAÇÃO

APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DMAIC PARA O AUMENTO DE EFICIÊNCIA DE MÁQUINAS EM UMA INDÚSTRIA DE LATICÍNIOS

por

LEONARDO KUNATH MACHADO

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado em 27 de junho de 2019 como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Dr. Juan Carlos Claros Garcia
Orientador

Prof. Dr. Fabio Jose Ceron Branco
Membro Titular

Prof. Me. Nelson Ari Canabarro de de Oliveira
Membro Titular

Prof. Dr. Marcos Eduardo Soares
Responsável pelos TCC

Prof. Dr. Marcelo Vasconcelos de Carvalho
Coordenador do Curso

Dedico este trabalho à minha família, amigos e todos que fizeram parte da minha trajetória

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Juan Carlos Claros Garcia, por toda dedicação e paciência que me ajudaram durante minha trajetória.

Aos meus colegas de curso.

Gostaria também de agradecer à minha família, principalmente ao meu pai e minha mãe por todo o apoio, que tornou possível a conclusão desse desafio.

Enfim, a todos que por algum motivo contribuíram para a realização desta pesquisa.

RESUMO

MACHADO, Leonardo Kunath. **Aplicação da Metodologia DMAIC para o Aumento de Eficiência de Máquinas Produtoras de Iogurte em uma Indústria de Laticínios**. 2019. 76f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Mecânica) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2019.

O presente trabalho descreve um estudo de caso sobre a utilização da metodologia DMAIC para o aumento de eficiência de máquinas produtoras de iogurte em uma indústria de laticínios. Em seguida, há uma breve contextualização da empresa e apresentação da metodologia utilizada para fazer o trabalho, passando por todas as etapas do DMAIC, que foi aplicado nas Máquinas A, B e C, pertencentes à família Iogurte Polpa da fábrica. Na etapa Definir foi definido o escopo, responsáveis e o cronograma do projeto. Na etapa Medir, comprovou-se a existência dos problemas e definiu-se quais deles seriam analisados através de gráficos. Na etapa Analisar, investigou-se a causa raiz dos problemas escolhidos para o estudo, através de ferramentas da qualidade (Diagrama de Ishikawa, Teste dos 5 Por Quês e 5W2H). Na etapa Melhorar, estimou-se os ganhos com as aplicações dos projetos, que foi 1,63% de eficiência para a Máquina B, 3,54% para a Máquina C e 2,06% para a Máquina A, sendo sugerido posteriormente planos de controle para a etapa Controlar. Por fim, há um tópico com as conclusões do estudo, em que também são sugeridas ações futuras de melhoria contínua para a empresa estudada.

Palavras-chave: Melhoria Contínua. Ciclo DMAIC. Seis Sigma. Eficiência de Produção. Indústria de Laticínios.

ABSTRACT

MACHADO, Leonardo Kunath. **Application of the DMAIC Methodology for Increasing the Efficiency of Yogurt Producing Machines in a Dairy Industry.**

2019. 76f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Mecânica) – Federal Technology University. Ponta Grossa, 2019.

This paper describes a case study on the use of the DMAIC methodology to increase the efficiency of yogurt producing machines in a dairy industry. Then there is a brief contextualization of the company and presentation of the methodology used to do the work, going through all the stages of the DMAIC, which was applied in the Machines A, B and C, belonging to the family Yogurt pulp factory. In the Define stage, the project's scope, responsibility and schedule were defined. In the Measure stage, we verified the existence of the problems and defined which of them would be analyzed through graphs. In the Analyze stage, we investigated the root cause of the problems chosen for the study, using quality tools (Ishikawa Diagram, 5 Why Test and 5W2H). In the Improve stage, gains were estimated on the projects' applications, which was 1.63% efficiency for Machine B, 3.54% for Machine C and 2.06% for Machine A, and later plans were suggested to the Control stage. Finally, there is a topic with the conclusions of the study, where future actions of continuous improvement are also suggested for the company studied.

Keywords: Continuous Improvement. DMAIC Cycle. Six Sigma. Production Efficiency. Dairy Industry.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Sistemática para aplicação do modelo de boas práticas da melhoria contínua	17
Figura 2 - O ciclo PDCA	19
Figura 3 - Relação entre o OEE e as seis grandes perdas	22
Figura 4 - Curva de distribuição normal.....	24
Figura 5 - Ciclo DMAIC.....	25
Figura 6 - Contrato do Projeto	26
Figura 7 – Diagrama de Pareto	27
Figura 8 – Diagrama de Ishikawa.....	29
Figura 9 – Plano de Ação (5W2H).....	30
Figura 10 – Exemplo de gráfico de controle	31
Figura 11 – Fluxograma do processo produtivo	34
Figura 12 – Atividades das etapas do ciclo DMAIC.....	35
Figura 13 – Cronograma do projeto	43
Figura 14 – Exemplo de atendimento e planejamento de produção	45
Figura 15 – Diagrama de Ishikawa para a parada Troca de data/lote.....	54
Figura 16 - Teste dos 5 Porquês para o problema de matéria-prima	55
Figura 17 - Teste dos 5 Porquês para o problema de método	55
Figura 18 – Diagrama de Ishikawa para CIP com soda e CIP de linhas e tanques ..	57
Figura 19 – Teste dos 5 Porquês para o problema de meio ambiente	58
Figura 20 – Teste dos 5 Porquês para o problema com a máquina.....	58
Figura 21 – Teste dos 5 Porquês para o problema com mistura em tanque para a Bisignano 2.....	59
Figura 22 – Exemplo de marcação diária da planilha de programação do PCP	60

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1- Fill rate da família logurte Polpa ao longo do ano de 2018.....	44
Gráfico 2 – Histograma de saldo de produção (kg)	46
Gráfico 3 – Gráfico de linha ajustada de saldo de produção por volume programado diário.....	47
Gráfico 4 - Eficiência de 2018 da Máquina A	48
Gráfico 5 – Pareto do percentual de tempo de paradas por setor da Dinieper Polpa	49
Gráfico 6 – Pareto de paradas com mais 30 horas da Máquina A em 2018	49
Gráfico 7 – Eficiência de 2018 da Máquina B.....	50
Gráfico 8 - Pareto do percentual de tempo de paradas por setor da Máquina B em 2018	51
Gráfico 9 - Pareto de paradas com mais de 30 horas da Máquina B em 2018	51
Gráfico 10 - Eficiência de 2018 da Máquina C	52
Gráfico 11 - Pareto do percentual de tempo de paradas por setor da Máquina C em 2018	53
Gráfico 12 - Pareto de paradas com mais de 30 horas da Máquina C em 2018	53
Gráfico 13 – Porcentagem do tempo de Troca de Data/Lote na Máquina A em 2018	64
Gráfico 14 - Porcentagem do tempo de Troca de Data/Lote na Máquina B em 2018	66
Gráfico 15 - Porcentagem do tempo de CIP com soda e CIP de linhas/tanques na Máquina C em 2018	67
Gráfico 16 – Comparação do tempo parado por CIP com soda na Máquina B e Máquina C durante o segundo semestre de 2018.....	68
Gráfico 17 – Comparação do tempo parado por CIP de linhas/tanques na Máquina B e Máquina C durante o segundo semestre de 2018.....	69

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Contrato do Projeto	43
Quadro 2 – Plano de Ação (5W2H) para o problema com troca de data/lote.....	56
Quadro 3 – Plano de Ação (5W2H) para o problema de CIP com soda e CIP de linhas e tanques.....	61

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Custos da má qualidade do nível sigma do processo	23
Tabela 2 – Dados da produção das máquinas da família logurte Polpa – 18/07/2018	60
Tabela 3 – Valores para cálculo de faturamento de máquina por hora produtiva	62
Tabela 4 – Valores para cálculo de gasto de embalagem de cada máquina por hora produtiva.....	62
Tabela 5 – Valores para cálculo de gastos com produto e energia por hora produtiva	63
Tabela 6 – Lucro de cada máquina por hora produtiva	63
Tabela 7 – Estimativa de ganhos para a Máquina A com a instalação do datador a laser.....	65
Tabela 8 - Estimativa de ganhos para a Máquina B com a instalação do datador a laser	66
Tabela 9 - Estimativa de ganhos para a Máquina C com a instalação da mistura em linha.....	70
Tabela 10 - Calculo de lucratividade e payback total dos projetos	70
Tabela 11 – Estimativa de aumento de lucratividade para 5 anos decorridos do início dos projetos.....	71

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 PROBLEMA	15
1.2 JUSTIFICATIVA	15
1.3 OBJETIVOS	16
1.3.1 Objetivo Geral	16
1.3.2 Objetivos Específicos	16
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
2.1 MELHORIA CONTÍNUA	17
2.1.1 PDCA	18
2.1.2 Kaizen	20
2.2 EFICIÊNCIA DE PRODUÇÃO.....	21
2.3 SEIS SIGMA.....	22
2.4 DMAIC.....	25
2.4.1 Etapa Definir.....	26
2.4.2 Etapa Medir	27
2.4.3 Etapa Analisar	28
2.4.3.1 Diagrama de causa-efeito	28
2.4.3.2 Teste dos 5 porquês.....	29
2.4.3.3 Plano de ação (5W2H)	30
2.4.4 Etapa Melhorar	31
2.4.5 Etapa Controlar	31
3 METODOLOGIA	33
3.1 DESCRIÇÃO DO AMBIENTE DE PESQUISA	33
3.2 DESCRIÇÃO DO PROCESSO PRODUTIVO	33
3.3 DESCRIÇÃO DO PROBLEMA.....	34
3.4 METODOLOGIA DA ETAPA DEFINIR.....	35
3.5 METODOLOGIA DA ETAPA MEDIR.....	36
3.6 METODOLOGIA DA ETAPA ANALISAR	38
3.7 METODOLOGIA DA ETAPA MELHORAR.....	38
4 RESULTADOS	43

4.1 RESULTADOS DA ETAPA DEFINIR	43
4.2 RESULTADOS DA ETAPA MEDIR	44
4.2.1 Máquina A	48
4.2.2 Bisignano 1	50
4.2.3 Bisignano 2.....	52
4.3 RESULTADOS DA ETAPA ANALISAR	54
4.3.1 Análise da Falha Troca de Data/Lote	54
4.3.2 Análise da Falha CIP com Soda e CIP de Linhas e Tanques	57
4.4 RESULTADOS DA ETAPA MELHORAR	62
4.4.1 Resultados da Máquina A	64
4.4.2 Resultados da Máquina B	65
4.4.3 Resultados da Máquina C	67
4.5 PAYBACK E LUCRATIVIDADE TOTAL DOS PROJETOS	70
4.6 REUNIÃO DE APROVAÇÃO	71
5 CONCLUSÃO	72
REFERÊNCIAS.....	74

1 INTRODUÇÃO

Para uma empresa obter sucesso em seu processo produtivo, é necessário que haja o engajamento e conhecimento por parte dos funcionários com as políticas de qualidade e melhoria contínua. Com o passar dos anos, analisar as operações vigentes dentro da cadeia produtiva se tornou uma atividade extremamente importante, pois já não bastava apenas produzir, mas sim conhecer e mapear todas as atividades que ocorrem durante o ciclo produtivo, para assim, corrigir os erros que o mesmo apresenta (BERTERO, 1994). Segundo Araujo (2006), analisar a instituição no âmbito organizacional é de suma importância para traçar os objetivos da mesma, e assim encontrar os sistemas e métodos coerentes para buscar o aumento de produtividade e eficiência das tarefas administrativas.

O aumento de eficiência das máquinas está entre as prioridades de qualquer indústria no século XXI. Seja para aumentar a sua capacidade produtiva, melhorar o índice de satisfação dos clientes, reduzir custos ou manter os equipamentos funcionando o maior tempo possível, é um assunto que sempre está presente nas pautas de reuniões da Alta Direção. Para fazer a tratativa dos problemas relacionados à produtividade e identificar as oportunidades de melhorias, as indústrias contratam profissionais e montam setores destinados a analisar os KPIs (*Key Performance Indicators*) e encontrar soluções, tomando as decisões baseadas em dados (Filho, 2017).

Entre as metodologias utilizadas para aumentar a eficiência de máquinas temos o *Lean Manufacturing*, PDCA e o DMAIC, sendo todas destinadas a trabalhar com a melhoria contínua, seja por redução de desperdícios em geral, análise de causas raízes dos problemas, criação de procedimentos operacionais e melhoria dos processos produtivos.

O DMAIC é uma das ferramentas do Seis Sigma, que é um conjunto de práticas que busca melhorar os processos produtivos, com maior efetividade na análise e melhoria da produção, visando o alcance das metas estratégicas determinadas pela alta direção. Segundo Wekerma (2006), o DMAIC tem por objetivo o aumento da lucratividade de uma empresa através da redução de custos, otimização de produtos e processos e incremento da satisfação de clientes e consumidores. Segundo Andrietta e Miguel (2007), as empresas buscam o treinamento de profissionais para aplicação do DMAIC quando querem um alto grau de qualidade para seus produtos e

também para seus processos produtivos, visando uma redução de perdas e aumento de confiabilidade.

Com o aumento crescente da busca por um processo produtivo melhor elaborado e mais lucrativo por parte das empresas, vários projetos de Seis Sigma® com a utilização do método DMAIC estão sendo realizados, sendo feitos nas mais diversas áreas e tipos de indústria, incluindo o ramo alimentício. Conseqüentemente, as indústrias de alimentos vêm buscando profissionais que saibam analisar dados e encontrar causas raízes para melhorar a lucratividade na rotina produtiva, tornando o processo mais enxuto e confiável.

Tendo em vista a importância do DMAIC, como contextualizado acima, este trabalho tem por objetivo aplicar esta ferramenta para aumentar a eficiência de máquinas em uma indústria produtora de laticínios.

1.1 PROBLEMA

Quais os benefícios da aplicação da metodologia DMAIC para o aumento da eficiência de máquinas produtoras de iogurte em uma indústria de laticínios?

1.2 JUSTIFICATIVA

O DMAIC é utilizado em projetos de melhoria contínua, que buscam o controle dos projetos após a implantação, garantindo que os mesmos não sejam esquecidos e a empresa evolua (WEKERMA, 2006).

Com a recente troca de diretoria em uma indústria de laticínios na região de Ponta Grossa, o aumento de eficiência das máquinas da unidade voltou a ser um dos principais tópicos discutidos pela alta direção. A necessidade do aumento da satisfação dos clientes com o prazo de entrega, diminuição de desperdícios e planejamento do aumento de produção para futura exportação para novas localidades, fez com que estudos para aumentar a confiabilidade e tempo operacional das máquinas fossem realizados.

Dentre as máquinas pautadas nesse estudo, encontram-se as máquinas pertencentes à denominada família de iogurte Polpa da unidade. Todas as máquinas pertencentes a essa família produzem o mesmo tipo de bebida láctea, podendo ser variados os sabores. Ambas possuem padrão de funcionamento e processos

similares, variando apenas alguns pontos devido ao projeto inicial e produções a que foram destinadas.

A metodologia DMAIC se encaixa perfeitamente para estudar e implantar melhorias buscando o aumento de eficiência da família Iogurte Polpa, pois permite aos responsáveis pelos projetos, os conduzirem de forma organizada e abordá-los de forma precisa, baseando-se em indicadores e propondo soluções coerentes, provando sua eficiência através de números.

1.3 OBJETIVOS

Neste tópico serão apresentados os objetivos gerais e específicos deste trabalho.

1.3.1 Objetivo Geral

Aplicar a metodologia DMAIC para aumentar a eficiência de produção de iogurte em uma indústria de laticínios.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Avaliar a eficiência atual de preparação e envase das linhas produtoras de iogurte;
- Coletar dados que evidenciem quais são os problemas que afetam a produtividade das máquinas, mostrando sua frequência, gravidade e importância dentro do escopo dos projetos;
- Analisar e propor soluções, mostrando a estimativa de ganhos e possibilidade de implementação pela empresa.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

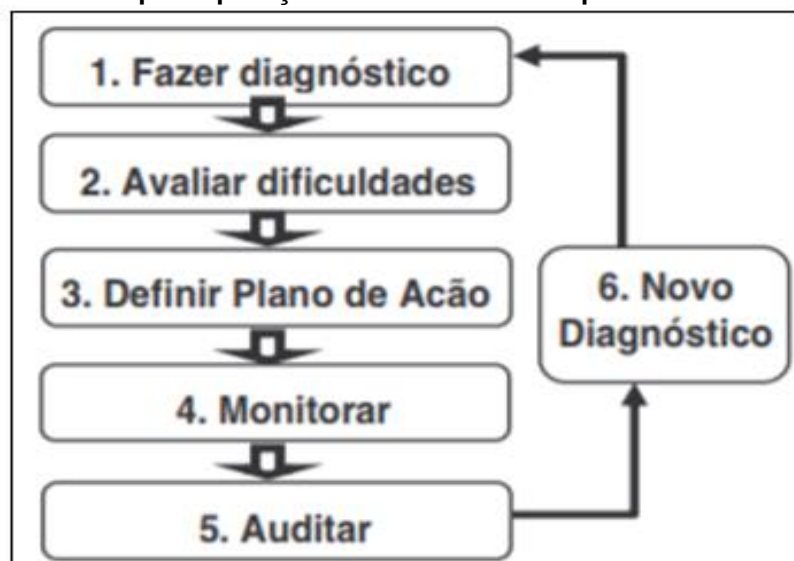
A revisão bibliográfica deste trabalho aborda tópicos referentes a melhoria contínua, eficiência de produção, Seis Sigma e DMAIC que foram relatados em estudos da literatura.

2.1 MELHORIA CONTÍNUA

Dentre os principais desejos das indústrias ao redor do mundo está o aumento da geração de lucro de seus processos e produtos. Para tanto, é necessário que a mesma produza com qualidade, ou seja, satisfazendo seus clientes e não gastando mais do que o necessário. A melhoria contínua é um conjunto de métodos que evitam as perdas do processo produtivo e aumentam a qualidade do produto, aumentando assim, o valor agregado do mesmo.

Segundo Simões e Aliiprandini (2006), o conceito de melhoria contínua implica um processo sem fim, analisando criticamente os trabalhos e resultados de uma operação. Para Shiba et al. (1997), qualquer atividade pode ser melhorada se sistematicamente se planejar a melhoria, compreender a prática atual, implementar as soluções, analisar o resultado e suas causas, e por fim, começar o ciclo novamente. A Figura 1 mostra o sequenciamento das ações que devem ser tomadas para a implementação do modelo de boas práticas da melhoria contínua.

Figura 1 - Sistemática para aplicação do modelo de boas práticas da melhoria contínua



Fonte: Simões e Alliprandini (2006).

As organizações de hoje enfrentam um ambiente cada vez mais dinâmico e inovador, de modo que essa condição exige uma adaptação às novas práticas de trabalho. A competição e a evolução tornaram o conhecimento e o tempo importantes diferenciais competitivos para a empresa. O conhecimento das organizações é o seu ativo mais importante, ainda que não seja contabilizado nos sistemas de informação econômico-financeiros tradicionais (FRANCISCO; MACHADO, 2005).

Segundo Attadia e Martins (2002), o desenvolvimento da melhoria contínua é alcançado por meio de um processo gradual de aprendizagem organizacional, resumido nas seguintes etapas:

- Entender os conceitos de melhoria contínua, articulando seus valores básicos;
- Desenvolver o “hábito” da melhoria contínua por meio do envolvimento das pessoas e da utilização de ferramentas e técnicas adequadas;
- Criar um foco para a melhoria contínua pela sua ligação com os objetivos estratégicos da empresa;
- Aprender direta e indiretamente a criar procedimentos que sustentem a melhoria contínua;
- Alinhar a melhoria contínua por meio da criação de uma relação consistente entre os valores e procedimentos com o contexto organizacional;
- Programar ações voltadas para a resolução de problemas;
- Gerenciar estrategicamente a melhoria contínua promovendo o seu aprimoramento;
- Desenvolver a capacidade de aprendizado de como fazer a melhoria contínua em todos os níveis e funções da empresa.

Tendo em vista a necessidade de aplicação da metodologia da melhoria contínua para a evolução das empresas, as ferramentas PDCA e Kaizen se encaixam perfeitamente no contexto deste trabalho.

2.1.1 PDCA

O ciclo PDCA é uma das ferramentas da melhoria contínua mais utilizadas e com efetividade na resolução de problemas do cotidiano das empresas, sendo que vários outros conjuntos de boas práticas de qualidade são derivadas dela. Isso se deve à sua simplicidade de entendimento e aplicação.

A sigla PDCA representa as iniciais da etapa do ciclo, sendo:

- P – *Plan*;
- D – *Do*;
- C – *Check*;
- A – *Action*.

Segundo Camargo (2011), o PDCA é uma ferramenta de tomada de decisões utilizada para garantir o alcance das metas necessárias à sobrevivência de uma organização. A Figura 2 mostra o funcionamento do ciclo.

