UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA

MÔNICA MONTEIRO GONDIM

AUMENTO DA CONFIABILIDADE E REDUÇÃO DO TEMPO DE PARADA DA MÁQUINA EMBALADORA DA LINHA DE PRODUÇÃO MIKADO 5

FORTALEZA
2016

MÔNICA MONTEIRO GONDIM

AUMENTO DA CONFIABILIDADE E REDUÇÃO DO TEMPO DE PARADA DA MÁQUINA EMBALADORA DA LINHA DE PRODUÇÃO MIKADO 5

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Mecânica do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Mecânica. Trabalho feito em parceria com a École des Arts et Métiers ParisTech.

Orientador: Prof. Dr. Baptiste Sandoz.

FORTALEZA

2016

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

G635a Gondim, Mônica Monteiro.
Aumento da confiabilidade e redução do tempo de parada da máquina embaladora da linha de produção Mikado 5 / Mônica Monteiro Gondim. – 2016.
55 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Curso de Engenharia Mecânica, Fortaleza, 2016.
Orientação: Prof. Dr. Baptiste Sandoz.

1. Embaladora. 2. Otimização. 3. DMAIC. 4. Manutenção. I. Título.

CDD 620.1

MÔNICA MONTEIRO GONDIM

AUMENTO DA CONFIABILIDADE E REDUÇÃO DO TEMPO DE PARADA DA MÁQUINA EMBALADORA DA LINHA DE PRODUÇÃO MIKADO 5

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Mecânica do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Mecânica. Trabalho feito em parceria com a École des Arts et Métiers ParisTech.

Aprovada em ___/___/_____.

BANCA EXAMINADORA

_____

Prof. Dr. Roberto de Araújo Bezerra
Universidade Federal do Ceará (UFC)

_____

Prof. Dr. Pierre Lamary
Universidade Federal do Ceará (UFC)

_____

Prof. Dr. Francisco Elicivaldo Lima
Universidade Federal do Ceará (UFC)

A Deus.

Aos meus pais, Valnice e Flávio.

Aos meus irmãos, Marcela e Flávio Jr.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer a todos que participaram de várias maneiras para o sucesso do trabalho durante esses 6 meses. Além disso, agradeço à recepção que recebi, tanto profissional quanto amigável na indústria LU de Cestas, a qual eu não esquecerei.

Obrigada Muriel Rorh, Diretora Europa, e Clement Himily, Gerente da Divisão 2, por me acolher no estágio.

Agradeço especialmente meu tutor Denis Rocher, gerente técnico do polo Mikado, pelo seu contínuo apoio aos meus projetos. Tanto sua disponibilidade para responder às minhas perguntas, como a confiança e responsabilidade a mim conferidas fizeram o meu curso ser mais gratificante e desafiador.

Um grande obrigado a Max Lansard, Eric Fresquet, Christopher Cremers e Alexander Charrieau que fizeram parte da equipe do projeto da embaladora M5 por seu envolvimento e suas explicações.

Agradeço ao meu tutor universitário Baptiste Sandoz, que não hesitou em dedicar seu tempo durante o meu estágio e pela excelente orientação.

Agradeço à CAPES, ao Programa Ciências sem Fronteiras e à Tito Lívio, coordenador de assuntos internacionais da UFC, pela oportunidade de intercâmbio. Sou grata ao Prof. Dr. Luiz Soares Júnior, coordenador do curso de Engenharia Mecânica, por todo o suporte dado mesmo à distância.

Aos professores participantes da banca examinadora Roberto Bezerra de Araújo, Pierre Lamary e Francisco Elicivaldo Lima pelo tempo, pelas valiosas colaborações e sugestões.

Finalmente, agradeço a todos os outros serviços da fábrica (RH, qualidade, melhoria contínua, desenvolvimento de negócios, *etc.*) por me deixar partilhar as suas vidas diárias e por sua ajuda em minhas diferentes missões. Eles me permitiram descobrir o funcionamento de uma fábrica desse porte nas melhores condições possíveis.

RESUMO

Combinando o conhecimento de fabricação de biscoitos e chocolates, a indústria LU (Lefrève-Utile) de Cestas, pertencente ao grupo: Mondelēz International, fabrica produtos conhecidos mundialmente (como: Mikado, Petit-écolier, Granola, *etc*). A fim de melhorar o desempenho geral da linha de produção Mikado 5 (M5), este projeto buscou o aumento da confiabilidade e a redução do tempo de parada da máquina embaladora M5, já que esta é a máquina que tem maior impacto sobre o desempenho da linha (perda de 105k€/ano). A metodologia do ciclo DMAIC (Definir, Mensurar, Analisar, Inovar, Controlar) foi selecionada para realizar o projeto da máquina embaladora M5. As missões no âmbito deste projeto foram:

- Ser a líder de uma equipe de sete pessoas de diferentes hierarquias
- Assegurar a boa aplicação da metodologia DMAIC
- Reduzir a variabilidade do desempenho da embaladora M5
- Analisar os diversos pontos críticos no processo de fabricação
- Reduzir o tempo de parada da linha devido à embaladora (para obter um ganho de 40k€/ano)
- Manter os ganhos obtidos.

As ações de melhoria para erradicar as causas raiz otimizaram de modo consequente o funcionamento da máquina. Assim, além de todos os objetivos propostos terem sido atingidos, um melhor desempenho na linha de produção Mikado 5 e um ganho de 55k€/ano foram alcançados através deste projeto.

Palavras-chave: Embaladora. Otimização. DMAIC. Manutenção.

RÉSUMÉ

Dans le cadre de mon projet de fin d'études, j'ai intégré le service de production de l'usine LU de Cestas, appartenant au groupe Mondelēz International. Alliant les savoir-faire biscuitier et chocolatier, l'usine fabrique des produits mondialement connus (Mikado, Petit-écolier, Granola…). Dans le but d'améliorer la performance globale de la ligne de production Mikado 5 (M5), mon projet vise la fiabilisation et la réduction du temps d'arrêt de l'étuyeuse M5, car c'est la machine qui a le plus d'impacts sur le rendement de la ligne (perte de 105k€/an). La méthodologie du cycle DMAIC (Définir, Mesurer, Analyser, Innover/améliorer, Contrôler) a été retenue pour mener à bien le projet Etuyeuse M5. Mes missions dans le cadre de ce projet ont consisté à :

- être leader d'une équipe de sept personnes de différentes hiérarchies
- garantir le bon déroulement de la démarche DMAIC
- réduire la variabilité de la performance de l'étuyeuse M5
- analyser les différents points critiques du processus de fabrication
- réduire le temps d'arrêt de la ligne dû à l'étuyeuse (pour un gain de 40k€/an)
- pérenniser les gains obtenus.

Les actions d'amélioration des causes racines que j'ai mises en œuvre ont optimisé de manière conséquente le fonctionnement de la machine. Ainsi, tous les objectifs proposés ont été atteints, une meilleure performance sur la ligne Mikado 5 et un gain de 55k€/an ont été réalisés grâce à ce projet.