Figura 2 - O ciclo PDCA



Fonte: Camargo (2011).

Conforme Melo (2001), as principais atividades desenvolvidas durante as fases do PDCA são:

- *Plan* – Localizar o problema, estabelecer uma meta e analisar a situação dos problemas e planejar as ações;
- *Do* – Colocar em prática as ações planejadas;
- *Check* – Verificar os resultados obtidos com as ações tomadas;
- *Action* – Validar e padronizar os novos procedimentos de forem eficazes ou planejar novas ações.

Dessa forma, pode-se planeja o projeto como um todo e analisar todos os pontos para o seu desenvolvimento.

2.1.2 Kaizen

O Kaizen nada mais é do que um aliado na melhoria contínua. É uma ferramenta simples e de fácil aplicação que auxilia os gestores a otimizar seus processos de produção e alcançar os objetivos da empresa. Porém, não é uma ferramenta utilizada apenas pelos gestores. Toda a organização e todos os níveis de produção são envolvidos e podem participar com suas ideias (FONSECA et al, 2016).

Segundo Laraia, Moody e Hall (2009), o Kaizen é uma metodologia que visa melhorar uma determinada área, elevando o seu nível de desempenho em pouco tempo. Para isso ocorrer, as análises devem ser baseadas em metodologias e ferramentas do *Lean Manufacturing*.

Para Yamada (2011), o Kaizen deve ser coordenado por uma pessoa que possua autoridade para mudar processos e que tenha apoio da gerência e até mesmo da diretoria. Isso permite uma maior flexibilidade e rapidez nas implementações das melhorias provenientes do Kaizen.

Ainda conforme Yamada (2011), a equipe Kaizen deve ser multidisciplinar e formada por indivíduos escolhidos rigorosamente. Isso permite que diversas visões sejam abordadas nesse evento, seja de um engenheiro de produção que está mais voltado ao planejamento das atividades ou de um operário que convive diariamente com o processo analisado.

De acordo com Imai (1994), os 10 princípios do Kaizen são:

- Eliminar os desperdícios;
- Melhorar continuamente;
- Envolver todos os colaboradores;
- Escolher uma estratégia barata;
- Aplicar a metodologia em qualquer lugar;
- Apoiar-se em uma gestão visual, com total transparência de procedimentos, processos e valores;
- Focar a atenção no chão de fábrica;
- Buscar orientação para os processos;
- Dar prioridade à equipe e conhecimento que pode ser gerado e compartilhado;
- Aprender fazendo.

Dessa forma, torna-se possível conduzir projetos para aumento de eficiência.

2.2 EFICIÊNCIA DE PRODUÇÃO

A melhoria de eficiência dos equipamentos em uma indústria passa por uma análise prévia da situação atual do nível de desempenho antes de implementar mudanças no sistema existente. As análises de eficiência das máquinas devem estar voltadas com os aspectos financeiros decorrentes das ações propostas para melhorias (PLENTZ, 2000).

Para Macedo, Steffanello e Oliveira (2007), um sistema de avaliação de desempenho pressupõe múltiplas etapas, aplicando vários tipos de ferramentas de mensuração de *performance*. Para isso, a empresa precisa conseguir identificar quais itens considerar, ou seja, aqueles que melhor representam o desempenho desta, e quais ferramentas serão utilizadas, tendo estes itens como parâmetros na busca pela identificação do grau de eficiência que a mesma possui.

Neste contexto, Adami (2015) relata que o foco das indústrias está atrelado à medição de desempenho do processo produtivo. Os indicadores de desempenho que são mais utilizados são os com enfoque em eficiência de linha produção e capacidade produtiva, visando aumentar o *Fill rate*, que é a taxa de atendimentos de pedidos nas especificações dos clientes.

Ainda segundo Adami (2015 *apud* SHMULA, 2015), o indicador de eficiência de linha de produção é uma medida expressa em percentual que mensura a relação entre um resultado real obtido e um resultado definido como meta ou objetivo a ser obtido, sendo esse definido considerando a capacidade produtiva. Assim, o conceito de OEE (*Overall Equipment Effectiveness*) se encaixa bem para medição do desempenho de máquinas.

Para Stamatis (2010), o OEE é um fator chave para mensurar a produtividade e a eficiência. Os resultados são resumidos de maneira a comparar diferentes unidades de manufatura. O OEE é uma medida que identifica o potencial do equipamento, as perdas e as oportunidades. O objetivo dele é aumentar a produtividade, diminuir os custos, aumentar a consciência da necessidade da produtividade da máquina e aumentar a sua duração de vida. Os fatores que influenciam no índice OEE são:

- Disponibilidade: Relação entre o tempo de produtivo e o tempo total de operação;

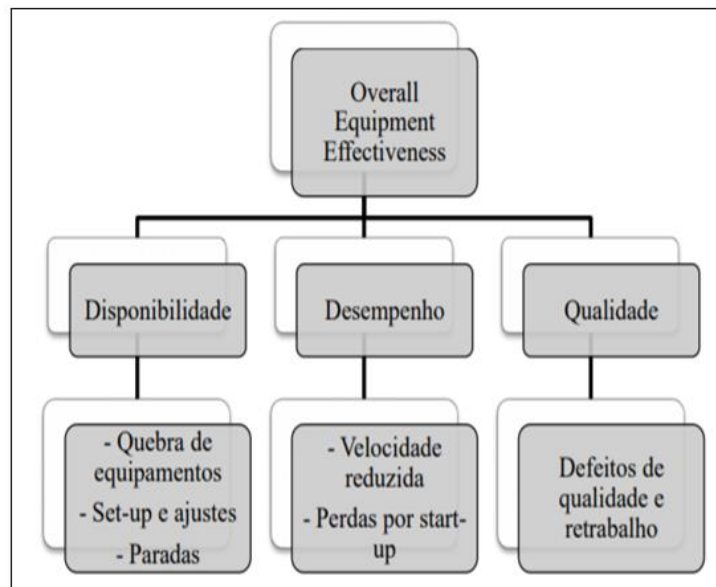
- Desempenho: Relação entre a velocidade de ciclo real e de projeto das máquinas;
- Qualidade: Relação entre produtos bons e total de produtos que foram produzidos.

De acordo com Stamatis (2010), há geralmente seis perdas em equipamentos e máquinas, que são:

- Quebras de equipamentos e manutenção não planejada;
- As perdas, *set-up* e ajustes no *changeover*;
- As perdas por paradas pequenas e ociosidade dos equipamentos inerentes ao processo;
- A velocidade reduzida por defeitos de qualidade ou problemas mecânicos;
- Os defeitos de qualidade e retrabalho;
- As perdas no *start-up*.

A Figura 3 relaciona o índice OEE com as seis perdas citadas.

Figura 3 - Relação entre o OEE e as seis grandes perdas



Fonte: Stamatis (2010).

2.3 SEIS SIGMA

O Seis Sigma é uma metodologia revolucionária para a melhoria de processos por toda empresa, desde sua área de manufatura até a área comercial, que visa atingir melhorias na qualidade e ganhos de produtividade drásticos, com consequente

redução de custos. Esta metodologia foi originalmente desenvolvida pela Motorola e depois aperfeiçoada por várias outras empresas que a adotaram (RAMOS, 2006).

Para Antony e Banuelas (2002), os principais fatores para a implementação com sucesso do Seis Sigma são:

- Comprometimento da gestão de topo, descendo por toda a organização, desde que isto ajude a influenciar e a reestruturar os negócios da organização e a mudança cultural da atitude individual dos funcionários em direção a qualidade em um pequeno período de implementação;
- Educação extensiva e formação em Seis Sigma, gestão de projetos e certificação de *Green Belt*, *Black Belt* e *Master Black Belt*;
- Mudança na cultura e estrutura organizacional, orientada para o projeto, educando os funcionários em todos os níveis da organização e mostrando os benefícios do Seis Sigma;
- Medir o sucesso em termos financeiros, desde que isso facilite a aceitação por parte dos funcionários e ajude-os a relacionar os ganhos financeiros aos resultados dos projetos Seis Sigma.

Neste contexto, Eckes (2001), relata que o programa Seis Sigma se baseia na utilização organizada e estruturada das técnicas, métodos e ferramentas estáticas, podendo propiciar às organizações um salto de melhoria de qualidade em produtos e processos, bem como gerar nas organizações uma atuação voltada às necessidades dos clientes.

A Tabela 1 apresenta uma escala que classifica as empresas, relacionando os níveis de qualidade, expressos na escala sigma, aos custos com a má qualidade em termo do percentual das vendas.

Tabela 1 – Custos da má qualidade do nível sigma do processo

Nível sigma	Defeitos por milhão	Custo da má qualidade
2	308.537	Não se aplica
3	66.807	25 a 40% das vendas
4	6.210	15 a 25% das vendas
5	233	5 a 15% das vendas
6	3,4	< 1% das vendas

Fonte: Harry e Schroeder (1998).

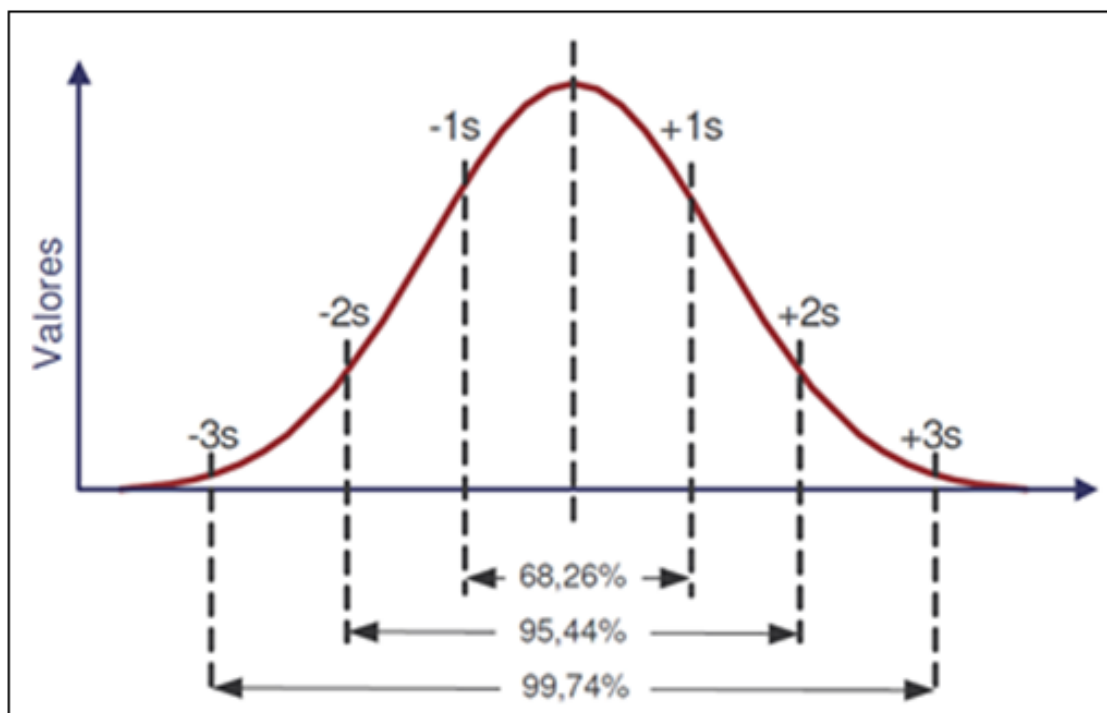
A Tabela 1 mostra que quanto menor o nível sigma de um processo, maior a quantidade de defeitos do mesmo, o que implica numa perda do lucro com as vendas.

O Seis Sigma está diretamente relacionado com a meta de atingir um nível de defeitos muito baixo ou próximo da perfeição, ao buscar reduzir a variabilidade no resultado dos processos que se desejam controlar (KESSLER, 2004).

Ainda para Kessler (2004), os resultados tendem a se dispersar, ou variar em torno de um ponto central, identificado como média, e a variação em torno da média é indicada pelo desvio-padrão deste processo. A probabilidade de ocorrência destes resultados é representada pela curva de distribuição normal, com maior probabilidade de ocorrência no ponto médio, e com menor probabilidade de ocorrência à medida que os resultados se distanciam da média.

A Figura 4 mostra o comportamento de uma curva de distribuição normal.

Figura 4 - Curva de distribuição normal



Fonte: Adaptado de Kessler (2004).

A Figura 4 mostra que numa distribuição normal 68,26% das amostras estão dentro de uma faixa de 1 desvio padrão, 95,44% das amostras se encontram numa faixa de 2 desvios padrão e 99,74% das amostras de encontram numa faixa de 3 desvios padrão.

2.4 DMAIC

O método DMAIC surgiu com a tarefa de reduzir variações, especialmente em processos de fabricação. O DMAIC possui funções similares aos seus antecessores na resolução de problemas, tais como o PDCA. O DMAIC visa a melhoria do processo por meio da seleção correta de projetos e com etapas direcionadas para a solução de problemas dispostas de forma cíclica e contínua, contribuindo no processo de melhoria contínua (BRAITT e FETTERMANN, 2014)

A sigla DMAIC é formada pela inicial, em inglês, do nome de cada etapa, que são:

- D – *Define* (Definir);
- M – *Measure* (Medir);
- A – *Analyze* (Analisar);
- I – *Improve* (Melhorar);
- C – *Control* (Controlar).

O ciclo DMAIC é uma sequência lógica de várias etapas, sendo a base para projetos de melhoria contínua relacionados ao Seis Sigma, podendo ser observado na Figura 5.

Figura 5 - Ciclo DMAIC



Fonte: Souza, Coelho e Santos (2006)

Todas as etapas mostradas na Figura 5 padronizam as conduções de projetos, aumentando a sua efetividade.

2.4.1 Etapa Definir

Segundo Souza, Coelho e Santos (2006), essa é a primeira etapa do ciclo DMAIC e abrange ações relacionadas à mensuração do desempenho de processos, e deve-se responder perguntas como:

- Qual é o problema a ser abordado no projeto?
- Qual a meta a ser atingida?
- Quais são os clientes afetados no problema?
- Qual o impacto econômico do projeto?

Para Cleto e Quintero (2011), nessa fase é comum a elaboração de um documento contendo as informações que orientam os primeiros passos do projeto, sendo chamado de Contrato do Projeto e devendo ser apresentado aos gestores para aprovação. No Contrato do Projeto deve-se conter informações relevantes, como:

- Nome do projeto;
- Importância para o negócio;
- Responsáveis pelo projeto;
- Metas e indicadores.

A Figura 6 mostra um exemplo de Contrato do Projeto que costuma ser usado na fase definir do ciclo DMAIC.

Figura 6 - Contrato do Projeto

CONTRATO	
NOME DO PROJETO:	
Importância para o Negócio:	Importância para o Negócio (não se fazendo nada):
Resultados através de Indicadores:	Resultados: Objetivos e Metas:
Restrições:	Time de Melhoria:
Calendário:	Classe do Projeto:

Fonte: Cleto e Quintero (2011)

O Contrato do Projeto guia a equipe do projeto, ajudando na definição e cumprimento das metas.

2.4.2 Etapa Medir

Para Wekerma (2006), dentro da etapa Medir do ciclo DMAIC, deve-se determinar a localização ou foco do problema, avaliando se os dados existentes são confiáveis, utilizando-os em caso afirmativo e, assim, identificar os problemas prioritários do processo.

Neste contexto, ainda segundo Wekerma (2006), nesta fase é comum a utilização de ferramentas estatísticas, como:

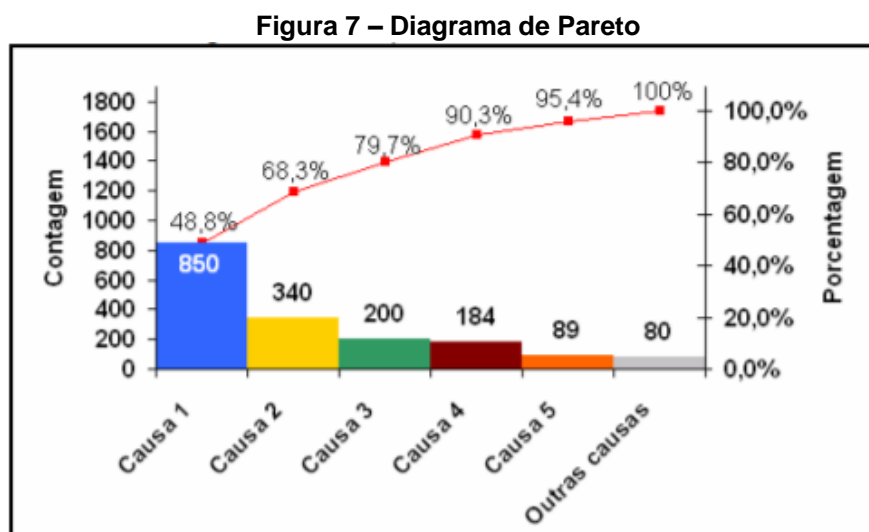
- Diagrama de dispersão;
- Histograma;
- Regressão;
- *Boxplot, etc.*

Conforme Souza, Coelho e Santos (2006), outra ferramenta que pode ser utilizada na etapa Medir é o Diagrama de Pareto, para que se possa analisar o impacto das várias partes do problema, podendo assim identificar o problema prioritário.

O Diagrama de Pareto é um gráfico de barras, feito de um processo de coletas de dados e é utilizado quando se deseja priorizar as causas relativas a um determinado problema (MAGRI, 2009)

Segundo Rotondaro (2002), a análise da curva de porcentagem acumulada pode ser útil para a definição de quantos tipos de defeitos devem ser atacados, para que seja possível atingir o objetivo ou resultado.

A Figura 7 mostra um exemplo de Diagrama de Pareto.



Fonte: Aguiar (2002)

O Diagrama de Pareto, como mostrado na Figura 7, relaciona as principais causas dos problemas, mostrando o quanto cada uma afeta o mesmo.

2.4.3 Etapa Analisar

Segundo Wekerma (2006), na etapa Analisar, deve-se determinar as causas de cada problema prioritário, analisando o seu processo gerador, identificando e priorizando as suas causas potenciais e quantificando a importância de cada uma delas para o processo.

Ainda segundo Wekerma (2006), nesta etapa são utilizadas algumas ferramentas para analisar o processo, como o diagrama de causa-efeito, também chamado de diagrama de Ishikawa ou de espinha de peixe, o Teste dos 5 Porquês e o Plano de Ação (5W2H).

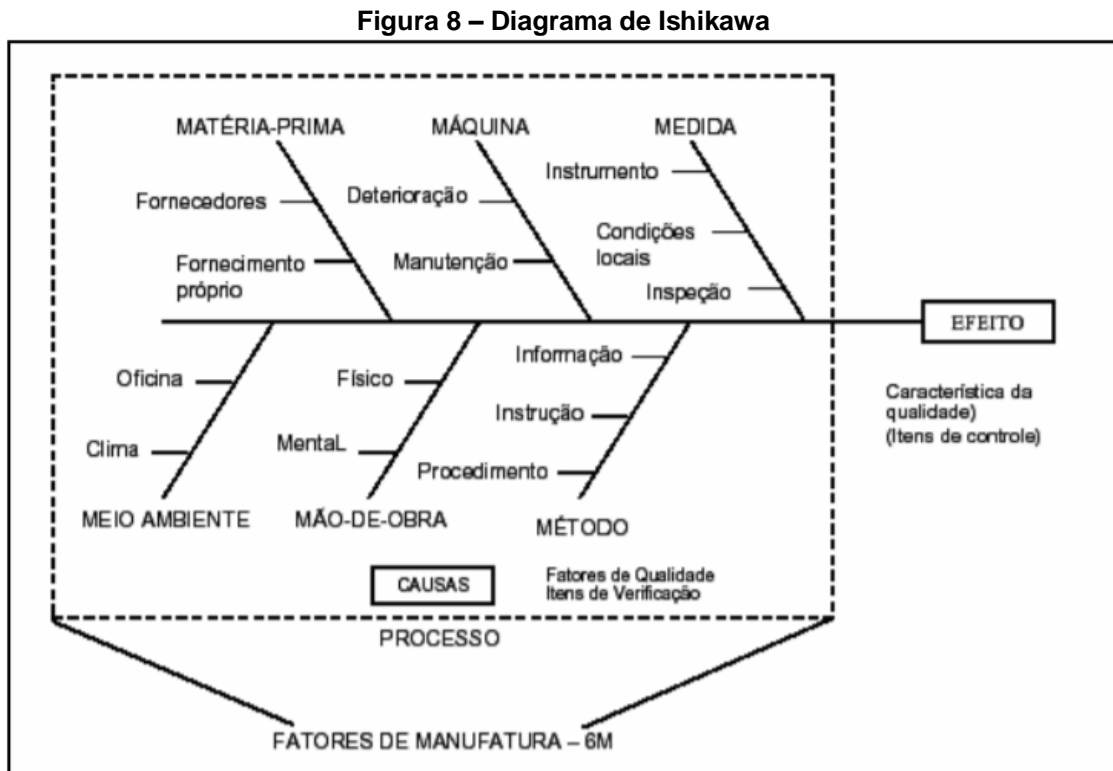
2.4.3.1 Diagrama de causa-efeito

O diagrama de causa-efeito é uma ferramenta simples, muito utilizada em qualidade. Kaoru Ishikawa foi quem criou o diagrama em 1943 e o usava em ambientes industriais para verificar a dispersão na qualidade de produtos e processos. Trata-se de uma ferramenta que permite a identificação e análise das potenciais causas de variação do processo ou da ocorrência de um fenômeno, bem assim como da forma como essas causas interagem entre si. Ela também é largamente utilizada para a análise de problemas organizacionais (MAGRI, 2009).

Neste contexto, ainda Magri (2009), defende que para determinar as causas dos problemas e atacá-los da melhor forma possível, o diagrama de causa-efeito apresenta seis pontos a serem analisados na forma de espinha de peixe, que são:

- Método;
- Mão-de-obra;
- Materiais;
- Medidas;
- Máquinas;
- Meio ambiente.

A Figura 8 mostra um exemplo do Diagrama de Ishikawa, evidenciando os seis fatores que influenciam na variação dos processos.



Fonte: Campos (2014)

A Figura 8 mostra como o Diagrama de Ishikawa funciona, sendo uma ferramenta muito eficiente para a investigação das causas de problemas.

2.4.3.2 Teste dos 5 porquês

O método dos 5 porquês é uma abordagem científica, utilizada no sistema Toyota de Produção, para se chegar à verdadeira causa raiz do problema, que geralmente está escondida através de sintomas óbvios. O método consiste em perguntar o porquê de um problema sucessivas vezes, para encontrar a sua causa raiz (OHNO, 1997).

Segundo Fonseca (2006), o teste dos 5 porquês determina o relacionamento entre as diferentes causas do referido problema e não demanda o uso de técnicas complexas, sendo especialmente útil quando os problemas envolvem fatores humanos e interações no dia-a-dia do negócio.

Para Liker (2004), esta ferramenta permite encontrar a causa primária do problema, de modo que se possa determinar o que aconteceu, porque aconteceu e reduzir a probabilidade de que isso aconteça novamente.

Geralmente encontra-se no primeiro porquê um sintoma, no segundo uma desculpa, no terceiro um culpado, no quarto uma causa e no quinto uma causa raiz (LIKER, 2004).

2.4.3.3 Plano de ação (5W2H)

Segundo Gonçalves (2011), o Plano de Ação (5W2H) é utilizado principalmente no mapeamento e padronização de processos, além do estabelecimento de procedimentos associados a indicadores. O nome deste plano de ação se refere às suas iniciais em inglês, que são:

- Why – Porque;
- *What* – O que;
- *Where* – Onde;
- *When* – Quando;
- *Who* – Quem;
- *How* – Como;
- *How much* – Quanto custa.

A Figura 9 mostra um exemplo do Plano de ação (5W2H).

Figura 9 – Plano de Ação (5W2H)

Descrição do Problema/Problem Description	
O que? What?	O que aconteceu? What happened?
Porque? Why?	Porque é problema? Why is a problem?
Quando? When?	Quando aconteceu? When happened?
Quem? Who?	Quem detectou? Who detected?
Onde? Where?	Onde foi detectado? Where was detected?
Como? How?	Como foi detectado? How was detected?
Quanto? How much?	Quantas peças com problemas? How much parts with problems?

Fonte: Cintra (2015)

2.4.4 Etapa Melhorar

Na etapa Melhorar do ciclo DMAIC deve-se propor, avaliar e implementar soluções para cada problema prioritário, identificando as soluções e testando-as em pequena escala, avaliar se a meta foi alcançada, implementar as soluções em larga escala ou retornar à etapa Medir se as metas propostas pelo projeto não foram alcançadas (WEKERMA, 2006).

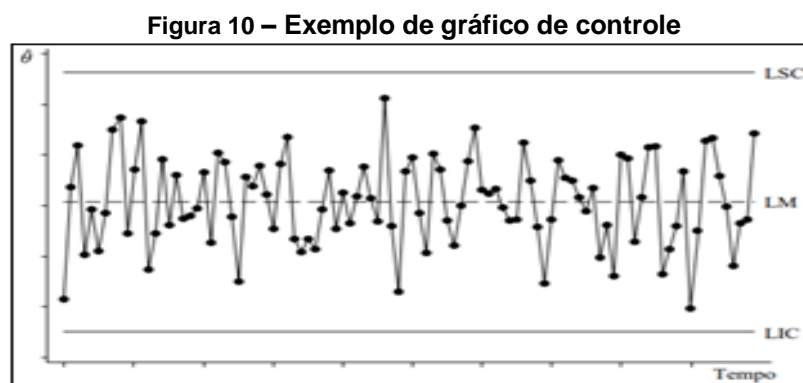
Para Pande, Neuman e Cavanagh (2010), algumas ações devem ser tomadas para garantir o sucesso desta etapa, dentre elas estão:

- Desenvolver ideias para eliminar as causas raízes dos problemas;
- Testar as soluções;
- Padronizar as soluções;
- Medir os resultados.

2.4.5 Etapa Controlar

Na etapa Controlar do ciclo DMAIC, deve-se garantir que o alcance da meta seja mantido a longo prazo, avaliando a efetividade da mesma com o passar do tempo, padronizando as alterações e transmitindo-as para as partes interessadas, implementando um plano de monitoramento da performance e de tomadas de ações corretivas em casos de anomalias. Se a meta for alcançada deve-se sumarizar o trabalho e fazer recomendações. Em caso de não atendimento da meta deve-se voltar à etapa Medir do ciclo (WEKERMA, 2006).

A Figura 10 mostra um exemplo de gráfico de controle, que mostra a variação do problema após a aplicação dos projetos, utilizado na etapa Controlar.



Fonte: Marques (2013)

Para realizar o monitoramento do processo utiliza-se os gráficos de controle, em que são plotados pontos com as estimativas de um parâmetro de interesse em função do tempo, de uma linha central ou média (LM) e dos limites inferior (LIC) e superior de controle (LSC) (CARVALHO *et al.*, 2006).

3 METODOLOGIA

Neste tópico será abordado o desenvolvimento do projeto, com todas as etapas do DMAIC, levando em consideração todos os dados que foram usados ao longo do estudo para aumento de eficiência de máquinas na indústria analisada.

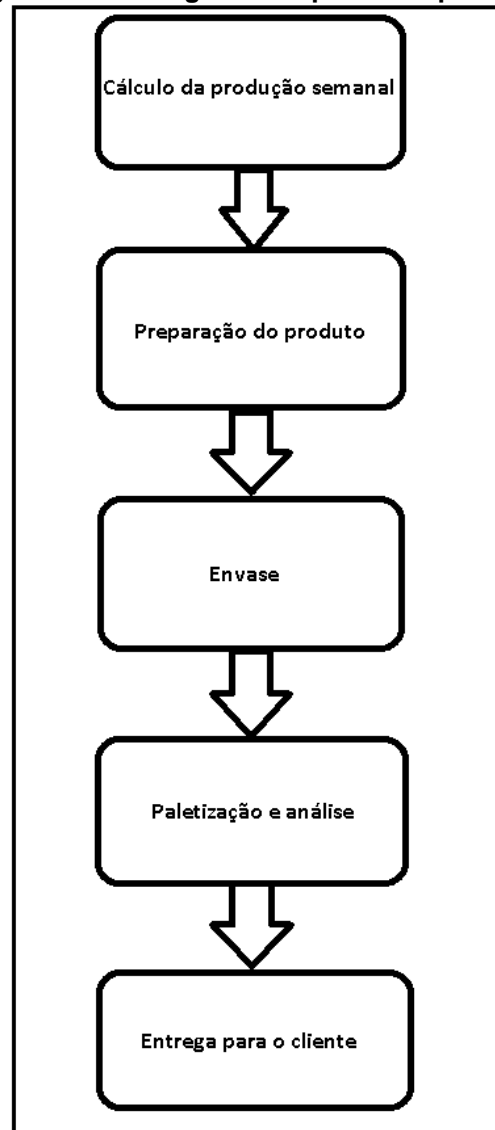
3.1 DESCRIÇÃO DO AMBIENTE DE PESQUISA

O estudo realizado neste trabalho foi realizado em uma indústria produtora de laticínios, como leite, iogurte, pudins, leite fermentado e sobremesas cremosas. A empresa se localiza na região de Ponta Grossa e possui cerca de 600 funcionários, sendo as linhas estudadas responsáveis pela produção de iogurte.

3.2 DESCRIÇÃO DO PROCESSO PRODUTIVO

O processo de produção de iogurte começa pelo cálculo da produção necessária nos dias da semana. Posteriormente é feito a mistura da base, que dá a textura ao produto, com a geleia, que dá o sabor, sendo feita num tanque ou diretamente na tubulação. Após a preparação do produto, o mesmo se encaminha para o setor de envase. As máquinas estudadas neste trabalho são conhecidas como máquinas termo formadoras, onde uma bobina feita de polímero ganha o formato dos copos através do aquecimento e pressão exercida por uma prensa. Após a formação das bandejas ocorre a dosagem do produto, sendo seguida pela selagem da tampa na mesma e corte. Depois de passar pelo setor de envase, as bandejas se encaminham para colocação nas caixas e nos paletes, sendo os mesmos levados pelos AGVs (*Automatic Guided Vehicles*) para a máquina de envelopar. Por último, os paletes já completamente formados se encaminham para a câmara fria, onde ficam em análise por 40 horas, sendo levados aos caminhões para a entrega aos clientes após esse tempo.

A Figura 11 mostra o fluxograma dos processos que ocorrem na produção descrita anteriormente.

Figura 11 – Fluxograma do processo produtivo

Fonte: Autoria própria

Com a recente troca de diretoria na unidade, novos tópicos foram levantados e pautados como prioridade para a Alta Direção. Dentre eles, está a necessidade de melhorar o índice *fill rate* da fábrica, que indica em porcentagem o quanto do pedido feito pelo PCP (Planejamento e Controle da Produção) foi feito no dia estipulado, e conseqüentemente melhorar a eficiência das máquinas.

3.3 DESCRIÇÃO DO PROBLEMA

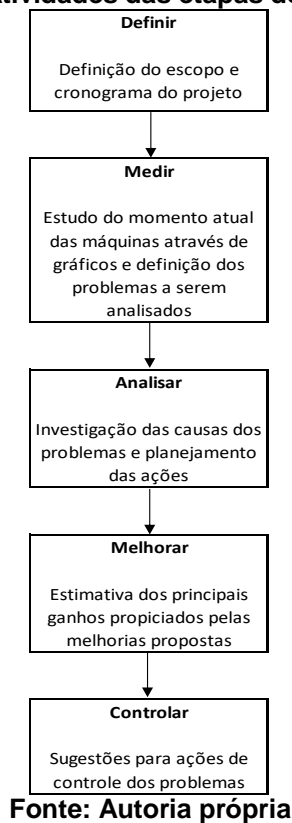
Tendo em vista as novas necessidades e metas da organização, algumas reuniões chamadas COP (Comitê Operacional), que nada mais são que reuniões

Kaizen, foram marcadas para se discutir os problemas e buscar melhorias para a unidade.

Neste contexto, várias propostas foram levantadas para que pudessem ser analisadas e, se aprovadas entrarem no plano de investimento da unidade, chamado Capex. Dentre elas encontra-se o projeto que será descrito neste trabalho, onde aplicou-se a metodologia DMAIC para solucionar alguns problemas de 3 máquinas produtoras de iogurte, chamadas Máquina A, Máquina B e Máquina C, sendo pertencentes à família iogurte Polpa dentro da Fábrica.

A Figura 12 mostra as atividades desenvolvidas ao longo do ciclo DMAIC no projeto.

Figura 12 – Atividades das etapas do ciclo DMAIC



3.4 METODOLOGIA DA ETAPA DEFINIR

Nesta etapa foram definidos os principais pontos para o desenvolvimento do trabalho, que são:

- Problemas a serem estudados;
- Nome do projeto;

- Metas;
- Responsáveis pelo projeto;
- Importância do projeto para a fábrica;

Após a coleta desses dados, elaborou-se um contrato do projeto, que foi apresentado para os supervisores e coordenadores envolvidos no trabalho, para aprovação e formalização do estudo sobre os problemas que afetam a eficiência das máquinas pertencentes à família logurte Polpa da unidade.

Por último, foi definido o cronograma das atividades, em que foram apontadas as etapas do projeto com suas respectivas datas limites e responsáveis, sendo também apresentado para os supervisores e coordenadores envolvidos no projeto.

Depois que foram definidos os principais dados para o desenvolvimento do projeto, iniciou-se a etapa Medir, que será descrita a seguir.

3.5 METODOLOGIA DA ETAPA MEDIR

Nesta fase, houve preocupação com a coleta de dados, visando conhecer o momento atual da fábrica em relação ao problema principal a ser estudado.

A primeira atividade desenvolvida nesta etapa foi o estudo dos índices *fill rate* que foram coletados pelo setor de PCP, apresentados pela família logurte Polpa, ao longo dos meses do ano de 2018 na unidade. Os dados foram coletados das planilhas de controle de produção e vendas da fábrica.

Após analisar o *fill rate*, identificou-se a necessidade de entender como ocorreram os cortes e recuperações de produção ao longo do ano de 2018. Assim, observou-se a planilha de programação e atendimento diário do PCP, para todos os dias do segundo semestre de 2018.

Depois da análise visual dos dados da planilha de programação e atendimento de produção, realizou-se um estudo estatístico da mesma, sendo gerado um histograma a fim de comprovar que os desvios de produção se comportem como uma distribuição normal e saber qual foi o nível sigma do mesmo durante o ano de 2018, mostrado no Gráfico 2 do capítulo 4.2 deste trabalho. Outro gráfico estatístico dos desvios de produção gerado foi o de regressão, que teve por objetivo mostrar se os cortes e recuperações foram altos ou baixos para o ano de 2018, e também comparar o pedido programado com os saldos, mostrado no Gráfico 3 do capítulo 4.2.

O próximo passo do estudo foi analisar cada uma das máquinas pertencentes à família logurte Polpa. O mesmo procedimento foi utilizado para descobrir o comportamento produtivo de cada máquina e evidenciar seus problemas. Para mostrar a eficiência das máquinas estudadas gerou-se um gráfico com os dados da tabela de relatórios de produção, referente ao ano de 2018. A unidade estudada divide seu tempo de processos em 3 categorias, que são:

- Tempo de eficiência;
- Tempo de refeição;
- Tempo de não eficiência.

O tempo de eficiência corresponde a todo tempo que a máquina efetivamente produziu, a partir do momento que foi aberto o relatório de produção para a mesma.

O tempo de refeição corresponde ao tempo em que o operador foi fazer seu almoço, ou janta, e a máquina ficou parada, a partir do momento que foi aberto o relatório de produção para a mesma.

O tempo de não eficiência corresponde ao tempo em que a máquina ficou parada, incluindo o tempo de *set-up* e retirando o tempo de refeição, a partir do momento que foi aberto o relatório de produção para a mesma.

A empresa estudada divide suas paradas como responsabilidade de 6 setores organizacionais, que são:

- Abastecimento;
- Distribuição;
- Manutenção;
- Operação;
- Processo;
- *Set-Up*.

Qualquer parada que ocorre na máquina durante o tempo de produção na fábrica pertence a um desses 6 setores, sendo marcada pelo operador da mesma em uma folha de controle, e posteriormente, lançada para uma planilha de controle, que serve para elaboração de indicadores e análise da situação de cada linha pela supervisão e alta direção.

Para entender o quanto cada setor afeta no total de tempo de não eficiência, foi gerado um diagrama de Pareto, onde relacionou-se a porcentagem de tempo de paradas de cada setor com a porcentagem de tempo total de paradas que houveram

na fábrica durante o ano de 2018. Os Gráficos 5, 8 e 11, encontrados nos capítulos 4.2.1, 4.2.2 e 4.2.3 mostram os diagramas citados.

Por último, foi feito mais um diagrama de Pareto, em que foram mostradas as maiores paradas do setor que mais contribuiu para o tempo de não eficiência durante o ano de 2018, sendo uma ou mais delas escolhidas para serem pautadas na etapa Analisar do ciclo DMAIC deste estudo. Os Gráficos 6, 9 e 12, encontrados nos capítulos 4.2.1, 4.2.2 e 4.2.3 mostram os diagramas citados.

3.6 METODOLOGIA DA ETAPA ANALISAR

Após realizadas as medições, percebeu-se a necessidade de entender as causas raízes das falhas relacionadas, utilizando-se ferramentas de investigação de causa da qualidade.

Elaborou-se então um Diagrama de Ishikawa para descobrir a causa primária de cada problema elaborado. Em seguida, foi aplicado um Teste dos 5 Porquês para cada causa primária do problema, a fim de encontrar a causa raiz do mesmo e provando-as com dados concretos,

Após conhecer a causa raiz foi feito um Plano de Ação (5W2H), para propor as ações de melhoria e como fazê-las, propor responsáveis, tempo previsto para instalação e custo das ações sugeridas.

Após analisados os problemas, foram estimados os ganhos que projetos sugeridos para a empresa poderiam trazer, que serão mostrados a seguir na etapa Melhorar.

3.7 METODOLOGIA DA ETAPA MELHORAR

Nesta etapa percebeu-se a necessidade de conhecer o custo da hora produtiva de cada máquina, que ainda não estava disponível na unidade. Assim, foram coletadas algumas informações cruciais para o andamento do estudo.

Com a primeira coleta de informações gerou-se a Tabela 3, encontrada no capítulo 4.4, para estimativa de faturamento por hora produtiva de cada máquina, contendo as seguintes informações cruciais:

- Velocidade real;
- Quantidade de bandejas feitas por ciclo;

- Preço de venda para os clientes;
- Faturamento por hora produtiva das máquinas.

A velocidade real de cada máquina foi descoberta através de cronoanálises que foram documentadas nos arquivos da empresa, sendo feitas para todas as máquinas envolvidas no mercado.

A quantidade de bandejas feitas por ciclos foi descoberta através de análise visual durante o processo produtivo.

O preço de venda para os clientes foi estimado pelo preço médio de venda do SKU com mais pedido ao longo de 2018, que foi o iogurte de morango.

A estimativa de faturamento por hora produtiva das máquinas da fábrica pode ser calculada através da Equação (1).

$$F = 60 \cdot c \cdot n \cdot p_v \quad (1)$$

Na Equação (1), F é o faturamento de produção por hora produtiva da máquina, c é a quantidade de ciclos que a máquina faz por minuto, n é o número de bandejas que a máquina faz por ciclo e p_v é o preço de venda das bandejas para o cliente.

Após estimar o faturamento que cada máquina pode fazer por hora produtiva foi necessário montar outra tabela com informações referentes ao custo de matéria-prima utilizada para fazer as embalagens, durante uma hora produtiva.

As informações contidas na tabela para o cálculo de gasto por hora com as embalagens de iogurte são:

- Comprimento de embalagem utilizada por ciclo;
- Preço por metro da chapa para a bandeja;
- Preço por metro da cobertura para a tampa;
- Gasto com embalagem por hora produtiva;

O comprimento utilizado de embalagem foi medido com a utilização de um paquímetro, sendo medidas as bandejas e observando a configuração de saída das mesmas da máquina de envase para a encaixotadora.

O preço por metro da chapa para a bandeja e da cobertura para a tampa foram coletados através de arquivos de transações de estoque da unidade.

O gasto com embalagem por hora produtiva foi calculado através da Equação (2).

$$p_{emb} = 60 \cdot c \cdot l \cdot (p_{chapa} + p_{cob}) \quad (2)$$

Na Equação (2), p_{emb} é o gasto com embalagem utilizada por hora, l é o comprimento de embalagem utilizada por ciclo, p_{chapa} é o preço por metro da chapa e p_{cob} é o preço por metro de tampa.

Após estimar-se o gasto com embalagem por hora produtiva, observou-se a necessidade de estimar o gasto de produto por hora produtiva e energia, elaborando-se uma tabela contendo as seguintes informações:

- Quantidade de produto por bandeja;
- Quantidade de produto por ciclo;
- Preço por quantidade de produto;
- Gasto com produto por hora produtiva;
- Gasto com energia por hora produtiva.

A quantidade de produto por bandeja se encontra na tampa dos potes de iogurte, sendo este valor retirado dos mesmos.