Mots clés : Étuyeuse. Optimisation. DMAIC. Manutention.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Embaladora M5 (vista frontal) 14
Figura 2 – Repartição do volume de negócios da Mondelēz International em todo o mundo em 2014 15
Figura 3 – Marcas do Grupo 15
Figura 4 – Vendas por categoria (Repartição do volume de negócios global em 2014) 15
Figura 5 – Biscoito LU 16
Figura 6 – Indústrias LU na França 16
Figura 7 – Marcas mais conhecidas produzidas em Cestas 17
Figura 8 – Mikado Standard 17
Figura 9 – Mikado King 17
Figura 10 – Processo de fabricação do Mikado 18
Figura 11 – Metodologia DMAIC 19
Figura 12 – Diagrama Pareto do tempo de parada das máquinas da linha M5 de janeiro a junho 2015 20
Figura 13 – Programação do Projeto 21
Figura 14 – Organograma da equipe do projeto 21
Figura 15 – Histórico de parada semanal da embaladora M5 (antes do projeto) 22
Figura 16 – Análise da Capabilidade do Processo 25
Figura 17 – Mapeamento do funcionamento da embaladora M5 26
Figura 18 – Repartição da tipologia de parada (tempo de paragem de janeiro a junho 2015) 27
Figura 19 – Diagrama de Pareto de microparada e de regulagem / limpeza 28
Figura 20 – Tipologia de entupimento a partir dos dados do arquivo Rouge/Vert) 28
Figura 21 – Pareto tipologia de entupimento a partir da folha de registro de parada 29
Figura 22 – Exemplo carta de perda (semana 34) 30
Figura 23 – Diagrama de peixe para entupimento na entrada de caixas empilhadas 31
Figura 24 – Árvore de causa raiz para entupimento na entrada de caixas empilhadas 32
Figura 25 – Padrão de inclinação das caixas empilhadas 35
Figura 26 – Otimização do guia de subida das caixas empilhadas 35
Figura 27 – Módulo de controle de material 36
Figura 28 – Substituição dos manômetros 36
Figura 29 – Remoção dos invólucros de proteção 37
Figura 30 – Resultado em ganho de GE do projeto 38

Figura 31 – Análise de capabilidade antes/depois das melhorias 39
Figura 32 – Carta por individuo da redução da variabilidade e da média diária do % de perda GE 40
Figura 33 – Exemplo de preenchimento da folha de monitoramento (em vermelho os casos de deriva) 41
Figura 34 – Exemplo de OPL 41
Figura 35 – Esquema: Ponto de risco identificado - ação de controle 44
Figura 36 – Gráfico comparativo de rendimento entre as embaladoras da marca CAMA presentes na empresa 45
Figura 37 – Comparação da influência de diversos fatores (formato, sabor, equipe) na performance da embaladora 48
Figura 38 – Exemplo de diferença de elasticidade entre 2 pilhas de 50 caixas 49
Figura 39 – Pilha de 50 caixas com um equilíbrio de má qualidade 49
Figura 40 – Análise de 6M e 5P para entupimento durante a introdução 50
Figura 41 – Análise de 6M e 5P para entupimento na saída da máquina 51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Voz do Cliente do Projeto 23
Tabela 2 – Diagrama SIPOC 24
Tabela 3 – Tabela de Prioridades (entupimento na saída) 33
Tabela 4 – Tabela Defeito - Causa - Remédio 43
Tabela 5 – Plano de ação com acompanhamento PDCA 53
Tabela 6 – Tabela de valores padrões para a programação do console da embaladora 55

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
LU	Lefrève-Utile
M5	Linha da Produção Mikado 5
DMAIC	Metodologia empregada (fases: Definir, Mensurar, Analisar, Inovar, Controlar)
Glico	Ezaki Glico Company
GE	Global Efficiency
VOC	Voice Of Cliente (Voz do Cliente)
CTQ	Critical To Quality (Crítica Para a Qualidade)
SIPOC	Supplier, Input, Process, Output, Customer
OPL	One Point Lesson
CIL	Grade de auditoria da máquina
PDCA	Plan, Do, Check, Act

LISTA DE SÍMBOLOS

€	Euro
k€	Mil Euros
b€	Bilhões de Euros
%	Porcentagem

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 14
2 AMBIENTAÇÃO DA EMPRESA 15
2.1 Mondelēz International: um líder global e uma estratégia clara 15
2.2 LU 16
2.3 A indústria de Cestas 17
2.4 Processo de Fabricação de Mikado 17
3 REDUÇÃO DO TEMPO INATIVIDADE E AUMENTO DA CONFIABILIDADE 19
3.1 Metodologia de trabalho empregada 19
3.2 Fase: Definir 19
3.3 Fase: Mensurar 26
3.4 Fase: Analisar 30
3.5 Fase: Inovar / Melhorar 34
3.6 Fase: Controlar 38
4 CONCLUSÃO 46
REFERÊNCIAS 47
ANEXO A – INFLUÊNCIA DOS FATORES DE PRODUÇÃO SOBRE O GE 48
ANEXO B – ANÁLISE DA QUALIDADE DAS CAIXAS (ELASTICIDADE E EQUILÍBRIO) 49
ANEXO C – ANÁLISE DE 6M E 5P PARA AS PRINCIPAIS CAUSAS DE PARAGEM 50
ANEXO D: DIRETRIZES PARA A PRIORIZAÇÃO CAUSAS RAIZ 52
ANEXO E: PLANO DE AÇÃO COM ACOMPANHAMENTO PDCA 53
ANEXO F: VALOR PADRÃO NA CONFIGURAÇÃO DA EMBALADORA 55

1 INTRODUÇÃO

Agronegócio Francês é o 1º setor industrial nacional, com um volume de negócios de 147 b€. A França é o 4º maior país exportador mundial de produtos do gênero alimentício. A indústria LU de Cestas é uma das maiores fábricas Mondelēz na França. O grupo Lefrève-Utile (LU) é conhecido pela maioria dos franceses e opera em um mercado muito dinâmico.

Esta fábrica produz biscoitos mundialmente conhecidos, dentre eles está o Mikado. A linha de produção Mikado 5, trabalha com 2 tamanhos: Standard e King. Havendo 2 sabores para o Standard: chocolate preto e ao leite. E 3 sabores para o King: chocolate preto, praliné e caramelo. Como parte de melhorar o desempenho global da linha de produção M5, este projeto objetivou aumentar a confiabilidade e reduzir o tempo de parada da embaladora M5.

A embaladora M5 (ver Figura 1) é a máquina responsável pelo empacotamento dos biscoitos Mikado da linha M5. Os pacotes têm as mesmas dimensões para todos os formatos e sabores. Assim, a embaladora M5 não muda de formato quando há uma mudança de comanda. A única alteração feita na máquina é a substituição das caixas de papelão na entrada.