A quantidade de produto por ciclo foi calculada pela Equação (3).

$$m_{ciclo} = n \cdot m_{band} \quad (3)$$

Na Equação (3), m_{ciclo} é a quantidade de produto utilizada em cada ciclo e m_{band} é a massa de produto contida em cada bandeja de iogurte.

O preço por quantidade de produto foi coletado através da folha de formulação das transações de estoque das bases e geleias utilizadas no preparo do iogurte.

O gasto com produto por hora produtiva das máquinas pertencentes a família iogurte Polpa foi calculada com a Equação (4).

$$p_{prod} = 60 \cdot n \cdot m_{ciclo} \cdot p_u \quad (4)$$

Na Equação (4), p_{prod} é o gasto monetário com produto a cada hora produtiva e p_u é o custo por quilograma de produto.

O gasto com energia por hora produtiva foi coletado nas planilhas utilizadas pelo setor de manutenção da unidade.

Assim, tornou-se possível o cálculo da estimativa de lucro por hora a mais de produção das máquinas estudadas, através da Equação (5).

$$L = F - E - p_{emb} - p_{prod} \quad (5)$$

Na Equação (5), L é o lucro por hora a mais de produção de máquina e E é o gasto por hora de energia da máquina.

Os valores referentes aos salários dos colaboradores não foram envolvidos no cálculo de lucro devido ao fato de eles receberem o salário fixo, independentemente da eficiência apresentada pelas máquinas.

Depois de estimar-se os valores de faturamento e lucro por hora produtiva, foi analisado através de gráficos a porcentagem de tempo parado pelos problemas estudados em relação ao tempo total de produção e estimou-se a fração deste problema que seria sanado com a aprovação dos planos de ação definidos da etapa Analisar. Assim, tornou-se possível o cálculo da estimativa de aumento de eficiência, através da Equação (6)

$$\Delta EF = f_{prob} * NEF_{prob} \quad (6)$$

Na Equação (6), ΔEF é o aumento de eficiência estimado para a máquina, f_{prob} é a fração do problema estimada que seria sanada com a aprovação do plano de ação e NEF_{prob} é a quantidade de não eficiência que o problema gera para a linha.

Após estimar o aumento de porcentagem de eficiência das máquinas, estimou-se o ganho de tempo produtivo mensal, utilizando a Equação (7).

$$\Delta T_{prob} = \frac{(1-f_{prob}) \cdot T_{prob}}{12} \quad (7)$$

Na Equação (7), ΔT_{prob} é o aumento estimado de tempo produtivo mensal para a máquina e T_{prob} é o tempo de produção perdido que o problema causou.

Estimou-se então o aumento mensal de capacidade produtiva das máquinas pela Equação (8).

$$\Delta CP = 60 \cdot c \cdot m_{ciclo} \cdot \Delta T_{prob} \quad (8)$$

Na Equação (8), ΔCP é o aumento mensal estimado de capacidade produtiva da máquina.

Estimou-se também o aumento de faturamento mensal com esse aumento de capacidade produtiva, através da Equação (9).

$$\Delta F = \Delta T_{prob} \cdot F \quad (9)$$

Na Equação (9), ΔF é o aumento mensal estimado de faturamento da máquina.

Pode-se calcular também o aumento de lucro mensal estimado em capacidade produtiva pela Equação (10).

$$\Delta L = \Delta T_{prob} \cdot L \quad (10)$$

Na Equação (10), ΔL é o aumento mensal estimado de lucro da máquina.

Por fim, estimou-se o *payback* dos projetos com a Equação (11).

$$PB = \frac{p_{projeto}}{\Delta L} \quad (11)$$

Na Equação (11), PB é o *payback* estimado para o projeto e $p_{projeto}$ é o custo de cada projeto.

Após serem realizados todos os cálculos descritos, foi agendando uma reunião de apresentação para os coordenadores, que posteriormente passaram o projeto para o gerente da unidade.

Posteriormente, os dados coletados em todas as etapas do ciclo DMAIC foram compilados, revisados e levados para uma reunião de apresentação para o diretor responsável pela unidade, sendo todos resultados relatados.

4 RESULTADOS

Neste tópico serão mostrados todas as análises e resultados encontrados no projeto, seguindo todas as etapas da metodologia DMAIC.

4.1 RESULTADOS DA ETAPA DEFINIR

Como descrito na metodologia deste trabalho, a primeira atividade foi a elaboração do contrato do projeto, contendo as primeiras informações do estudo que foi realizado, como mostra o Quadro 1.

Quadro 1 – Contrato do Projeto

Nome do Projeto	Aumento de eficiência das máquinas da família logurte Polpa para melhoria do índice <i>fill rate</i>
Problema a ser estudado	Cortes e recuperações de produção devido à baixa eficiência das máquinas
Meta	Aumentar a eficiência de cada máquina pertencente à família logurte Polpa em pelo menos 1%
Responsáveis	Estagiários, supervisores e coordenadores de Produção e Manutenção
Importância do projeto	Melhorar o índice de entrega de produção

Fonte: Autoria própria

O cronograma do projeto, mostrando as etapas, responsáveis e datas limites está mostrado na Figura 13.

Figura 13 – Cronograma do projeto

Etapa	Responsável	jan/19		fev/19	
1º Levantamento de dados e apresentação para a supervisão	Estagiário				
2º Revisão dos dados e plano de ação	Estagiário/Supervisor				
3º Apresentação para a coordenação e gerência	Supervisor/Coordenador				
4º Apresentação para a Diretoria	Coordenador/Gerente				

Fonte: Autoria Própria

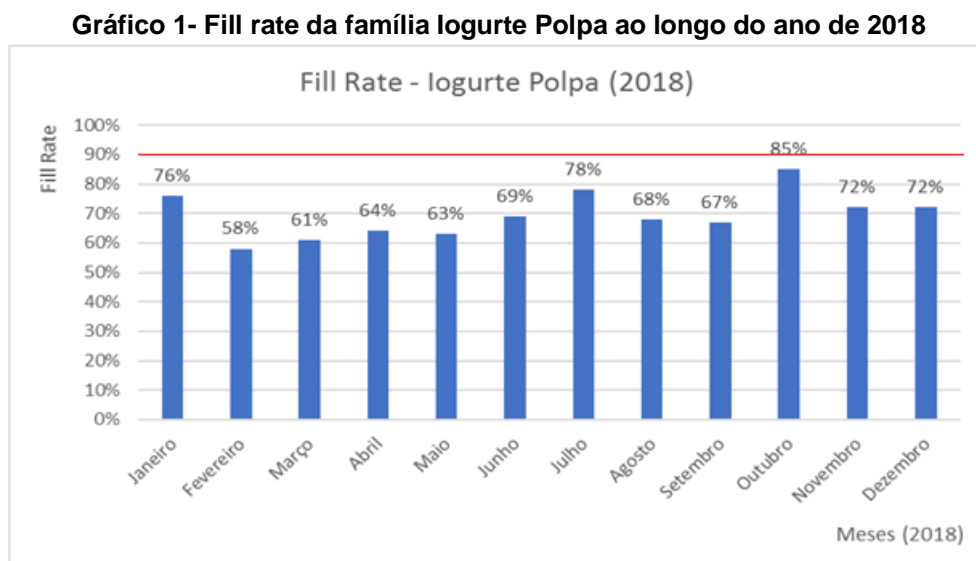
Depois de definir o escopo do projeto, partiu-se para as medições do problema, que serão descritas.

4.2 RESULTADOS DA ETAPA MEDIR

Como descrito na metodologia, nesta fase houve preocupação com a coleta de dados, visando conhecer o momento atual da fábrica em relação ao problema principal a ser estudado.

A primeira atividade desenvolvida nesta etapa foi o estudo dos índices *fill rate* que foram coletados pelo setor de PCP, apresentados pela família logurte Polpa, ao longo dos meses do ano de 2018 na unidade.

O Gráfico 1 mostra o valor dos índices *fill rate* ao longo de 2018, que foram coletados em geral das 3 máquinas pertencentes à família logurte Polpa e abrangendo todos os SKU's (*Stock Keeping Units*) produzidos pelas linhas em questão.



Fonte: Autoria própria

Observou-se então que o *fill rate* geral da família logurte Polpa encontrou-se bem abaixo da meta proposta pela fábrica em 2018, que era de 90%. Um valor baixo para esse índice indica que a produção não está ocorrendo de acordo com o planejamento do PCP na unidade, podendo gerar cortes, que é a perda da entrega para o cliente, em caso de atraso, ou fazendo que os produtos entrem em faixa amarela, resultando na queda do preço do final do produto devido ao mesmo estar mais perto do prazo de validade, em caso de adiantamento.

Para comprovar se realmente estão acontecendo muitos desvios na produção planejada observou-se a planilha de produção, passando por todos os dias do segundo semestre de 2018, como mostra a Figura 14.

Figura 14 – Exemplo de atendimento e planejamento de produção

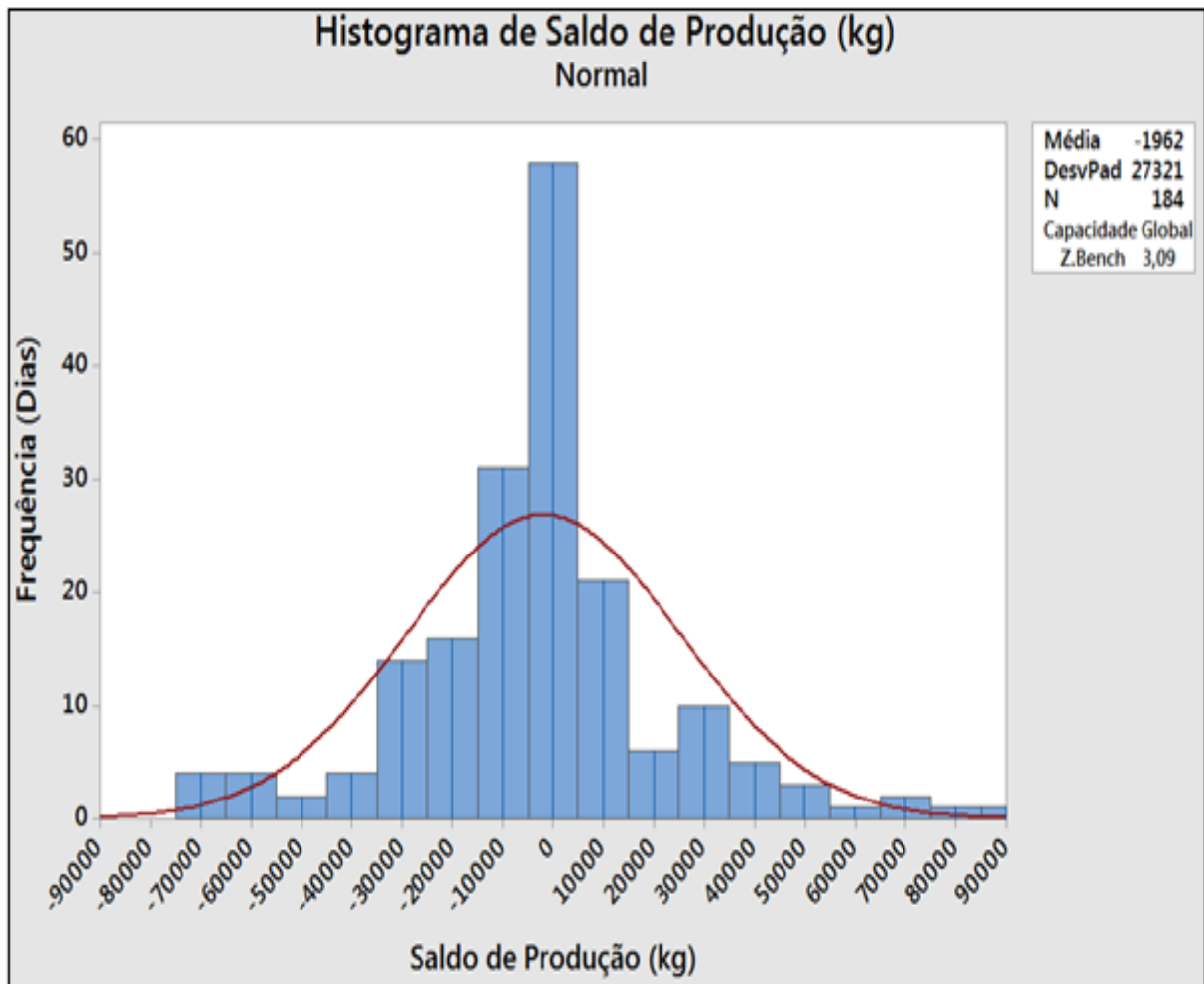
	22/10/2018 SEG	23/10/2018 TER
Total Máquina A	70.000	70.200
Desvio	59.033	79.769
Atendimento	-10.967 84%	9.569 114%
Total Máquina C	22.350	54.120
Desvio	21.734	53.959
Atendimento	-616 97%	-161 100%
Total Máquina B	87.400	54.000
Desvio	88.834	44.855
Atendimento	1.434 102%	-9.145 83%

Fonte: Empresa estudada

A Figura 14 mostra que no dia 22/10/2018 houve um pedido de 70.000 kg de produto, sendo efetivamente produzidos 59.033 kg e cortados 10.967 kg, com uma taxa de atendimento de 84% na Máquina A. Na Máquina C, neste mesmo dia foram pedidos 22.350 kg de produto, sendo produzidos efetivamente 21.734 kg e cortados 616 kg, com uma taxa de atendimento de 97%. Na Máquina B, também neste dia foram pedidos 87.400 kg de produto, sendo produzidos efetivamente 88.834 kg e recuperados 1434 kg, com uma taxa de atendimento de 102%. A mesma observação foi feita para o dia 23/10/2018, mostrado na figura 14 e para os demais dias dos períodos observados.

Após análise visual dos dados de produção programada e atendida, realizou-se o estudo estatístico do problema. O Gráfico 2 mostra o histograma que foi gerado a partir do desvio diário de produção.

Gráfico 2 – Histograma de saldo de produção (kg)

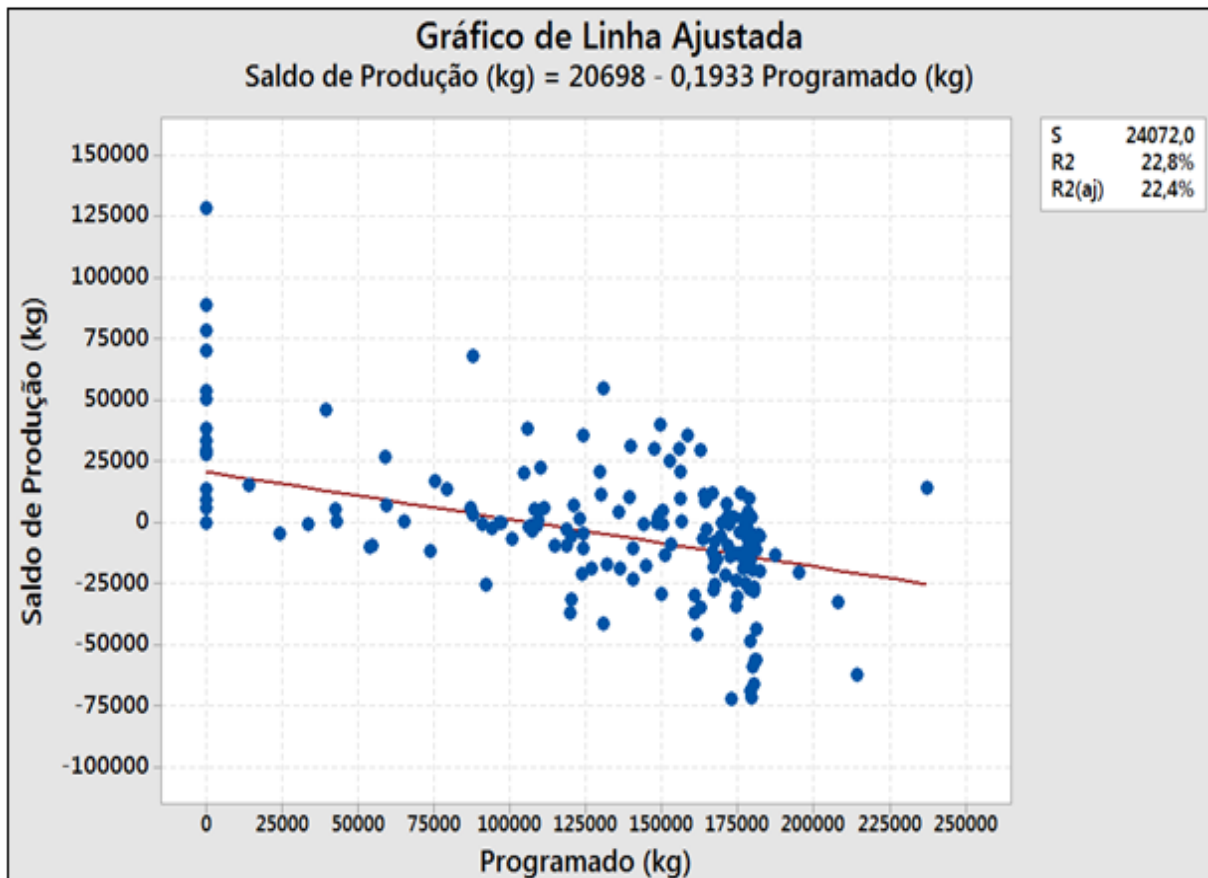


Fonte: Autoria própria

Com base nos dados do Gráfico 2, pode-se afirmar que o desvio, ou saldo, de produção diário assemelha-se a uma distribuição normal com uma média diária de desvio de -1.962 kg e um desvio padrão de 27.321 kg, para uma amostra de 184 dias correspondente ao segundo semestre de 2018. Observou-se também que o valor de saldo de produção tem um valor muito distante de 0 kg, o que explica o valor baixo do *fill rate* apresentado pela fábrica no ano e, também, o nível 3,09 para o nível sigma, que foi obtido pelo histograma.

Para entender como se distribuem os desvios, ou saldos, de produção de acordo com o volume programado diário, gerou-se o Gráfico 3, conhecido como Regressão, ou gráfico de linha ajustada.

Gráfico 3 – Gráfico de linha ajustada de saldo de produção por volume programado diário



Fonte: Autoria própria

Com auxílio do Gráfico 3, pode-se notar que o ajuste do saldo de produção com a produção diária programada gerou uma reta decrescente, sendo que para programações próximas de 0 kg, ou seja falta de programação, o saldo de produção é positivo, indicando recuperação ou adiantamento de produção que ocorre devido à falta de confiabilidade ou baixa eficiência das máquinas.

O baixo valor do índice R2, mostrado no Gráfico 3, indica que o ajuste de linha não é bom, ou seja, a grande variância no valor dos pontos, mostrando que a fábrica necessita recuperar grandes volumes de produção devido a ocorrência de grandes cortes da mesma, o que determina um baixo *fill rate*.

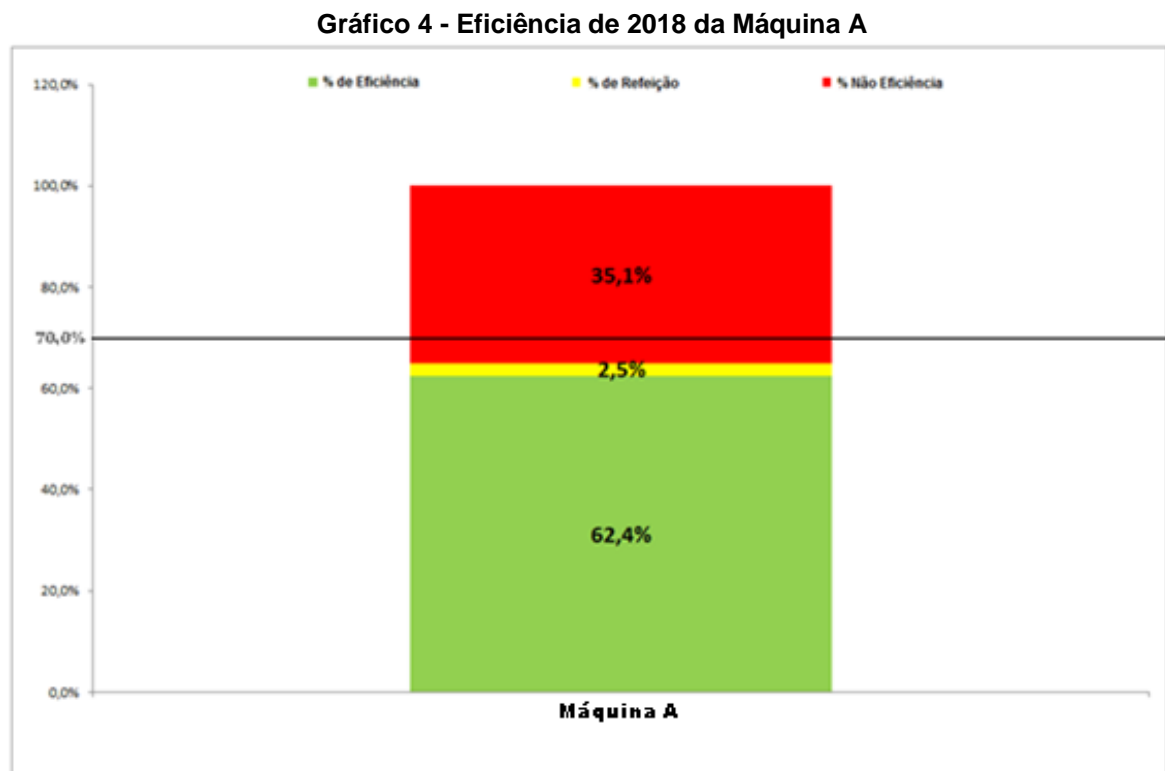
Utilizando-se a fórmula gerada pelo Gráfico 3, aferiu-se que para a partir de um volume programado de produção de 107.077,1 kg diário, temos um maior número de cortes de produção, ou seja, um saldo de produção abaixo de 0 kg diário.

Após analisar o *fill rate* e valores estatísticos relacionados à programação de produção da família logurte Polpa, foi constatado a necessidade de uma melhoria de eficiência das máquinas pertencentes à mesma, para assim, serem evitados os cortes

de produção, principalmente para volumes altos. Para tanto, analisou-se os indicadores de eficiência de cada máquina (Máquina A, Máquina B e Máquina C) pertencente à família que está sendo pautada no projeto.

4.2.1 Máquina A

A primeira etapa para medição dos problemas relacionados à produtividade da Máquina A, foi o levantamento do índice de eficiência que a mesma obteve ao longo do ano de 2018, sendo mostrado no Gráfico 4.

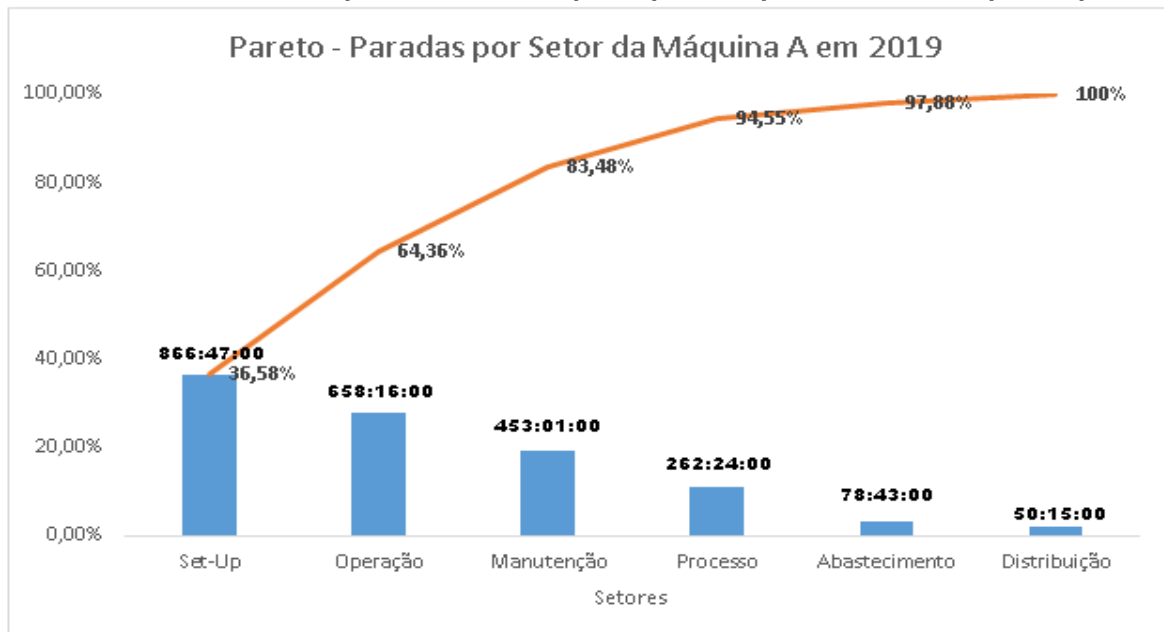


Fonte: Autoria própria

Analisando o Gráfico 4, pode-se perceber que a eficiência acumulada da Máquina A ao longo de 2018 ficou abaixo da meta estipulada pela organização, que foi de 70% para o ano em questão.

Para entender o quanto cada setor afeta no total de tempo de não eficiência, foi gerado um Diagrama de Pareto, em que relacionou-se a porcentagem de tempo de paradas de cada setor com a porcentagem de tempo total de paradas que houveram na fábrica durante o ano de 2018, mostrado no Gráfico 5.

Gráfico 5 – Pareto do percentual de tempo de paradas por setor da Dinieper Polpa

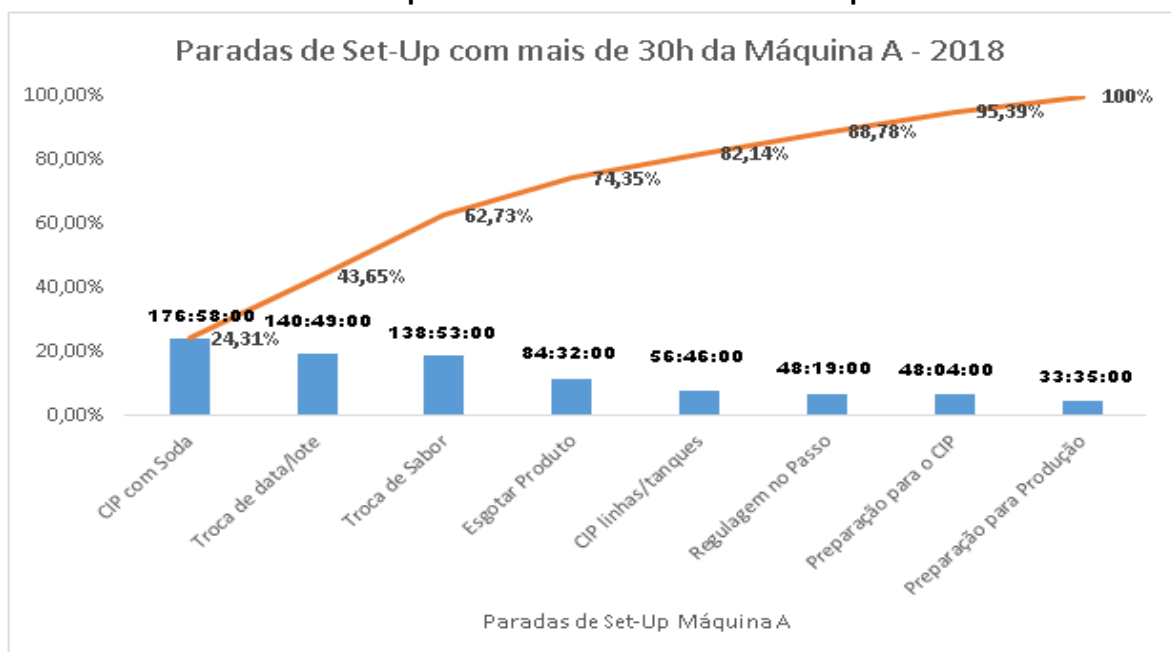


Fonte: Autoria própria

O Gráfico 5 mostrou que os setores que mais influenciam no tempo de paradas da Dinieper Polpa são o *Set-Up*, *Operação* e *Manutenção*.

Devido ao curto tempo que foi dado para o levantamento de dados, optou-se por analisar as paradas do setor de *Set-Up* desta máquina, em que foi feito um novo diagrama de Pareto do tempo de paradas com mais de 30 horas, durante o ano de 2018, que compõe esse setor, como mostra o Gráfico 6.

Gráfico 6 – Pareto de paradas com mais 30 horas da Máquina A em 2018

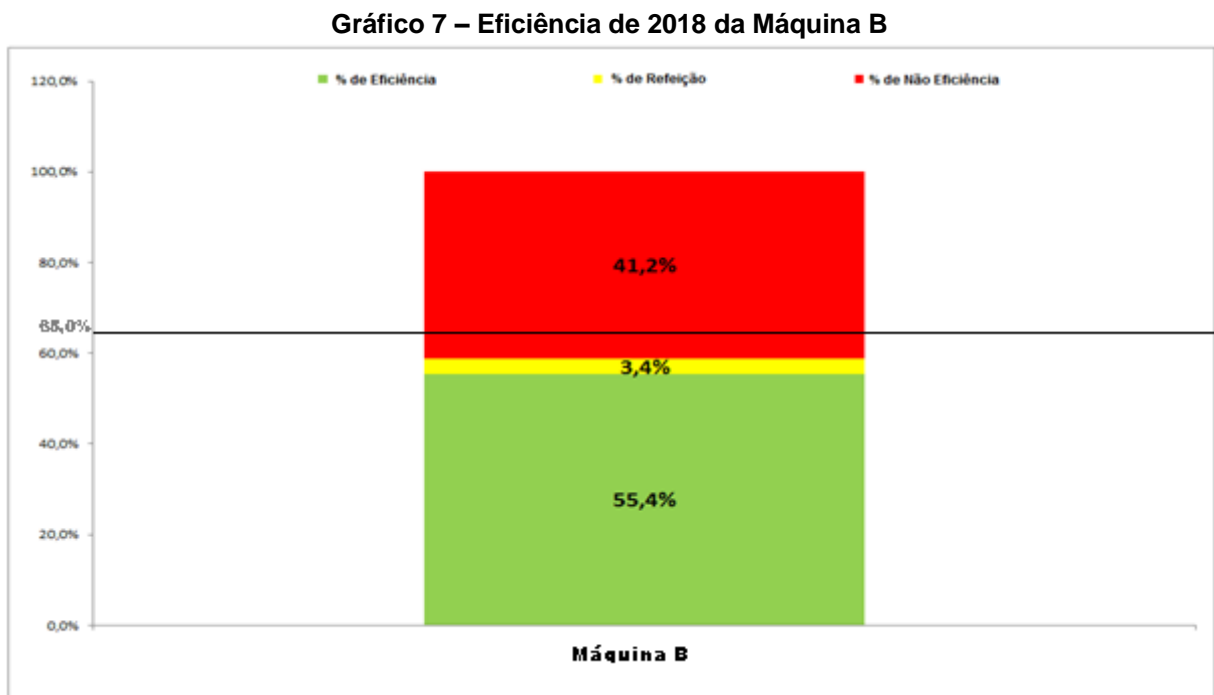


Fonte: Autoria própria

Pode-se observar no Gráfico 6 que as 3 maiores paradas da máquina foram CIP (*Clean in Place*) com soda, troca de data/lote e troca de sabor. O CIP é uma parada de *set-up* obrigatória para todas as máquinas, a mesma coisa acontece para a troca de sabor. Como não são todas as máquinas que apresentam a parada de troca de data/lote e esse valor de tempo parado estava muito elevado, escolheu-se a mesma para análise devido ao seu índice anual de tempo de parada.

4.2.2 Bisignano 1

Os mesmos passos de medição realizado para a Máquina A foi replicado para a Máquina B, tendo seu índice de eficiência ao longo do ano de 2018 mostrada no Gráfico 7.

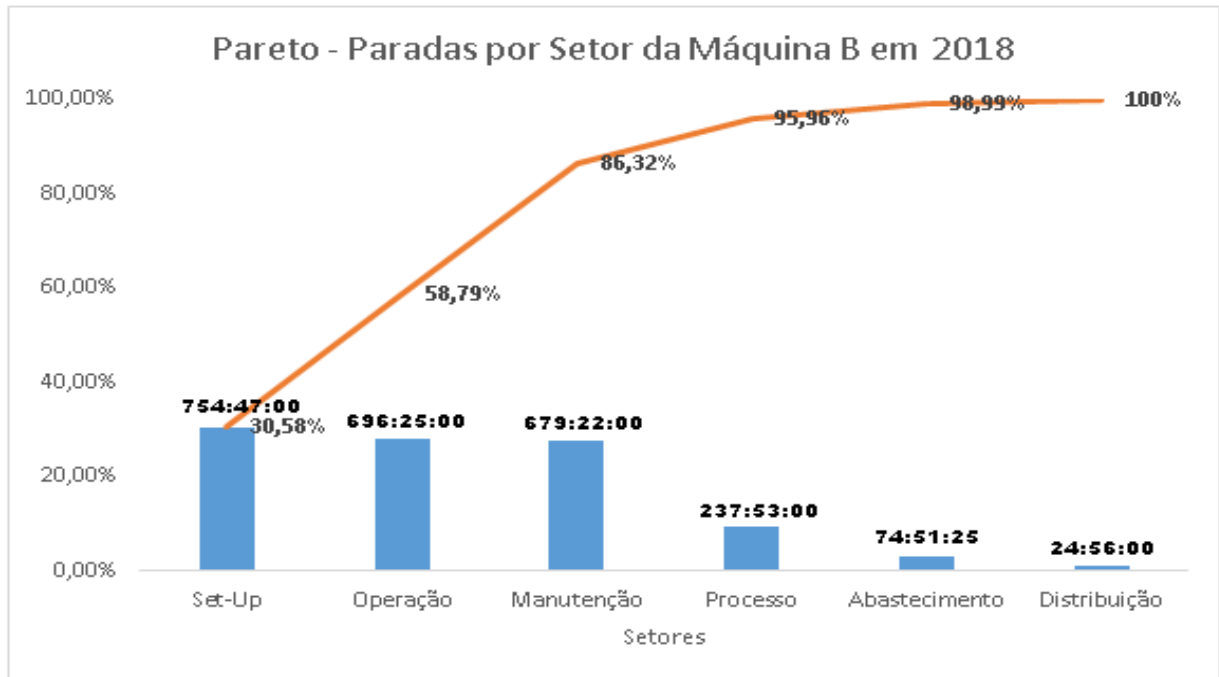


Fonte: Autoria Própria

Analisando o Gráfico 7, pode-se perceber que a eficiência acumulada da Máquina B ao longo de 2018 ficou abaixo da meta estipulada pela organização, que foi de 65% para o ano em questão.

O Gráfico 8 mostra o diagrama de Pareto do tempo de parada de cada setor da fábrica, durante o ano de 2018, para a Máquina B.

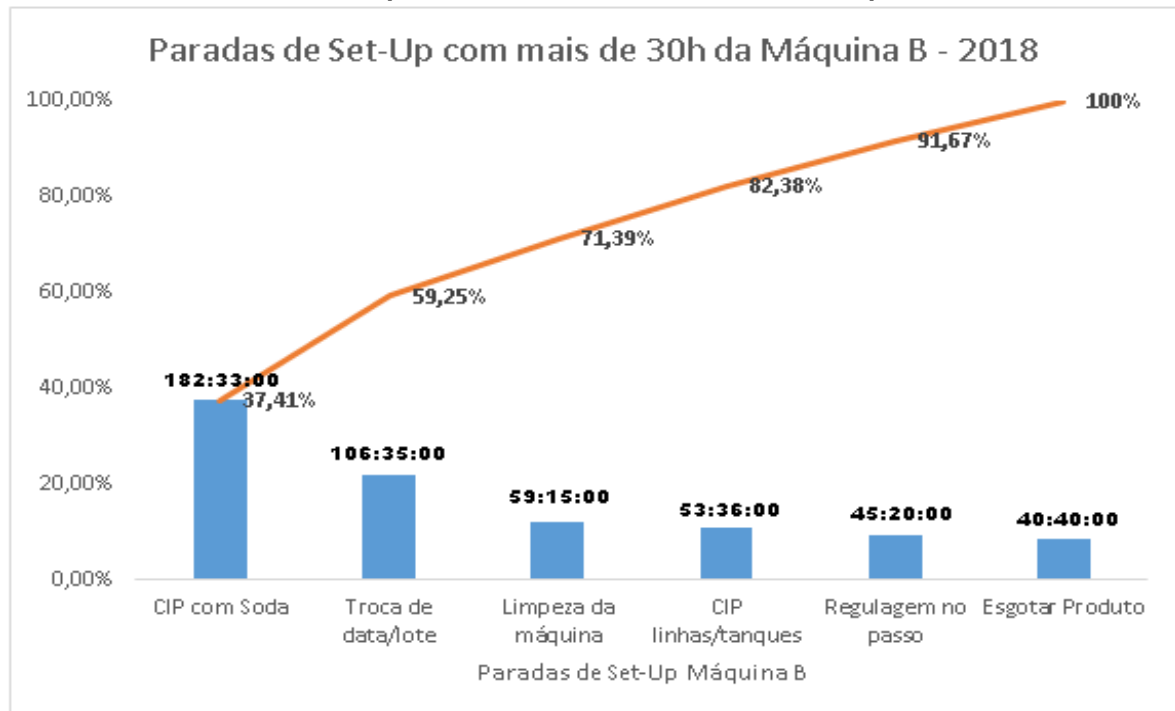
Gráfico 8 - Pareto do percentual de tempo de paradas por setor da Máquina B em 2018



Fonte: Autoria própria

Assim como na Máquina A, observou-se que o setor com maior influência no tempo de não eficiência da Máquina B foi o de *set-up*, que foi analisado através do diagrama de Pareto com paradas acima de 30 horas anuais, mostrado no Gráfico 9.

Gráfico 9 - Pareto de paradas com mais de 30 horas da Máquina B em 2018

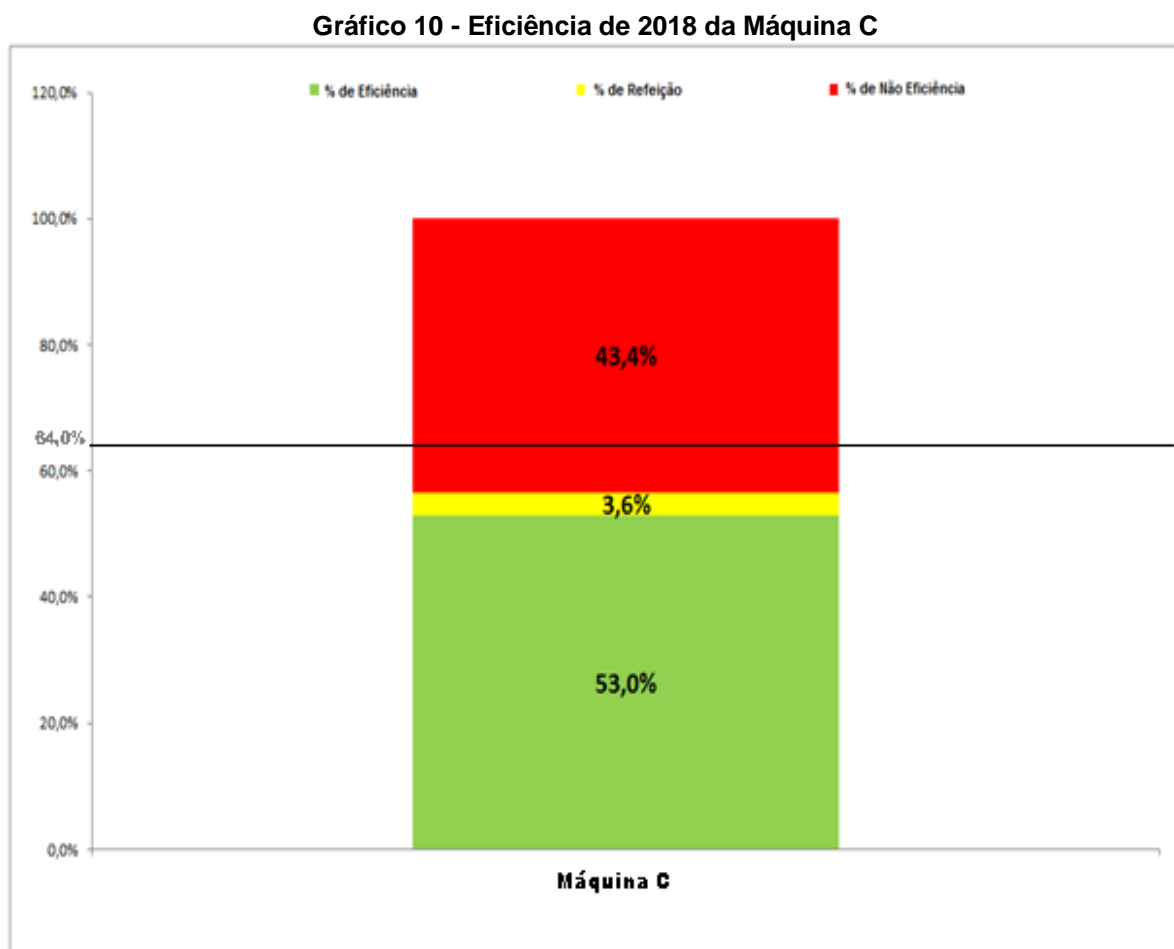


Fonte: Autoria Própria

Assim como na Máquina A, o tempo de CIP não foi fora do previsto e o tempo de Troca de data/lote foi de 106:35:00, o que é muito para o ano de 2018, escolhendo-se assim essa parada para análise.