Figura 1 Embaladora M5 (vista frontal)

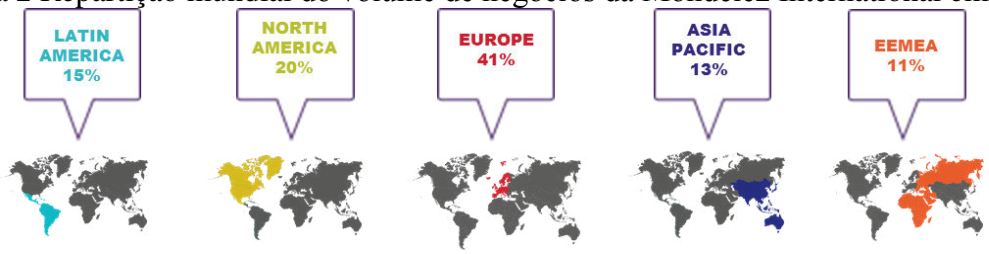
Este relatório, primeiro descreve o ambiente de trabalho, começando com a apresentação do grupo Mondelēz até a linha de produção M5. Então, é apresentada a missão deste projeto, seguida pelas cinco etapas principais na metodologia DMAIC empregada, descrevendo as ferramentas e as ações desenvolvidas ao longo do projeto. Finalmente os resultados serão apresentados e algumas pistas de melhoria serão descritas.

2 AMBIENTAÇÃO DA EMPRESA

2.1 Mondelēz International: um líder global e uma estratégia clara

Mondelēz International, resultante da divisão da Kraft Foods em duas entidades, em outubro de 2012, é uma empresa líder global de mercado em biscoitos e chocolate. Sua fama está ancorada em 5 continentes, como mostra a distribuição de receitas abaixo (figura 2):

Figura 2 Repartição mundial do volume de negócios da Mondelēz International em 2014



Dentre as diversas marcas da empresa, 40 têm mais de 100 anos de existência e 11 realizam um volume de negócios de mais de um bilhão de dólares:

- LU
- Toblerone
- Milka
- OREO

Figura 3 Marcas do Grupo

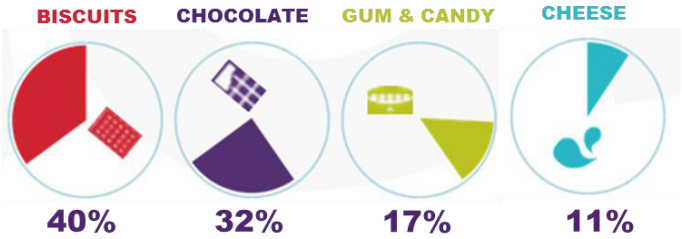
Seu portfólio de marcas é apresentado na Figura 3 ao lado:

Com um histórico de grandes marcas, Mondelēz Intenational aspira ser o criador de "deliciosos momentos de alegria, enquanto aumenta seu engajamento responsável".

Os funcionários desta empresa, incluindo aqueles que trabalham na sede localizada em Zurique são cerca de 110 000 em mais de 165 países. O volume de negócios a nível mundial ascende a 36 b€, nos quais 41% são produzidos na Europa.

Mondelēz International Europa consiste em 14 marcas europeias e é um líder de mercado nas categorias de biscoitos, chocolate, chicletes & doces e queijo. Como mostra a repartição de volume de negócios na figura 4 a seguir:

Figura 4 Vendas por categoria (Repartição do volume de negócios global em 2014)



A Mondelēz International Francesa representa 30% do volume de negócios Mondelēz International Europa. Na Europa, o grupo é o número 1 em biscoitos e chicletes e número 2 em chocolate e produtos de confeitaria. A compra do Grupo LU e a construção do novo Centro de Pesquisa e Desenvolvimento demonstra a ambição do grupo Mondelēz para se tornar o número 1 na indústria de chocolate e produtos de confeitaria.

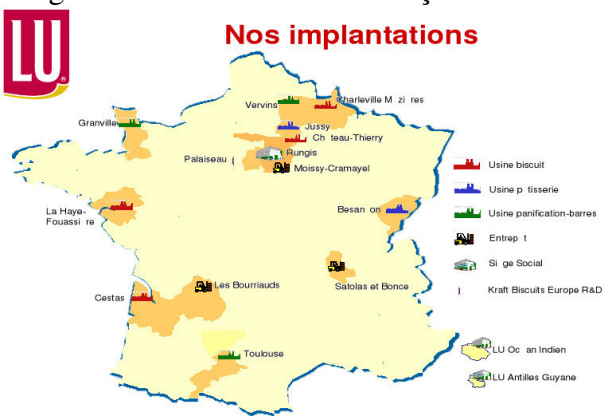
2.2 Lefrève-Utile

Figura 5 Biscoito LU

A história da marca LU começa em Nantes em 1846, quando Jean-Romain Lefèvre e sua esposa, Pauline-Isabelle Utile, criaram a "Fábrica de Biscoitos de Reims e doces secos." Suas iniciais Lefèvre-Utile deram o nome à marca LU. Em seguida, seu filho assumiu expandindo a produção e a variedade: em 1882, surgiu o famoso Petit Beurre (figura 5 ao lado).

A marca pertenceu sucessivamente aos grupos Danone e Kraft Foods antes de se tornar uma das principais marcas da Mondelēz International em 2013. Na França, LU opera em 9 locais de produção, 3 armazéns e sua sede está localizada em Rungis (figura 6 abaixo).

Figura 6 Indústrias LU na França



Líder francês e europeu no mercado de biscoitos, LU alcança um volume de negócios de mais de 1,6 b€. Seus produtos são vendidos em 65 países e a exportação é responsável por 1/3 da produção. A marca está presente em 5 principais mercados:

- Biscoitos de cereal: Mikado, Petit écolier, Granola, Prince, *etc.*
- Barras de cereais: Grany, *etc.*
- Bolachas e torradas: Heudebert, *etc.*
- Salgados e salgadinhos: Tuc, *etc.*
- Bolinhos: Ourson, Napolitan, *etc.*

2.3 A indústria de Cestas

Fundada em 1974, a planta em Cestas é considerada uma das mais importantes da Mondelēz International na França. Ela produz 44.000 toneladas de biscoitos a cada ano através de seus 500 funcionários trabalhando em 3 turnos de 8h (3x8) e 7 dias por 7. 44% da produção é agora exportada para a Europa e os Estados Unidos.

Com uma dupla especialização, combinando produção de biscoito e chocolate, a planta fabrica produtos globalmente conhecidos, citados na figura 7 abaixo, incluindo:

Figura 7 Marcas mais conhecidas produzidas em Cestas

A planta Cestas consiste hoje em 13 linhas de produção, as quais 5 são linhas de produção de Mikado. Em termos de unidades produzidas, o Mikado é o maior polo da planta.

2.4 Processo de Fabricação de Mikado

O Mikado foi criado por Ezaki Glico Company em 1965. Este biscoito e sua técnica de revestimento são patenteados. Foi em 1982 que Mikado se tornou um produto licenciado lançado na França através de uma joint-venture entre a General Biscuit Glico France S.A. e LU.

Glico atribuiu seus direitos à LU para esta ser capaz de fabricar e distribuir o biscoito na Europa, mas ainda tem poder de decisão sobre o desenvolvimento do produto.