4.2.3 Bisignano 2

Os mesmos passos de medição anteriores foram seguidos para Máquina C, tendo seu índice de eficiência de 2018 mostrado no Gráfico 10.

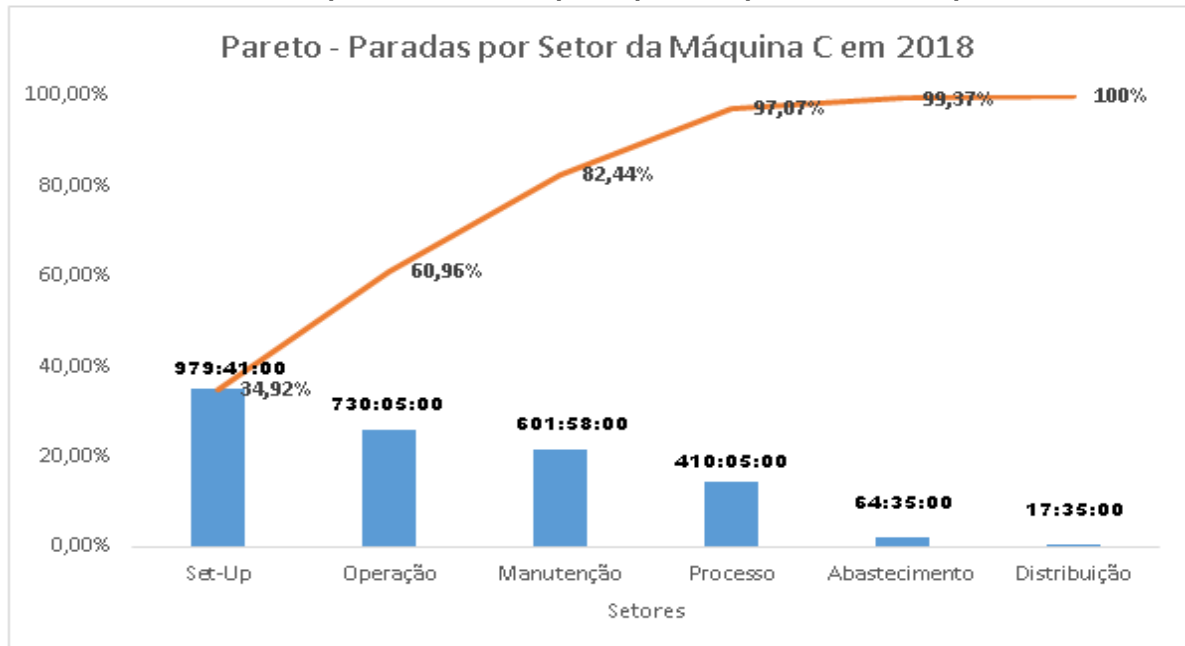


Fonte: Autoria Própria

Analisando o Gráfico 10, pode-se perceber que a eficiência acumulada da Máquina C ao longo de 2018 ficou abaixo da meta estipulada pela organização, que foi de 64% para o ano em questão.

O Gráfico 11 mostra o diagrama de Pareto do tempo de parada de cada setor da fábrica, durante o ano de 2018, para a Máquina C.

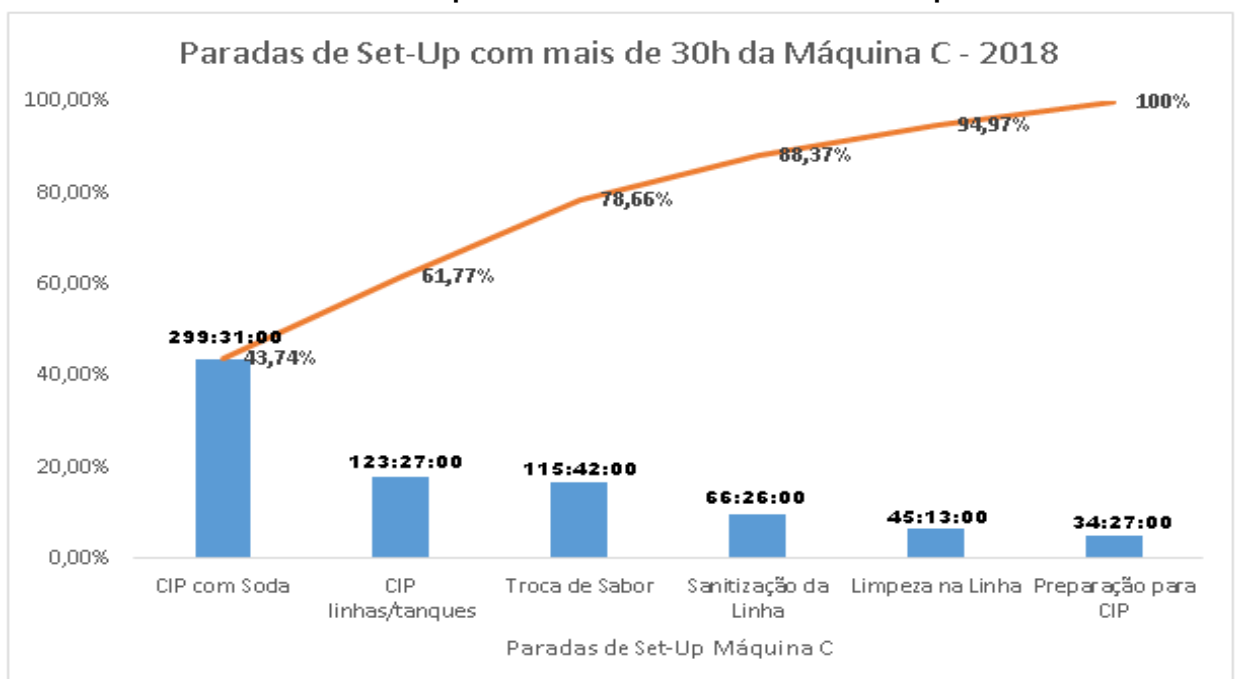
Gráfico 11 - Pareto do percentual de tempo de paradas por setor da Máquina C em 2018



Fonte: Autoria Própria

Com a análise do Gráfico 11, pode-se perceber que o setor de *set-up* se destaca ainda mais do que nas máquinas analisadas anteriormente como principal causador do tempo de não eficiência. Escolheu-se então, novamente, o setor de *set-up* para fazer a análise das paradas com mais de 30 horas no ano de 2018, evidenciando-as no Gráfico 12.

Gráfico 12 - Pareto de paradas com mais de 30 horas da Máquina C em 2018



Fonte: Autoria própria

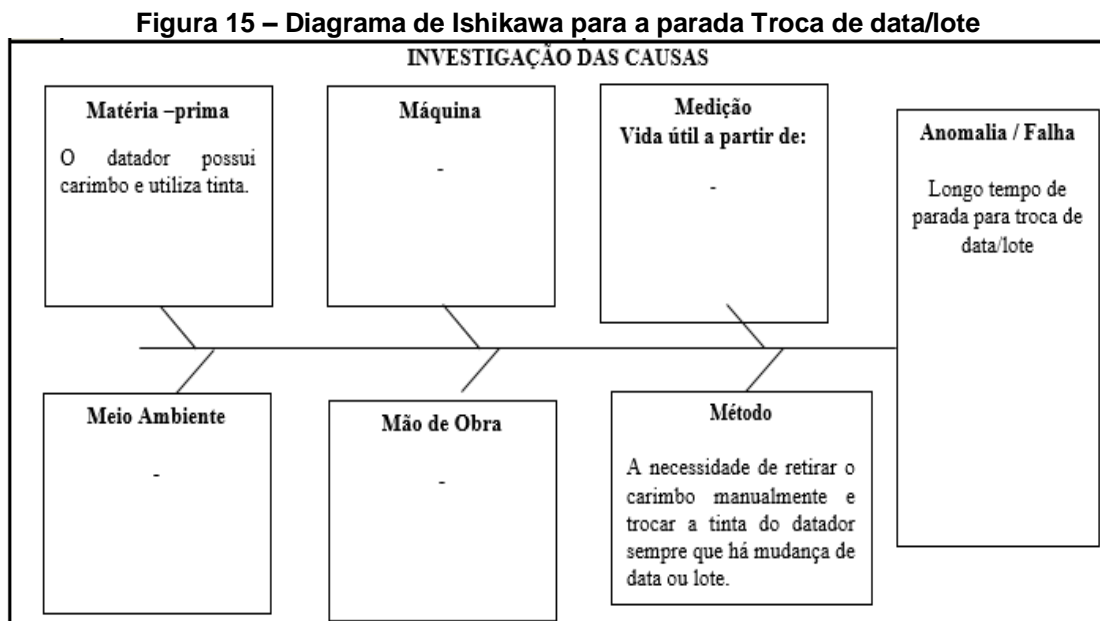
Com a análise do Gráfico 12, pode-se perceber que o tempo de CIP com soda e CIP de linhas e tanques da Máquina C foi muito maior do que nas máquinas analisadas anteriormente, escolhendo-se assim, essas duas paradas para análise.

4.3 RESULTADOS DA ETAPA ANALISAR

Após realizadas as medições, percebeu-se a necessidade de entender as causas raízes das falhas relacionadas, utilizando-se ferramentas de investigação de causa da qualidade. As Máquinas A e B foram analisadas juntamente devido apresentarem a mesma parada que está sendo analisada.

4.3.1 Análise da Falha Troca de Data/Lote

Para entender os principais motivos que causam a demora na parada de Troca de data/lote nas Máquinas A e B, foi elaborado um Diagrama de Ishikawa, como mostra a Figura 15.



Fonte: Autoria Própria

A investigação mostrada na Figura 15 evidenciou que problemas com a matéria-prima e método utilizados, que causam a demora na hora da troca, pois há a necessidade por parte do operador de retirar o carimbo e trocar a tinta sempre que há mudança de data ou de lote.

Em seguida, realizou-se um Teste dos 5 Porquês para o problema relacionado com a matéria-prima, como mostra a Figura 16.

Figura 16 - Teste dos 5 Porquês para o problema de matéria-prima

ANÁLISE DOS 5 PORQUÊS – O datador possui carimbo e utiliza tinta.	
Por quê?	Os datadores utilizados na fábrica são antigos.
Por quê?	Ninguém percebeu a necessidade de trocá-los.
Por quê?	Os datadores apresentam poucos problemas por manutenção.
Por quê?	
Por quê?	
Causa Fundamental: Por apresentarem poucos problemas relacionados a manutenção, ninguém percebeu a necessidade de troca dos datadores, ficando os mesmos ultrapassados.	

Fonte: Autoria própria

A Figura 17 mostra o Teste dos 5 Porquês relacionados com o problema relacionado com o método.

Figura 17 - Teste dos 5 Porquês para o problema de método

ANÁLISE DOS 5 PORQUÊS – Há necessidade de retirar o carimbo manualmente e trocar a tinta do datador sempre que há mudança de data ou lote.	
Por quê?	O tipo de datador utilizado não permite um procedimento automatizado de troca de data e lote.
Por quê?	Os datadores estão ultrapassados.
Por quê?	Ninguém percebeu a necessidade de trocá-los.
Por quê?	Os datadores apresentam poucos problemas por manutenção.
Por quê?	
Causa Fundamental: Por apresentarem poucos problemas de manutenção, ninguém percebeu a necessidade e trocar os datadores, que por serem antigos exigem que os operadores mudem a data/lote manualmente, tornando o procedimento demorado.	

Fonte: Autoria própria

Portanto, chegou-se à conclusão que a quantidade de tempo parado por troca de data/lote se deve à necessidade de o operador trocar o carimbo de tinta, que é um sistema ultrapassado, manualmente. Aferiu-se também que o datador ficou ultrapassado devido à falta de conhecimento deste problema, pois o mesmo não quebrava constantemente por problemas de manutenção.

Para comprovar a causa raiz descoberta com o Teste dos 5 Porquês, foi realizado uma reunião com os supervisores para mostrar o problema, onde foi notado que eles não tinham conhecimento do quanto o problema afetava a eficiência da máquina.

Por fim, elaborou-se um Plano de Ação (5W2H), que será mostrado no Quadro 2.

Quadro 2 – Plano de Ação (5W2H) para o problema com troca de data/lote

Problema	Grande quantidade de tempo perdido com troca de data/lote.
O que fazer?	Trocar o sistema de datador a tinta atual por um sistema de datador a laser.
Porque fazer?	Para diminuir o tempo perdido por troca de data/lote.
Quando fazer?	Assim que for aprovado o projeto, orçamento e chegar o material necessário.
Quem irá fazer?	Empresa terceirizada, que deverá ser contratada pelo supervisor de manutenção.
Onde será feito?	Nas Máquinas A e B
Como será feito?	Será agendado os dias necessários para a troca do datador com a empresa terceirizada, que será responsável pela instalação.
Quanto custará?	R\$ 128.000,00

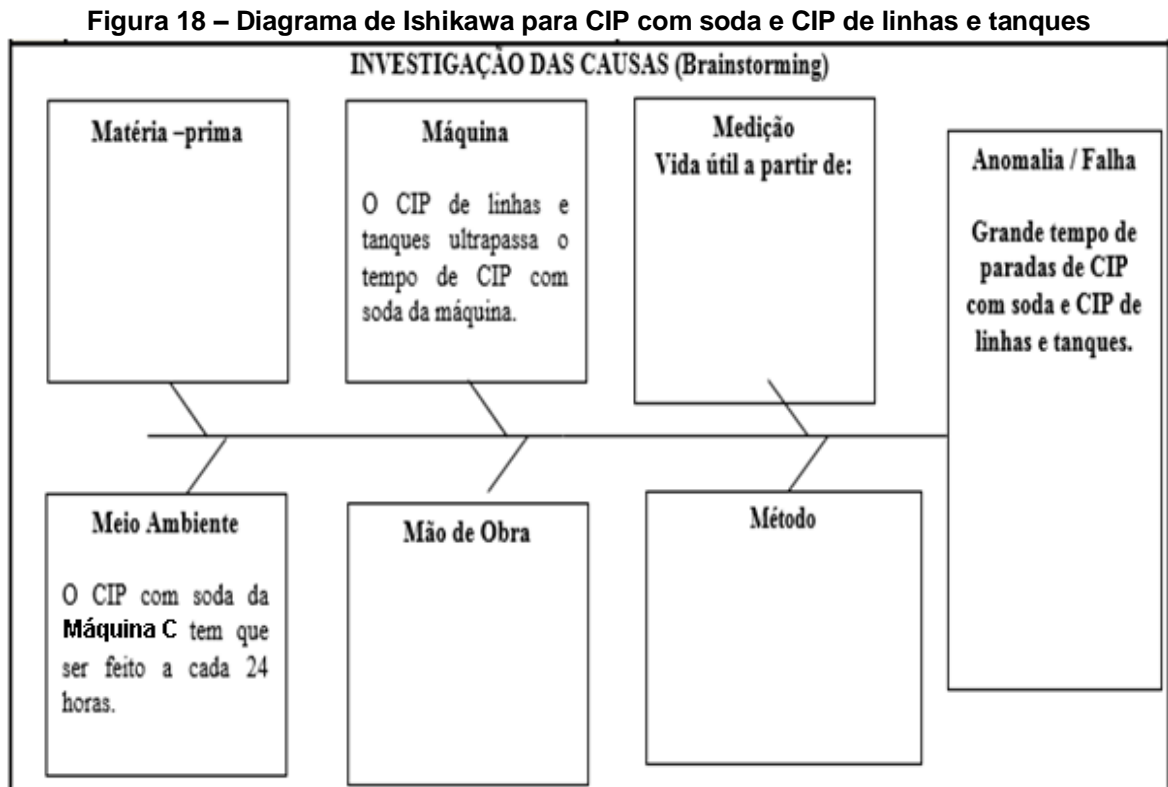
Fonte: Autoria própria

Assim que foi definido o que fazer no Plano de Ação (5W2H), mostrado no Quadro 2, foi analisado a viabilidade do projeto e foi cotado o mesmo com uma empresa terceirizada, chegando-se no valor de R\$ 128.000,00 para a troca do sistema atual de datadores da Máquina A e Máquina B para um sistema de datadores a laser.

Após concluir a análise do problema com a troca de data/lote, analisou-se o problema com CIP com soda e CIP de linhas e tanques da Bisignano 2, que será relatado.

4.3.2 Análise da Falha CIP com Soda e CIP de Linhas e Tanques

Assim como para a troca de data/lote, elaborou-se um Diagrama de Ishikawa para os problemas de CIP com Soda e CIP de linhas/tanques, mostrado na Figura 18.



Fonte: Autoria própria

A investigação mostrada na Figura 18 evidenciou problemas com a máquina e o meio ambiente, mostrando que na Máquina C, o CIP com soda deve ser feito a cada 24 horas de produção, sendo um tempo muito curto entre cada parada, e o tempo de CIP de linhas e tanques ultrapassa o tempo de CIP com soda da máquina, o que não deve acontecer em condições normais.

Assim, da mesma maneira que foi feito para o problema de troca de data/lote, elaborou-se um Teste dos 5 Porquês para cada tópico observado no Diagrama de Ishikawa.

A Figura 19 mostra o Teste dos 5 Porquês relacionados com o problema relacionado com o meio ambiente.

Figura 19 – Teste dos 5 Porquês para o problema de meio ambiente

ANÁLISE DOS 5 PORQUÊS – O CIP com soda da Máquina C tem que ser feito a cada 24 horas.	
Por quê?	Para garantir que não haverá proliferação microrganismos o CIP com soda da máquina não pode passar de 24 horas.
Por quê?	Especificações do setor de qualidade.
Por quê?	Para máquinas que fazem a mistura do produto em tanques (batelada) não se deve passar de 24 horas para realizar um novo CIP com soda.
Por quê?	
Por quê?	
Causa Fundamental: Por realizar a mistura do produto em tanques (batelada), o CIP com soda deve ser feito a cada 24 horas na Máquina C portanto, há uma grande quantidade da parada ocorrendo na máquina.	

Fonte: Autoria própria

A Figura 20 mostra o Teste dos 5 Porquês relacionados com o problema relacionado com a máquina.

Figura 20 – Teste dos 5 Porquês para o problema com a máquina

ANÁLISE DOS 5 PORQUÊS – O CIP de linhas e tanques ultrapassa o tempo CIP com soda da máquina.	
Por quê?	O CIP em tanques é mais demorado que o CIP em linhas.
Por quê?	A operação de CIP em tanques é mais delicada que o CIP em linha.
Por quê?	
Por quê?	
Por quê?	
Causa Fundamental: Por fazer a mistura em tanque, o CIP de linhas e tanques da Máquina C é mais demorada que da Máquina A e Máquina B , que fazem a mistura em linha.	

Fonte: Autoria própria

Neste caso, observou-se a necessidade de mais um Teste do 5 Porquês para entender o motivo de não ter sido alterado a mistura em tanque para mistura em linha da Máquina C, assim como na Máquina A e na Máquina B, sendo mostrado na Figura 21.

Figura 21 – Teste dos 5 Porquês para o problema com mistura em tanque para a Máquina B

ANALISE DOS 5 PORQUÊS – A Máquina C faz mistura em batelada, enquanto as Máquinas A e B passaram a fazer mistura em linha	
Por quê?	Segundo as planilhas analisadas, parecia que a Máquina C fazia apenas produções baixas.
Por quê?	Não é mostrado na planilha a quantidade que a Máquina C ajuda as Máquinas A e B a cumprirem a sua produção.
Por quê?	Há a necessidade de revisão das capacidades máximas de cada máquina.
Por quê?	
Por quê?	
Causa Fundamental: Há necessidade de rever as capacidades de cada máquina, pois a planilha não está mostrando o quanto a Máquina C ajuda as Máquinas A e B	

Fonte: Autoria Própria

Após a realização do Teste dos 5 Porquês mostrado na Figura 21, pode-se aferir que não houve troca da mistura em tanque para mistura em linha, na Máquina C, devido a não estar explícito na planilha do PCP a quantidade de ganhos que esse projeto traria caso aprovado.

Para comprovar a existência da causa raiz encontrada na Figura 21, foram observados e levantados alguns dados da planilha de programação do PCP e das máquinas.

A Figura 22 mostra um exemplo deste estudo, referente ao dia 18 de julho de 2018.

Figura 22 – Exemplo de marcação diária da planilha de programação do PCP

			SEG
72064	BEB LACT FERM POLPA	MOR/MOR 540G	5.949
72066	BEB LACT FERM POLPA	MOR/COC 540G	
162133	BEB LACTEA MOR/COC	540G	70.500 53.628
Total Máquina A			70.500 59.577
Desvio			-10.923
Atendimento			85%
8787	BEB LACTEA	MOR/AMX 540G	
8789	BEB LACTEA	MOR/MOR 540G	
8790	BEB LACTEA	MOR/MAM-LAR 540G	
72068	BEB LACT FERM POLPA	MOR/PESSEGO 540G	
448768	IOGURTE GREGO TRADICIONAL	540G	7.500 5.664
Total Máquina C			7.500 5.664
Desvio			-1.836
Atendimento			76%
72064	BEB LACT FERM POLPA	MOR/MOR 540G	54.600 39.658
860198	BEB LAC	MOR/MOR 540G CX12	37.500 45.334
Total Máquina B			92.100 84.992
Desvio			-7.108
Atendimento			92%

Fonte: Empresa estudada

A Figura 21 mostra que para a Máquina A foi programada uma produção de 70.500 kg de iogurte, sendo feito 59.577 kg e cortado 19.923 kg. Para a Máquina C foi programada uma produção de 7500 kg de iogurte, sendo feito 5664 kg e cortado 1836 kg. Para a Máquina B 1 foi programada uma produção de 92.100 kg de iogurte, sendo feito 84.992 kg e cortado 7.108 kg.

A Tabela 2 contém informações que ajudam a entender as incoerências da planilha mostrada na Figura 22 para o dia estudado.

Tabela 2 – Dados da produção das máquinas da família iogurte Polpa – 18/07/2018

Máquina	Velocidade Real (ciclos/min)	Tempo Produtivo (h)	Produção Programada (kg)	Produção Realizada (kg)	Produção Máxima Teórica (kg)
Máquina A	28,16	17	70.500	59.577	62.042,11
Máquina B	24,79	14	92.100	84.992	44.978,97
Máquina C	30,16	15	7.500	5.664	58.361,04

Fonte: Autoria própria

Observando a Tabela 2, pode-se notar que segundo a planilha de programação do PCP, a Máquina B produziu 84.992 kg de iogurte no dia estudado, porém, com o tempo de funcionamento de 14 horas ela poderia produzir no máximo 44.978,97 kg. A divergência vem do fato de não ter sido transferido na planilha a produção da Máquina B para a Máquina C.

Pode-se perceber também pela Tabela 2 que nenhuma máquina cumpriu sua produção máxima teórica, e que as perdas do processo são altas, devendo ser estudadas pelos responsáveis.

Dessa forma, elaborou-se o Plano de Ação (5W2H) para o problema com CIP com soda e CIP de linhas e tanques, que será mostrado no Quadro 3

Quadro 3 – Plano de Ação (5W2H) para o problema de CIP com soda e CIP de linhas e tanques

Problema	Longo tempo de parada de CIP com soda e CIP de linhas e tanques na Máquina C.
O que fazer?	Alterar a mistura em tanque para a mistura em linha no processo.
Porque fazer?	Para diminuir a duração de CIP de linhas e tanques e poder aumentar o tempo entre CIPs com soda de 24 horas para 48 horas.
Quando fazer?	Assim que for aprovado o projeto, orçamento e chegar o material necessário.
Quem irá fazer?	Setor de manutenção responsável pelo processo.
Onde será feito?	Nos tanques e linhas da Máquina C.
Como será feito?	Serão estimados os dias necessários para execução e programado a parada, sendo realizada a intervenção por técnicos e engenheiros do setor de manutenção responsável
Quanto custará?	R\$ 350.000,00

Fonte: Autoria própria

Após analisar a viabilidade do projeto sugerido no Quadro 3, realizou-se a cotação do mesmo, chegando num valor de R\$ 350.000,00.

Após definir os projetos que seriam realizados, foram estimados os ganhos na etapa Melhorar do ciclo DMAIC. .

4.4 RESULTADOS DA ETAPA MELHORAR

Como descrito na metodologia deste trabalho, foram relacionadas informações cruciais sobre as máquinas da família logurte Polpa. Através das ferramentas citadas e da Equação (1), elaborou-se a Tabela 3 com intuito de estimar o valor do faturamento por hora que cada máquina pode proporcionar.

Tabela 3 – Valores para cálculo de faturamento de máquina por hora produtiva

Máquina	Velocidade Real (ciclos/min)	Bandejas/ciclo	Preço de Venda das Bandejas para os Clientes	Faturamento/hora
Máquina B	24,79	4	R\$ 1,15	R\$ 6.842,04
Máquina C	30,16	4	R\$ 1,15	R\$ 8.324,16
Máquina A	28,16	4	R\$ 1,15	R\$ 7772,16

Fonte: Autoria própria

Observando a Tabela 3, pode-se identificar que a máquina que proporciona o maior faturamento por hora produtiva é a Máquina C, seguida da Máquina A e Máquina B.

Em seguida, com auxílio da Equação (2), foi elaborada a Tabela 3, com intuito de calcular o gasto com embalagens por hora produtiva.

Tabela 4 – Valores para cálculo de gasto de embalagem de cada máquina por hora produtiva

Máquina	Comprimento de Embalagem (m/ciclo)	Preço por metro de Chapa	Preço por metro de Cobertura	Gasto de embalagem/hora
Máquina B	0,25	R\$ 2,16	R\$ 0,73	R\$ 1.079,55
Máquina C	0,25	R\$ 2,16	R\$ 0,73	R\$ 1.313,40
Máquina A	0,19	R\$ 3,07	R\$ 0,73	R\$ 1211,79

Fonte: Autoria própria

Observando a Tabela 4, pode-se identificar que a máquina com maior custo de embalagem por hora produtiva é a Máquina C, seguida da Máquina A e Máquina B.

Depois, estimou-se o custo de produto e de energia por hora produtiva, com auxílio das Equações (3) e (4), como mostra a Tabela 5.

Tabela 5 – Valores para cálculo de gastos com produto e energia por hora produtiva

Máquina	Produto por Bandeja (kg/bandeja)	Produto por Ciclo (kg/ciclo)	Preço por quilograma de Produto	Gasto de Produto/hora	Gasto de Energia/hora
Máquina B	0,54	2,16	R\$ 1,07	R\$ 3.437,68	R\$ 7,38
Máquina C	0,54	2,16	R\$ 1,07	R\$ 4.182,35	R\$ 8,55
Máquina A	0,54	2,16	R\$ 1,07	R\$ 3.905,00	R\$ 5,89

Fonte: Autoria própria

Observando a Tabela 5, pode-se perceber que a máquina com maior gasto de produto por hora produtiva é a Máquina C, seguida pela Máquina A e Máquina B. Ainda pela Tabela 5, pode-se notar que a máquina com maior gasto de energia por hora produtiva também é a Máquina C, seguida pela Máquina B e Máquina A.

Por fim, com auxílio da Equação (5), calculou-se o lucro que cada máquina proporciona por hora produtiva, mostrado na Tabela 6.

Tabela 6 – Lucro de cada máquina por hora produtiva

Máquina	Lucro/hora
Máquina B	R\$ 2.317,43
Máquina C	R\$ 2.819,86
Máquina A	R\$ 2.649,47

Fonte: Autoria própria

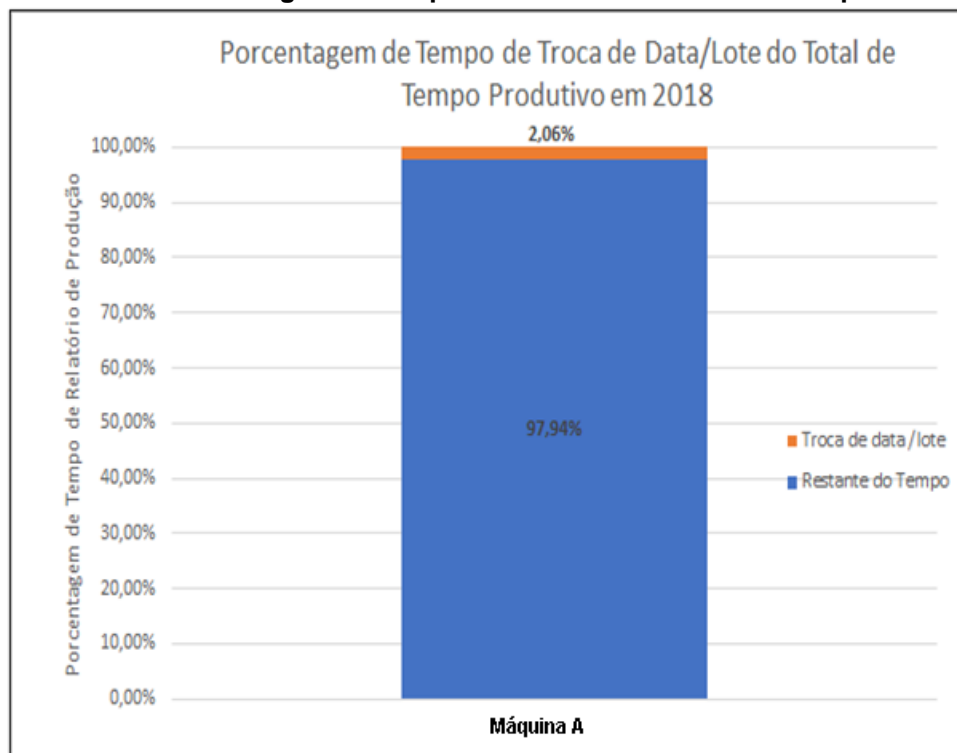
Para estimar-se os valores de aumento e eficiência, capacidade produtiva, faturamento e lucro, cada máquina da família logurte Polpa foi analisada separadamente.

4.4.1 Resultados da Máquina A

Como mostrado no Gráfico 6 deste trabalho, a Máquina A ficou parada 140 horas e 49 minutos por troca de data/lote ao longo do ano de 2018, ou seja, aproximadamente 11 horas e 45 minutos por mês.

O Gráfico 13 mostra a porcentagem que a parada troca de data/lote representou do tempo total de relatório de produção para a Máquina A no ano de 2018.

Gráfico 13 – Porcentagem do tempo de Troca de Data/Lote na Máquina A em 2018



Fonte: Autoria própria

Observando o Gráfico 13, pode-se concluir que a parada Troca de Data/Lote representou 2,06% do total de tempo de relatório de produção para a Máquina A ao longo de 2018.

Considerando que para o ano de 2019 estimou-se um volume de produção aproximadamente igual ano de 2018 e que com a implantação do datador a laser essa parada vai deixar de existir na máquina estudada, tornou-se possível a estimativa dos ganhos com o projeto.

Com auxílio das Equações (6), (7), (8), (9), (10) e (11), formulou-se a Tabela 7, que mostra os ganhos estimados em aumento de capacidade produtiva para a Máquina A.

Tabela 7 – Estimativa de ganhos para a Máquina A com a instalação do datador a laser

Ganhos Estimados para a Máquina A	
Aumento de eficiência	2,06%
Aumento médio de tempo produtivo mensal	11:45:00
Aumento médio de capacidade produtiva mensal (kg)	42.882,50
Aumento médio de faturamento mensal	R\$ 91.322,88
Aumento médio de lucro mensal	R\$ 31.131,27
Payback (meses)	5

Fonte: Autoria própria

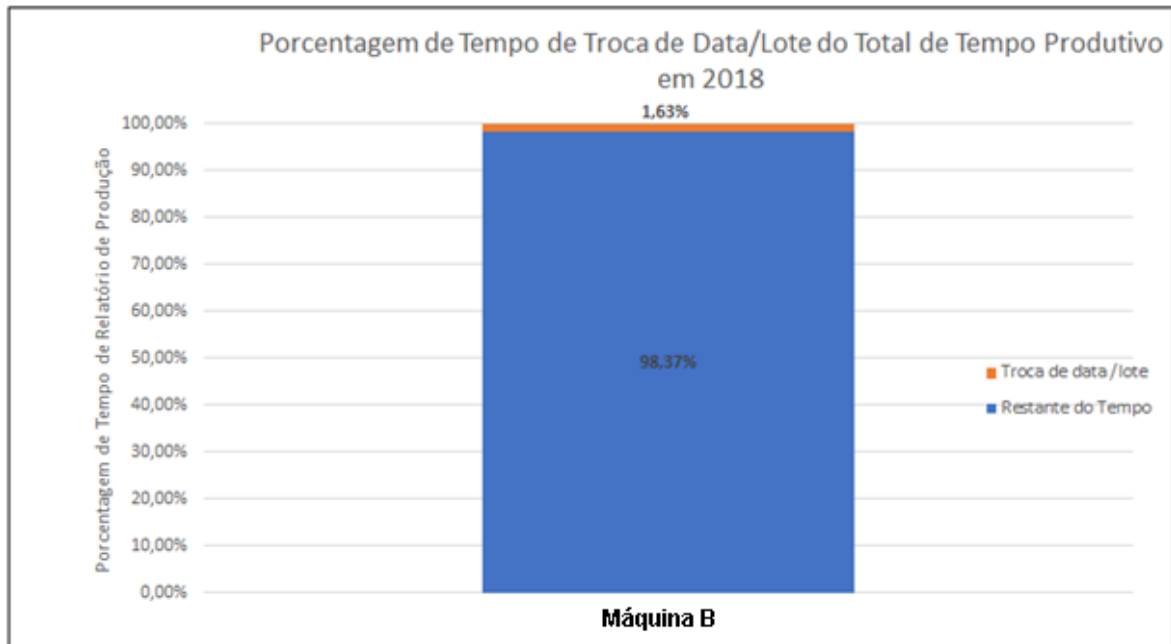
O aumento de eficiência foi estimado em 2,06% pois a fração do problema sanado seria 100%. O aumento médio de tempo produtivo mensal foi calculado com base no Gráfico 6, dividiu-se 140:49:00, que foi tempo total parado em 2018, por 12. O aumento médio de capacidade produtiva mensal foi calculado multiplicando-se o tempo produtivo pela velocidade de ciclo da máquina e pela massa de produto que a máquina faz por hora. O aumento médio de faturamento mensal foi calculado multiplicando-se o aumento de tempo produtivo pelo faturamento que a máquina faz por hora. O aumento médio de lucro mensal foi calculado multiplicando-se o aumento de tempo produtivo pelo lucro que a máquina faz por hora.

Portanto, com a instalação do datador a laser na Máquina A, a meta de aumento de eficiência, que deve ser maior, que 1% seria alcançada. O aumento de lucro mensal de R\$ 31.131,27 proporcionaria um *payback* de aproximadamente 5 meses para o projeto, o que é um valor bem satisfatório para a empresa.

4.4.2 Resultados da Máquina B

Como mostrado no Gráfico 9 deste trabalho, a Máquina A ficou parada 106 horas e 35 minutos por Troca de Data/Lote ao longo do ano de 2018, ou seja, aproximadamente 8 horas e 50 minutos por mês.

O Gráfico 14 mostra a porcentagem que a parada troca de data/lote representou do tempo total de relatório de produção para a Máquina B no ano de 2018.

Gráfico 14 - Porcentagem do tempo de Troca de Data/Lote na Máquina B em 2018

Fonte: Autoria própria

Observando o Gráfico 14, pode-se concluir que a parada Troca de Data/Lote representou 1,63% do total de tempo de relatório de produção para a Máquina B ao longo de 2018.

Considerando que para o ano de 2019 estimou-se um volume de produção aproximadamente igual ano de 2018 e que com a implantação do datador a laser essa parada vai deixar de existir na máquina estudada, tornou-se possível a estimativa dos ganhos com o projeto.

Com auxílio das Equações (6), (7), (8), (9), (10) e (11), formulou-se a Tabela 8, que mostra os ganhos estimados em aumento de capacidade produtiva para a Máquina B.

Tabela 8 - Estimativa de ganhos para a Máquina B com a instalação do datador a laser

Ganhos Estimados para a Máquina B	
Aumento de eficiência	1,63%
Aumento médio de tempo produtivo mensal	08:50:00
Aumento médio de capacidade produtiva mensal (kg)	28.487,40
Aumento médio de faturamento mensal	R\$ 60.688,90
Aumento médio de lucro mensal	R\$ 20.559,42
Payback (meses)	7

Fonte: Autoria própria

Portanto, com a instalação do datador a laser na Máquina B, a meta de aumento de eficiência, que deve ser maior que 1%, seria alcançada. O aumento de lucro mensal de R\$ 20.559,42 proporcionaria um *payback* de aproximadamente 7 meses para o projeto, o que é um valor bem satisfatório.

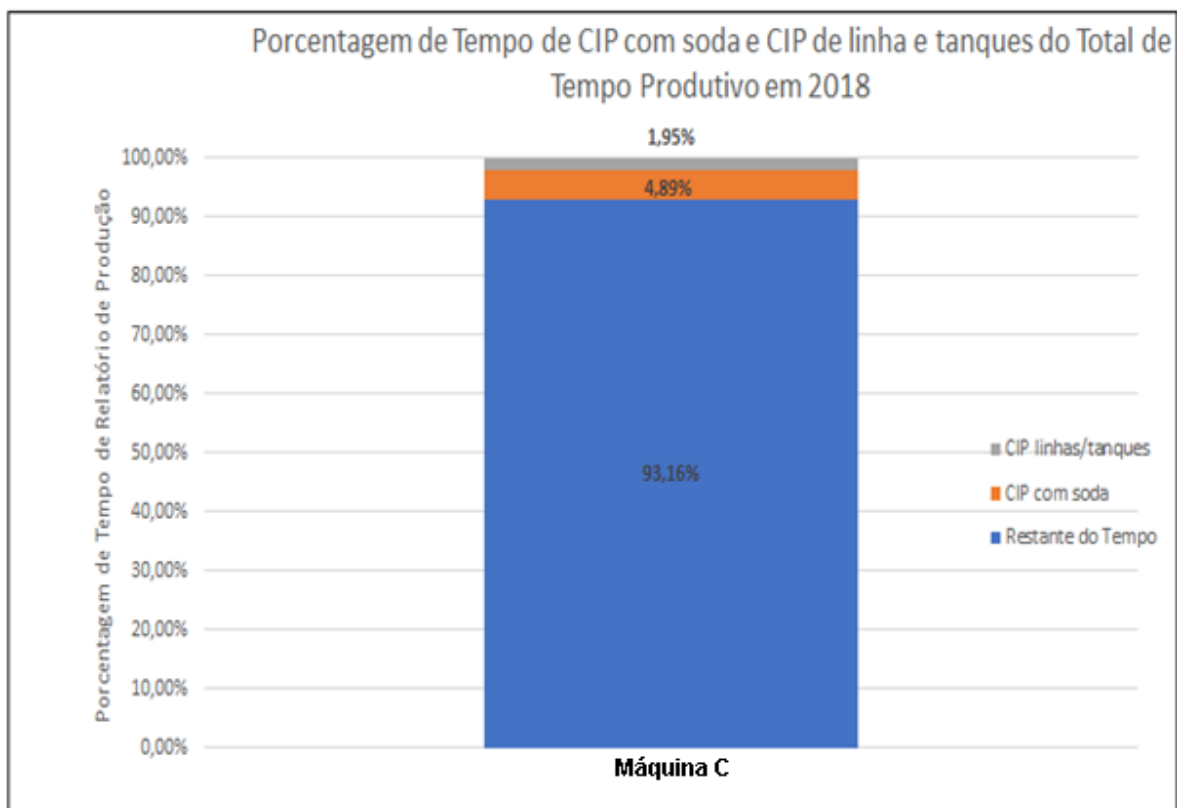
A seguir serão mostradas as estimativas de ganho com o projeto de mistura em linha para Máquina C.

4.4.3 Resultados da Máquina C

Como mostrado no Gráfico 12 deste trabalho, a Máquina C ficou parada 299 horas e 31 minutos por CIP com soda e 123 horas e 27 minutos por CIP de linhas e tanques ao longo do ano de 2018, ou seja, aproximadamente 25 horas por mês pelo primeiro problema e 12 horas e 15 minutos pelo segundo.

O Gráfico 15 mostra a porcentagem que as paradas CIP com soda e CIP de linhas e tanques representaram do tempo total de relatório de produção para a Máquina C no ano de 2018.