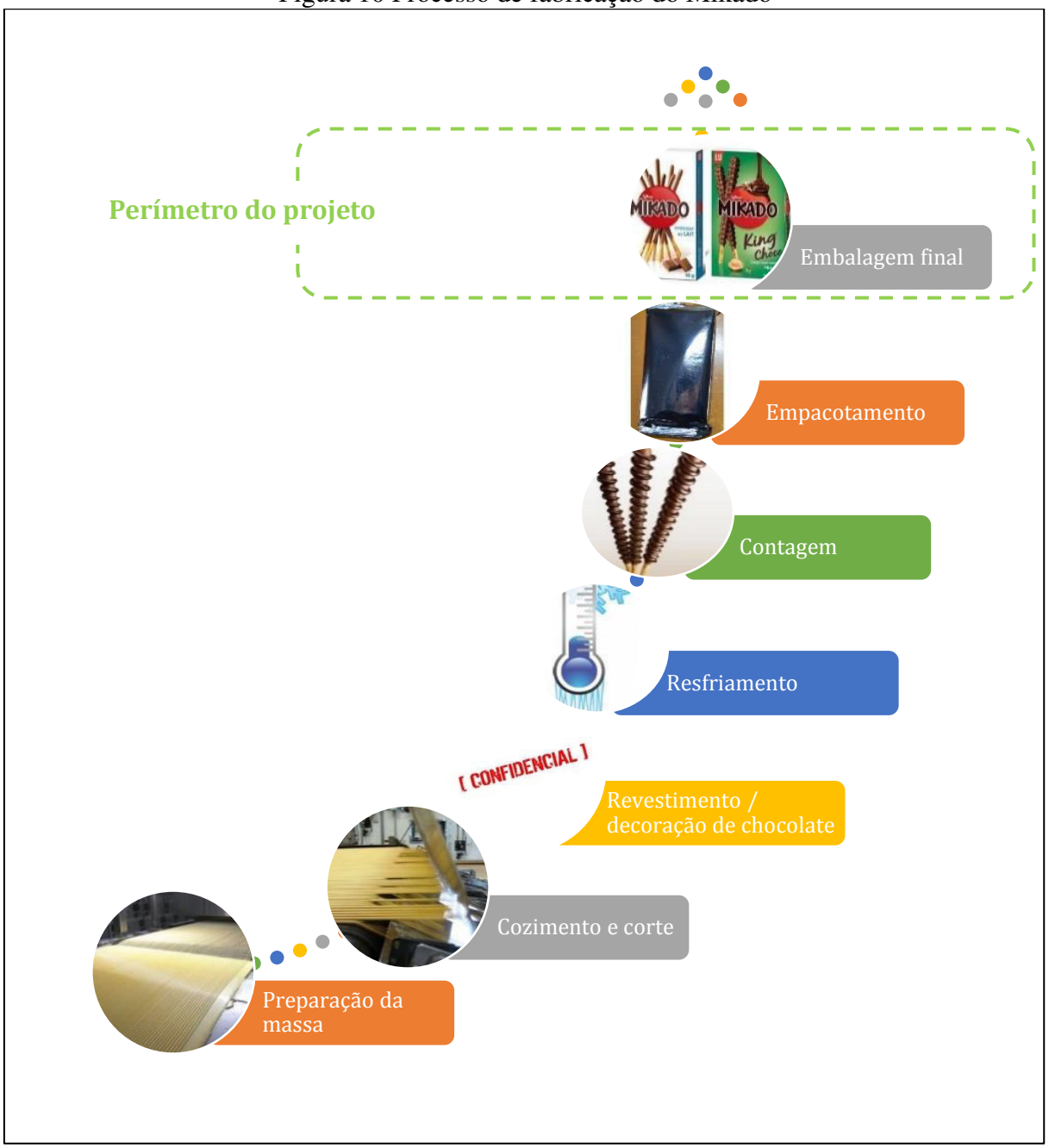
O polo Mikado é composto por 5 linhas de produção, fornecidos por dois fornos e terminando com três linhas de embalagem. As linhas 1 e 2 têm uma oficina de embalagem comum, assim como as linhas 3 e 4. A linha 5 é independente, por ser a mais recente e ter uma tecnologia diferenciada, com a produção do Mikado no formato Standard e King (fig. 8 e 9).

Figura 8 Mikado Standard

Figura 9 Mikado King

Para entender as missões e, em especial, o âmbito deste trabalho, é importante conhecer as diferentes fases de fabricação de um Mikado: da preparação da massa ao fechamento da embalagem final. Sendo esta última etapa, a que sofreu intervenção neste trabalho. Estes passos são apresentados na figura 10 a seguir:

Figura 10 Processo de fabricação do Mikado

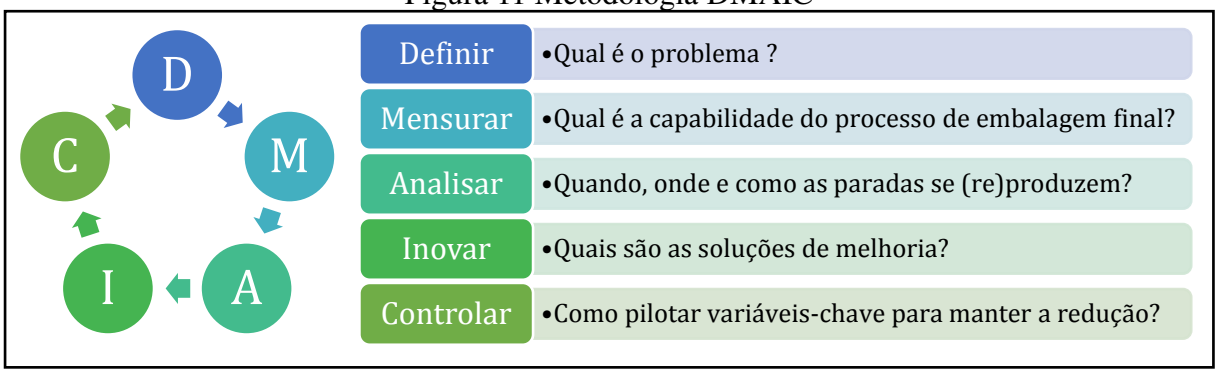


3 REDUÇÃO DO TEMPO INATIVIDADE E AUMENTO DA CONFIABILIDADE

3.1 Metodologia de trabalho empregada

A metodologia do ciclo DMAIC foi selecionada para realizar o projeto da máquina embaladora M5, pois é um dos métodos padrão em projetos de melhoria contínua e já é utilizado na empresa. Este inclui cinco fases distintas, descritas na figura 11 abaixo:

Figura 11 Metodologia DMAIC



A implementação da abordagem DMAIC tem os objetivos:

- Redução da variabilidade temporal e das paradas
- Sustentabilidade das melhorias implementadas.