Gráfico 15 - Porcentagem do tempo de CIP com soda e CIP de linhas/tanques na Máquina C em 2018



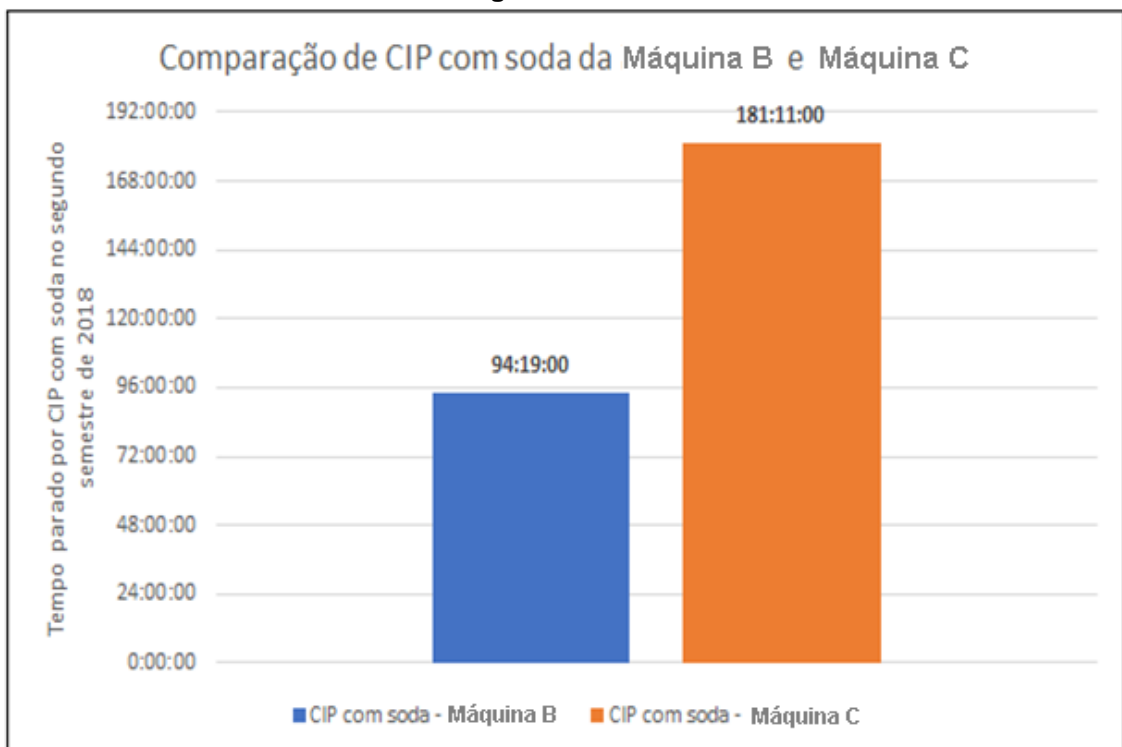
Fonte: Autoria própria

Observando o Gráfico 15, pode-se concluir que a parada CIP com soda e CIP de linhas e tanques representaram 4,89% e 1,95% do total de tempo de relatório de produção para a Máquina C ao longo de 2018.

Para estimar um fator de redução dos problemas estudados com a implementação do projeto proposto, comparou-se os tempos de CIP com soda e CIP de linhas e tanques da Máquina C com o da Máquina B. A coleta de dados é referente ao período do segundo semestre de 2018, pois neste período do ano já havia sido trocado a mistura em tanque da Máquina B para mistura em linha.

O Gráfico 16 mostra a comparação do tempo parado por CIP com soda da Máquina C com o da Máquina B, durante o segundo semestre de 2018.

Gráfico 16 – Comparação do tempo parado por CIP com soda na Máquina B e Máquina C durante o segundo semestre de 2018



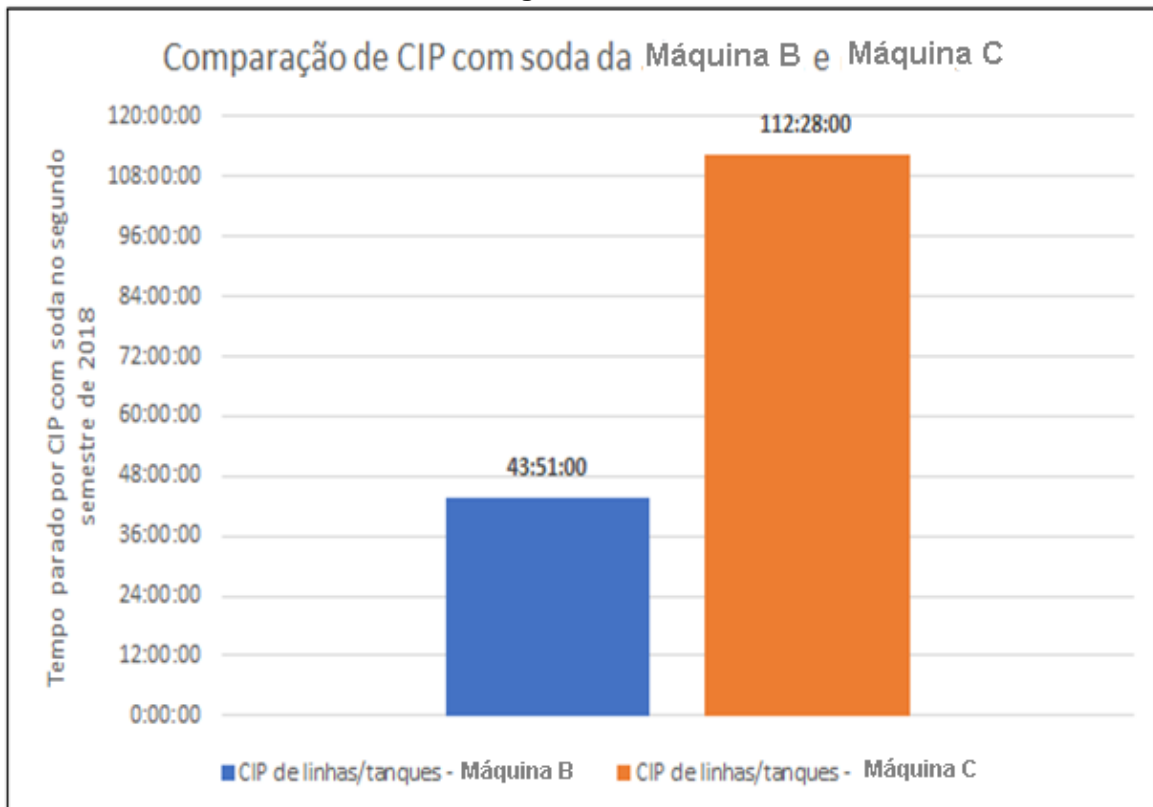
Fonte: Autoria própria

Observando o Gráfico 16, pode-se notar que o tempo de CIP com soda da Máquina B e Máquina C foram de 94 horas e 19 minutos e 181 horas e 11 minutos, respectivamente, durante o segundo semestre de 2018. Assim, o tempo de CIP com soda da Máquina B foi 48% menor que o da Máquina C. Como as duas máquinas operaram durante um tempo similar durante o segundo semestre de 2018, definiu-se

a redução do problema em 48% na Máquina C com a instalação da mistura em linha e aumento de tempo entre os CIPs com soda para 48 horas.

Da mesma forma, elaborou-se o Gráfico 17 para fazer a mesma comparação de tempo parado por CIP de linhas e tanques nas duas máquinas.

Gráfico 17 – Comparação do tempo parado por CIP de linhas/tanques na Máquina B e Máquina C durante o segundo semestre de 2018



Fonte: Autoria própria

Observando o Gráfico 17, pode-se notar que o tempo de CIP de linhas/tanques da Máquina B e Máquina C foram de 43 horas e 51 minutos e 112 horas e 28 minutos, respectivamente, durante o segundo semestre de 2018. Assim, o tempo de CIP de linhas/tanques da Máquina B foi 61% menor que o da Máquina C. Como as duas máquinas operaram durante um tempo similar durante o segundo semestre de 2018, definiu-se a redução do problema em 61% na Máquina C com a instalação da mistura em linha e aumento de tempo entre os CIPs com soda para 48 horas.

Com auxílio das Equações (6), (7), (8), (9), (10) e (11), formulou-se a Tabela 9, que mostra os ganhos estimados em aumento de capacidade produtiva para a Máquina C.

Tabela 9 - Estimativa de ganhos para a Máquina C com a instalação da mistura em linha

Ganhos Estimados para a Máquina C	
Aumento de eficiência	3,54%
Aumento médio de tempo produtivo mensal	17:00:00
Aumento médio de capacidade produtiva mensal (kg)	66.448,51
Aumento médio de faturamento mensal	R\$ 141.510,72
Aumento médio de lucro mensal	R\$ 47.937,62
Payback (meses)	8

Fonte: Autoria própria

Portanto, com a instalação da mistura em linha e aumento do tempo entre CIPs com soda na Máquina C, a meta de aumento de eficiência, que deve ser maior que 1%, seria alcançada. O aumento de lucro mensal de R\$ 47.937,62 proporcionaria um *payback* de aproximadamente 8 meses para o projeto, o que é um valor bem satisfatório.

4.5 PAYBACK E LUCRATIVIDADE TOTAL DOS PROJETOS

A Tabela 10, mostra o custo, aumento de lucratividade e *payback* estimado de cada máquina e também da somatória dos 3 projetos.

Tabela 10 - Calculo de lucratividade e *payback* total dos projetos

	Custo do Projeto	Aumento de Lucro Mensal	<i>Payback</i> (meses)
Máquina A	R\$128.000,00	R\$31.131,27	5
Máquina B	R\$128.000,00	R\$20.559,42	7
Máquina C	R\$350.000,00	R\$47.937,62	8
Total	R\$606.000,00	R\$99.628,31	7

Fonte: Autoria própria

Pode-se notar pela Tabela 10 que os 3 projetos juntos custam um total de R\$ 606.000,00 e trazem um aumento médio mensal de lucro de R\$ 99.628,31 para a fábrica, propiciando um *payback* estimado de 7 meses.

Considerando que todos os projetos fossem iniciados ao começo do ano de 2020, tornou-se possível o ganho de lucratividade em 5 anos para a unidade, levando-

se em consideração os meses necessários para pagar o investimento realizado. A Tabela 11 mostra a estimativa para 5 anos decorridos dos 3 projetos.

Tabela 11 – Estimativa de aumento de lucratividade para 5 anos decorridos do início dos projetos

Ano	Aumento de lucratividade
2020	R\$589.539,72
2021	R\$1.195.539,72
2022	R\$1.195.539,72
2023	R\$1.195.539,72
2024	R\$1.195.539,72
Total	R\$5.371.698,60

Fonte: Autoria própria

A Tabela 11 mostra que em 2020 o aumento de lucratividade seria de R\$ 589.539,72, devido ao investimento inicial dos projetos, e para os anos seguintes seria de R\$ 1.195.539, 72, gerando um montante ao final de 5 anos de R\$ 5.371.698,50.

4.6 REUNIÃO DE APROVAÇÃO

Após todos os dados serem revisados, montou-se uma apresentação com os mesmos, em que o gerente passou os ganhos estimados para o diretor da unidade que está sendo estudada.

Como resultado, os projetos das 3 máquinas foram aprovados e serão realizados na fábrica. O investimento será realizado com o dinheiro do chamado CAPEX, que é o plano para melhoria de eficiência na fábrica.

Os projetos para troca do datador atual para um modelo a laser para a Máquina A será feito em julho de 2019 e da Máquina B no segundo semestre de 2019.

O projeto para instalação da mistura em linha na Máquina C será realizado em 2020 por ser um projeto mais caro e haver a necessidade de realização de outros projetos em outras máquinas.

5 CONCLUSÃO

Neste trabalho, aplicou-se o ciclo DMAIC para o aumento de eficiência de máquinas produtoras de iogurte, aplicando-se as ferramentas da qualidade para garantir a melhoria contínua com o projeto.

A metodologia DMAIC pôde ser perfeitamente aplicada para o estudo, garantindo a aprovação dos projetos elaborados, pois comprovou-se que os mesmos, se realizados, aumentarão a eficiência das máquinas analisadas. Durante o estudo, definiu-se qual era o escopo geral do projeto, assim como os responsáveis e suas metas, identificou-se quais eram os principais problemas de cada máquina e suas causas raízes e estimou-se os ganhos para cada projeto que foi elaborado, sendo apresentado e aprovado em reunião com a diretoria.

Quanto ao objetivo específico de avaliar a eficiência atual de preparação e envase das linhas produtoras de iogurte, coletou-se os dados do indicador *fill rate* das máquinas pertencentes à família iogurte Polpa ao longo dos meses do ano de 2018 foi de 69,4% em média. Avaliou-se também o Histograma e o Gráfico de Linha Ajustada para a família estudada e notou-se que houveram muitos cortes de produção durante o período estudado. Por fim, observou-se que a eficiência de produção ao longo de 2018 da Máquina B foi 55,4%, da Máquina C foi 53% e da Máquina A foi 62,4%.

Quanto ao objetivo específico de coletar dados que evidenciem quais são os problemas que afetam a produtividade das máquinas, mostrando a sua frequência, gravidade e importância dentro do escopo do projeto, utilizou-se Diagramas de Pareto que mostraram que as três máquinas estudadas ficaram paradas principalmente por problemas relacionados à demora das atividades de *set-up* ao longo de 2018. Através da utilização novamente de Diagramas de Pareto, escolheu-se a para estudo a parada de troca de data/lote, pois além do grande tempo de parada que ela causou, sabia-se que era possível acabar com as mesmas, nas Máquinas A e B, e CIP com soda e CIP de linhas/tanques na Máquina C.

Quanto ao objetivo específico de analisar e propor soluções, mostrando a estimativa de ganhos e possibilidade de implementação pela empresa, percebeu-se que o problema de longo tempo de paradas de troca de data/lote ocorreu devido à falta de conhecimento do problema, e assim, não houve iniciativa anterior para a troca do modelo dos mesmos. Para o longo tempo de CIP com soda e CIP de

linhas/tanques, aferiu-se que a Máquina C fazia a sua produção em batelada, fazendo com que o CIP de linha/tanques fosse mais demorado e o CIP com soda fosse feito com mais frequência que na Máquina A e na Máquina B. A solução proposta para o problema nas Máquinas A e B foi a troca do datador a carimbo por um a laser, o que traria um aumento de lucro mensal estimado em capacidade produtiva de R\$ 20.559,42 e *payback* de 7 meses para a primeira máquina e de R\$ 31.131,27 e *payback* de 5 meses para a segunda. A solução para o problema da Máquina C foi a instalação da linha contínua na preparação, o que traria um aumento de lucro mensal estimado em capacidade produtiva de R\$ 47.937,62 e *payback* de 8 meses. Em conjunto, os 3 projetos se iniciados no começo de 2020 trariam um aumento de lucratividade de R\$ 5.371.698,50 em 5 anos, ou seja, até o final do ano de 2024.

Os resultados do projeto foram satisfatórios, pois todos proporcionaram um aumento de eficiência das máquinas maior do que o pedido pela diretoria. Além disso, o estudo comprovou o retorno produtivo e financeiro que o mesmo traria, e assim, pode-se convencer a Alta Direção a aprová-los, tendo as suas execuções programadas para o segundo semestre de 2019 e primeiro semestre de 2020.

Para trabalhos futuros na indústria estudada, recomenda-se após a execução do projeto, colocar-se em prática a etapa Controlar do ciclo DMAIC. Deve-se monitorar o índice de eficiência, *fill rate*, cortes e recuperações de produção, além de observar a quantidade de horas paradas pelos problemas estudados. Novos estudos devem ser realizados para aumentar ainda mais a eficiência das linhas, podendo-se usar a metodologia DMAIC ou *Lean Manufacturing*, dependendo do escopo do projeto. A cultura da melhoria contínua deve se tornar cada vez mais presente dentro da fábrica, sendo incentivada pelos gestores, através de projetos Kaizen, 5s e PDCA para apoiá-la. Dessa forma, a fábrica se tornará mais segura, eficiente e confiável, gerando um aumento da sua lucratividade e da satisfação de seus clientes.

REFERÊNCIAS

ADAMI, G. **Indicadores de Eficiência de Produção**: uma análise na indústria petroquímica. 2015. 126f. Dissertação (Mestrado) – Universidade do Vale do Rio dos Sinos. São Leopoldo, 2015.

AGUIAR, S. **Integração das Ferramentas da Qualidade ao PDCA e ao Programa Seis Sigma**. Belo Horizonte: Editora de Desenvolvimento Gerencial, 2002.

ANDRIETTA, J. M.; MIGUEL, P.A.C. Aplicação do programa Seis Sigma no Brasil: resultados de um levantamento tipo survey exploratório-descritivo e perspectivas para pesquisas futuras. **Gestão e Produção**, v.14, n.2, maio-ago.2007. p. 203-219

ATTADIA, L. C. do L.; MARTINS, Roberto Antonio. Medição de desempenho como base para a evolução da melhoria contínua. **Revista Produção**, v. 13, n. 2, p. 33-41. 2002.

BERTERO, C. O.; KEINERT, T. M. M. A evolução da análise organizacional no Brasil (1961-93). **Revista de Administração de Empresas**, v. 34, n. 3, p. 81-90, 1994.

CAMPOS, V. F. **Gerenciamento da Rotina do Trabalho do Dia-Dia**.9.ed.Nova Lima: INDG Tecnologia e Serviços Ltda, 2004.

CARVALHO, M. M.; et al. **Gestão da qualidade**: teoria e casos. 6ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005.

CINTRA, A. L. V. **Utilização da Metodologia 8D para Resolução de Problemas**: estudo de caso de fornecedores de uma multinacional da linha branca. 2015. 78f. Dissertação (Graduação) – Universidade de São Paulo. São Carlos, 2015.

CLETO, M. G.; QUINTEIRO. L. Gestão de Projetos através do DMAIC: um estudo de caso na indústria automotiva. **Revista Produção Online**, v.11, n.1, p. 210-239, 2011.

COELHO, L. W. **A Gestão Logística com Indicadores de Desempenho:** proposição de melhorias em uma transportadora. 2017. 22f. Dissertação (Graduação) – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2017.

FONSECA, A. V. M.; MYAKE, D. I. Uma análise sobre o ciclo PDCA como um método para solução de problemas de qualidade. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 2006, Fortaleza. **Anais eletrônicos**. Fortaleza, 2006. Disponível em:
<http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2006_TR470319_8411.pdf>. Acesso em 20 mar. 2019.

IMAI, M. **Kaizen, A estratégia para o sucesso competitivo**. São Paulo: Editora Imam, 1994. 236p.

LARAIA, A. C. MOODY, P. E. HALL, Robert W. **KAIZEN BLITZ – Processo para Alcance da Melhoria Contínua nas Organizações**. Leopardo. São Paulo: 2009.

LIKER K.J., **O Modelo Toyota**. Porto Alegre: Ed. Bookman, 2004.

MACEDO, M. A. da S; STEFFANELLO, M; OLIVEIRA, C. A. de. Eficiência Combinada dos Fatores de Produção: aplicação de Análise Envoltória de Dados (DEA) à produção leiteira. **Custos e Agronegócio**, v. 3, n. 2, p. 59-86, 2007.

MELO, C. P.; CARAMORI, E. J. **PDCA Método de melhorias para empresas de manufatura – versão 2.0**. Belo Horizonte: Fundação de Desenvolvimento Gerencial, 2001.

MAGRI, J. M. **Aplicação do Método QFD no Setor de Serviços:** um estudo de caso em um restaurante. 2009. 31f. Dissertação (Graduação) – Universidade Federal de Juiz de Fora. Juiz de Fora, 2009.

OHNO, T. **Sistema Toyota de Produção – Além da Produção em Larga Escala**, Porto Alegre, Editora Bookman, 1997.

OSADA, T. **Housekeeping, 5S's: seiri, seiton, seiso, seiketsu, shitsuke**. São Paulo: Instituto IMAM, 1992.

PANDE, P. S.; NEUMAN, R. P.; CAVANAGH, R. R. **Estratégia Seis Sigma**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2010.

PLENTZ, M. **Estudo de Caso para Melhoria de Eficiência Produtiva de Linha de Produção em uma Indústria de Alimentos**. 2013. 76f. Dissertação (Graduação) – Centro Universitário Univates. Lajeado, 2013.

ROTONDARO, R. G. **Seis Sigma: Estratégia Gerencial para a Melhoria de Processos, Produtos e Serviços**. 1. Ed. São Paulo: Editora Atlas S.A. 2002.

SCATOLIN, A. C. **Aplicação da Metodologia Seis Sigma na Redução de Perdas de um Processo de Manufatura**. 2005. 137f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2005.

SHIBA, S.; GRAHAM, A.; WALDEN, D. **TQM: quatro revoluções na gestão da qualidade**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1997.

TÁVORA, K. F. D. **Aplicação da Metodologia Seis Sigma no Processo de Corte de uma Indústria Produtora de Capas para Bancos de Automóvel**. 2009. 69f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Economia do Porto. Porto, 2009.

WERKEMA, M. C. C. **Lean Seis Sigma: Introdução às ferramentas do Lean Manufacturing**. Belo Horizonte: Werkema Editora, 2006.

YAMADA, F. H. **Implantação da Metodologia Kaizen em uma Linha de Produção de uma Fábrica de Chocolates**. 2012. 122f. Dissertação (Graduação) – Universidade de São Paulo. São Paulo, 2009.