De acordo com o DMAIC, várias ferramentas de qualidade foram implementadas: os 5 porquês; o SIPOC (**S**upplier, **I**nput, **P**rocess, **O**utput, **C**ustomer) e os diagramas de Pareto e Espinha de Peixe. Foram utilizadas essas ferramentas ao longo do projeto para entender melhor o problema e, assim, corrigir as causas.

3.2 Fase: Definir

3.2.1 Introdução

Esta primeira etapa descreve o contexto geral do projeto, os problemas a serem resolvidos, a meta esperada pela direção (ganho financeiro), o planejamento do tempo e dos recursos. A equipe foi criada para envolver diversos níveis hierárquicos, a fim de diversificar os recursos e as competências para o projeto.

As ferramentas que foram usadas para melhor descrever o processo foram:

- VOC (**V**oice **o**f **C**lient – Voz do Cliente)
- CTQ (**C**ritical **t**o **Q**uality – Crítica para a Qualidade)
- SIPOC (**S**upplier **I**nput **P**rocess **O**utput **C**ustomer).

Por fim, a análise de capacidade irá caracterizar a perda GE (**G**lobal **E**fficiency – Eficiência Global) ao longo de um prazo determinado.

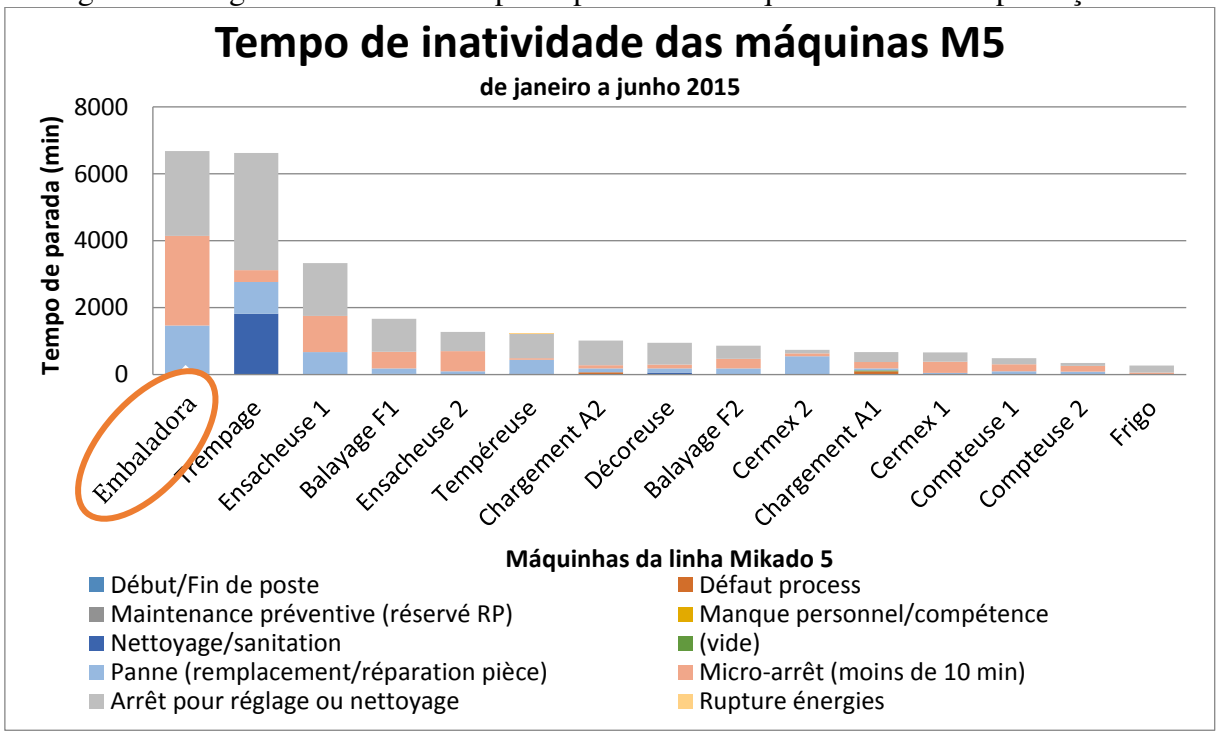
GE é o retorno percentual da linha. 100% do GE corresponde a nenhuma perda (nenhum desperdício e nenhum tempo de parada da linha). O tempo de inatividade da embaladora implica em uma perda de rendimento (perda GE) e, assim, uma perda financeira.

3.2.2 Contexto do projeto e business case

Como parte da melhoria do desempenho global da Linha Mikado 5 (M5), para todos os formatos e sabores, deseja-se que a embaladora M5 tenha um desempenho confiável.

No histograma de paradas (figura 12 abaixo), o tempo de inatividade na embaladora corresponde à 16% do tempo de inatividade total da linha. A embaladora é, por conseguinte, a máquina de maior impacto sobre o rendimento da linha: perda de 3,5% de GE (105 k€/ano). O que justifica a escolha de lançar um projeto DMAIC nesta máquina.

Figura 12 Diagrama Pareto do tempo de parada das máquinas da linha de produção M5



3.2.3 Objetivos

Como parte do processo do business case, a primeira meta estabelecida foi a redução do percentual do impacto da GE sobre o tempo de inatividade da embaladora de 3,5%

para 2,2% de perda GE. Esta redução representa um ganho financeiro de 40k€/ano. Para fazer isso, procura-se:

- Padronizar o fluxo na embaladora
- Melhorar a confiabilidade a fim de reduzir o tempo de inatividade a longo prazo.

A meta de 2,2% de perda GE representa um máximo de 10 minutos de tempo de inatividade por equipe (cada equipe trabalha 8h por dia). O que mostrou-se ser um bom resultado em comparação com as outras embaladoras da marca CAMA na fábrica.

3.2.4 Programação e composição da equipe de projeto

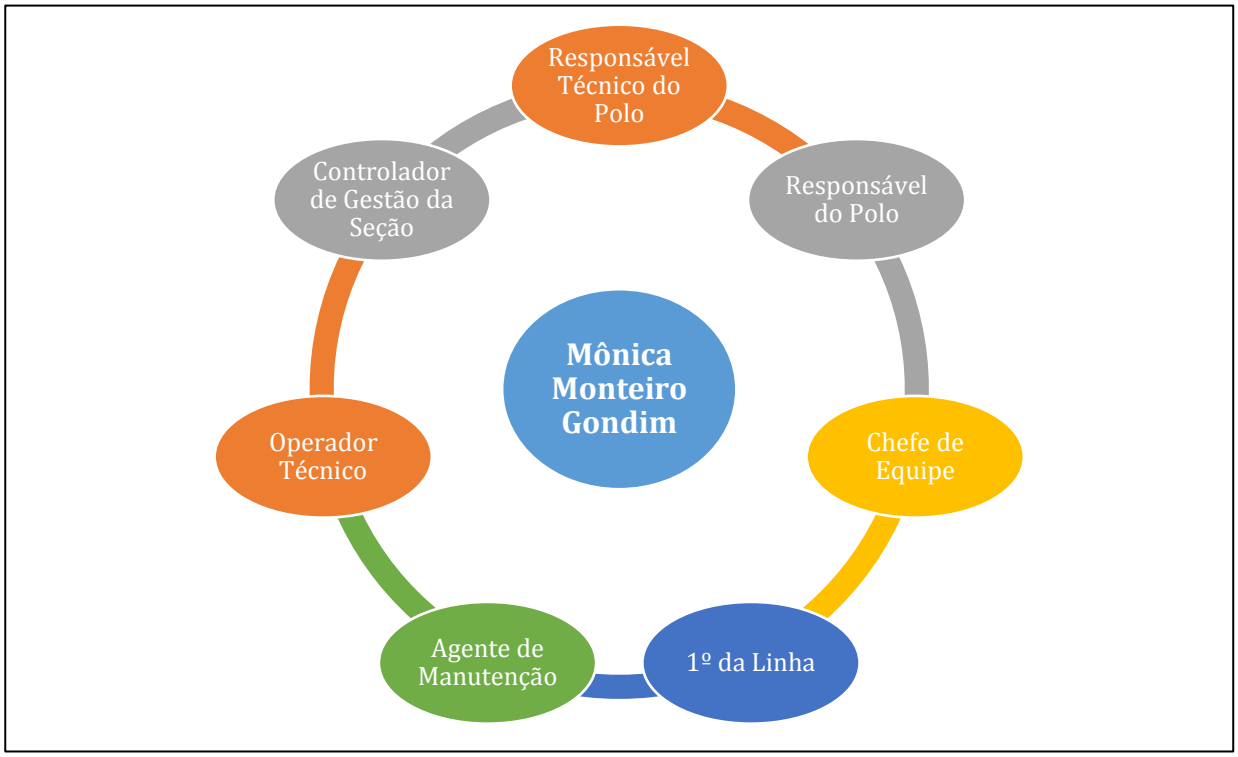
As várias fases do planejamento do projeto foram definidas, desde o início, de acordo com o cronograma (figura 13) abaixo:

Figura 13 Programação do Projeto

Julho				Agosto				Setembro					Outubro				Novembro				Dezembro		
S28	*S29*	*S30*	*S31*	*S32*	*S33*	*S34*	*S35*	*S36*	*S37*	*S38*	*S39*	*S40*	*S41*	*S42*	*S43*	*S44*	*S45*	*S46*	*S47*	*S48*	*S49*	*S50*	*S51*
Definir																							
			Mensurar																				
					Analisar																		
									Inovar / Melhorar														
																			Controlar				

O sucesso depende da cooperação de uma equipe multidisciplinar (figura 14):

Figura 14 Organograma da equipe do projeto



- Um chefe de equipe que fornece a ligação com os operadores para garantir a implantação adequada de diferentes práticas e mudanças nos métodos fornecidos pelo projeto
- O gerente técnico do polo Mikado que é o patrocinador do projeto
- O responsável do polo e o controlador da seção que garantem a boa evolução da metodologia DMAIC
- A líder do projeto

A cada duas semanas a equipe se reuniu para avaliar, organizar e garantir a boa execução das ações adequadas a serem realizadas a cada etapa da metodologia DMAIC. Em paralelo, uma reunião semanal era organizada com o orientador de estágio.

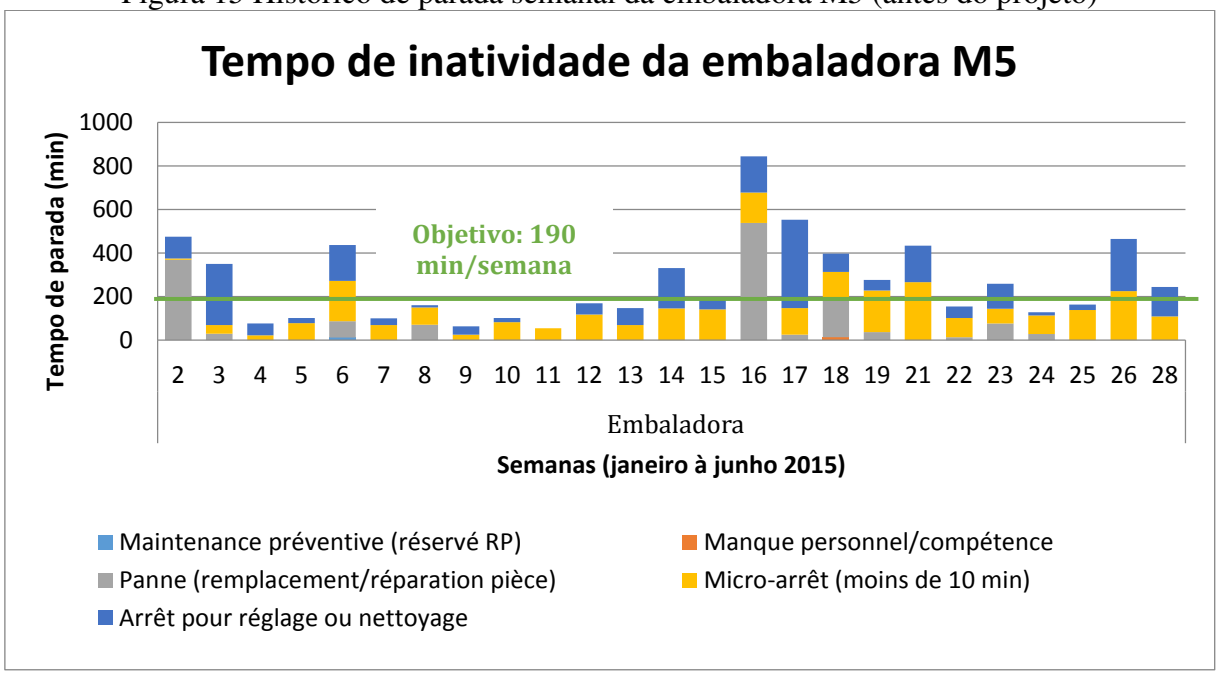
3.2.5 Mapeamento do Processo

Para melhor identificar e descrever os problemas a serem resolvidos, foi necessário criar uma visão geral que tenta descrever:

- O tempo de inatividade antes do projeto em relação ao objetivo definido
- As características críticas para a qualidade
- A voz do cliente e indicadores-chave do projeto

Esta abordagem permite compreender melhor o processo, identificando seus problemas inerentes. A figura 15 abaixo mostra o tempo de parada semanal da embaladora M5 antes do projeto (entre janeiro e junho de 2015).

Figura 15 Histórico de parada semanal da embaladora M5 (antes do projeto)



Nota-se a grande variabilidade de resultados entre janeiro e junho de 2015, em comparação com a meta estabelecida para o projeto (tempo de parada de 10 minutos/equipe ou 190 minutos/semana). A máquina não tem um resultado confiável no tempo e este é frequentemente superior ao objetivo. Isto tem um impacto direto sobre os negócios da fábrica.

3.2.6 Voz do Cliente(VOC) e Características Críticas para Qualidade (CTQ)

Voz do Cliente (Voice Of Cliente - VOC) é uma ferramenta que visa materializar as necessidades da administração e dos operadores como prioridades do projeto.

Tabela 1 Voz do Cliente do Projeto

Cliente	Voz do Cliente	Necessidade do cliente
Diretora da fábrica	Mais produtividade	Redução das perdas ocasionadas pela inatividade da embaladora M5
Operador	Menos paradas	Redução das microparadas, principalmente os bloqueios de material

Crítica para a Qualidade (**C**ritical **t**o **Q**uality – CTQ) combina os atributos do processo, descritos em detalhe para alcançar a satisfação do cliente. Para isso, foram identificadas e respondidas quatro questões-chave:

- **O que o cliente quer?**

Atingir a meta de redução de perda de GE de 3,5% para 2,2%, reduzindo o tempo de inatividade da embaladora. (Ganho de 1,3% de GE = 40 k€/ano)

- **Como medir?**

A partir do arquivo de base de dados (BDD) da linha M5, do arquivo Rouge/Vert e do relatório de acompanhamento em relação ao final de cada turno.

O arquivo Rouge/Vert é um relatório do funcionamento e da produção da linha por equipe. Ele é um relatório de rendimento GE, preenchido com o número de caixas produzidas por hora, a taxa de resíduos e o tempo de parada da linha de produção.

- **Qual é tolerância?**

É entre 0 e 10 minutos de parada da embaladora M5 por equipe.

- **O que é uma microparada, regulagem / limpeza e avaria?**

Microparada: parada da máquina que dura menos de 10 minutos

Regulagem / limpeza: parada da máquina por mais de 10 minutos, mas sem mudança de peças

Avaria: parada da máquina por mais de 10 minutos com mudança de peças.

3.2.7 Perímetro do projeto

Foram analisados diversos parâmetros de comparação do tempo de inatividade da embaladora M5 (Anexo A: Influência dos fatores de produção sobre o GE, página 48):

- Formato do biscoito: Standard ou King
- Sabor: chocolate preto e ao leite (standard) e preto, praliné e caramelo (King)
- Equipe: manhã, tarde, noite, fim de semana

Não foram encontradas diferenças significativas em relação aos parâmetros citados. Desse modo, este projeto irá ser aplicado a todos os formatos, sabores e equipes.

3.2.8 SIPOC

O SIPOC é uma ferramenta usada para descrever e mapear com simplicidade o processo de embalagem do produto. Ele ajuda a definir e criar uma imagem global do processo a partir do fornecedor (**S**upplier), até as saídas (**O**utput) e os clientes (**C**ustomer), por meio de todas as atividades intermediárias: entradas (**I**nput) e processos (**P**rocess).

O SIPOC inicia na entrada das embalagens individuais vedadas até embalagem final. Abaixo, na tabela 2, está o SIPOC do projeto:

Tabela 2 Diagrama SIPOC

Supplier	**I**mputs	**P**rocess	**O**utput	**C**ustomer
Ilhotas 1 e 2	Embalagem individual	Entrada na embaladora	Embalagens seladas na embaladora	Célula de detecção das embalagens
Célula de detecção das embalagens	Embalagem individual selada	Detecção da presença de embalagens duplas	Ausência de sinal para os pistões e para as ventosas	Bandeja de ejeção
		Detecção da presença de embalagens simples	Sinal para os pistões e para as ventosas	Pistões e ventosas
Ventosas	Caixas empilhadas	Desempilhamento das caixas	Caixas abertas e vazias	Tapete de transporte principal
Pistões	Embalagem individual	Introdução da embalagem na caixa	Embalagem dentro da caixa aberta	Tapete de transporte principal
Tapete de transporte principal	Embalagem selada dentro da caixa aberta	Fechamento e colagem da caixa	Caixa fechada	Célula de detecção de caixa mal fechada
Célula de detecção de caixa mal fechada	Caixa fechada	Detecção de caixa mal fechada	Caixa mal fechada	Bandeja de ejeção
		Detecção de caixa bem fechada	Caixa bem fechada	Balança

3.2.9 Capabilidade do Processo

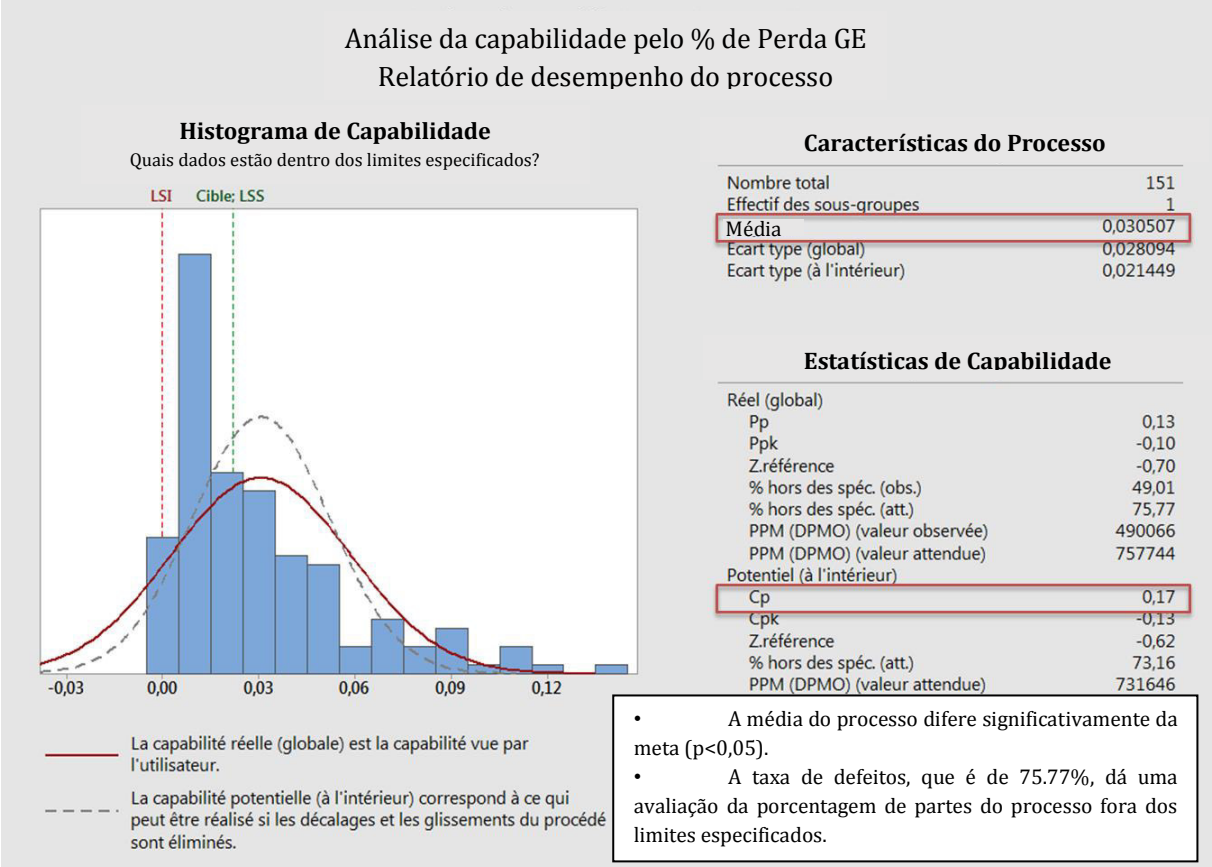
A capabilidade é a medida da capacidade do processo, isto é, a medição da relação entre o desempenho necessário e o real do processo. Utilizou-se essa análise para:

- Comparar os resultados antes e depois do projeto
- Medir as melhorias do projeto em relação ao tempo de parada da máquina.

$$Capabilidade = \frac{Voz\ do\ Cliente}{Voz\ do\ Processo}$$

Utilizando o software Minitab, a capabilidade foi estudada em relação à meta de 2,2% de perda GE definida pelo projeto. O resultado é a figura 16 a seguir:

Figura 16 Análise da Capabilidade do Processo



O estudo de capabilidade foi conduzido em relação aos valores médios de perda GE de janeiro a agosto de 2015 (semanas 02 à 35 - última semana antes do início das melhorias do projeto). A análise mostra que 75,8% dos resultados estão fora dos limites especificados como inferiores e superiores de perda de GE (0% e 2,2%, respectivamente).

Como conclusão, pode-se dizer que o processo não é capaz (Cp < 1,00) devido à grande variabilidade e à eficiência insatisfatória. O objetivo será de reduzir o tempo de inatividade e a variabilidade do processo.

3.3 Fase: Mensurar

3.3.1 Introdução

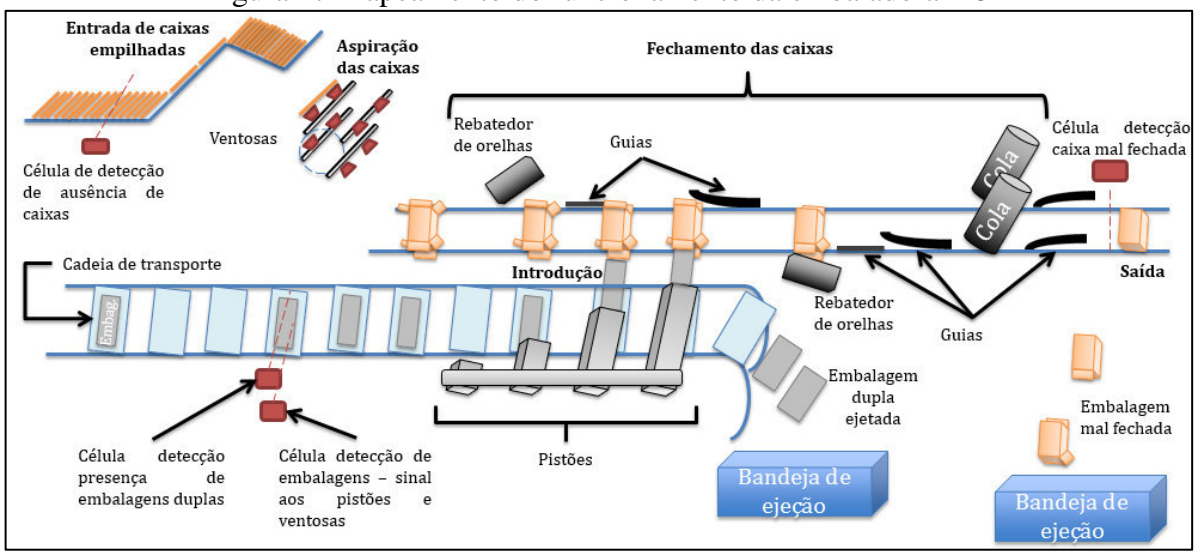
Esta etapa serve para a coleta de dados representativos e a identificação das áreas de melhoria a fim de compreender os processos que estão sendo analisados para otimizá-los.

Para compreender as causas da paralisação na embaladora, foi detalhado o princípio de funcionamento da máquina e construído o plano de medição. Com isso, determinaram-se os tipos de paradas mais frequentes e as principais zonas geradoras.

3.3.2 Princípio de funcionamento

Uma das ferramentas mais importantes é o princípio de funcionamento. O qual permite a compreensão de cada zona da máquina embaladora e a análise dos elementos que podem afetar cada tipo de parada. O diagrama, representado pela figura 17 abaixo, foi construído para a melhor compreensão do funcionamento da máquina:

Figura 17 Mapeamento do funcionamento da embaladora M5



Pode-se dividir a embaladora em cinco áreas diferentes:

- Entrada de caixas empilhadas: enfileiramento das caixas pelo operador;
- Bloco de ventosas: abertura e desdobramento da caixa pela ventosa;
- Introdução: processo de introdução da embalagem individual na caixa;
- Colagem das caixas: fechamento das caixas;
- Saída: área da saída da embaladora até a balança.

3.3.3 Plano de Mensuração

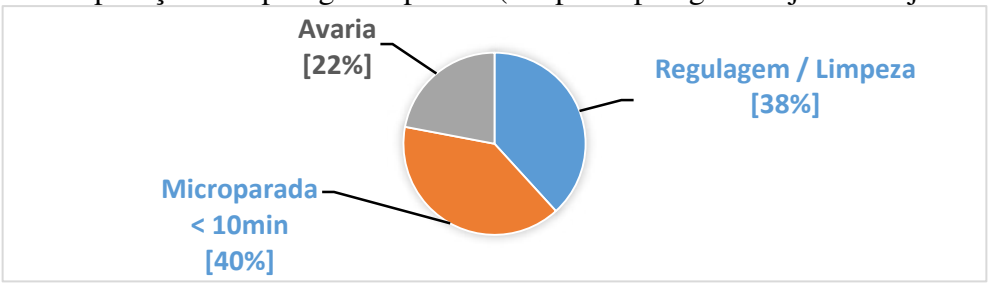
Para direcionar as áreas de causa de inatividade e as áreas de maior impacto, foi previsto um plano de mensuração para a fase Mensurar de acordo com os seguintes itens:

- **Criação de um monitoramento de parada**: a folha de registro de parada na qual os maquinistas marcam um traço em cada parada da máquina (esta coleta de dados irá identificar os tipos de paradas e suas frequências). Esta ação inclui os passos seguintes:
  - Implementação de folha de registro de parada e monitoramento de intervenções
  - Formação dos maquinistas e técnicos
  - Envolvimento do chefe de equipe e do primeiro de linha no circuito
  - Relatório de perdas (tempo de paragem) por semana
- **Estratificação / Segmentação**: estudos estatísticos do banco de dados entre Janeiro e Julho de 2015 (o tipo e a causa de parada e a localização na máquina), análise qualitativa e quantitativa de cada zona de parada (diagrama de Pareto e de série cronológica)
  - Ex.: A causa mais comum de micro parada = entupimento. Que tipo de entupimento?
- **Análise do banco de dados da embaladora**: conhecer a frequência de cada defeito (menos defeitos = menos paradas).

3.3.4 Principais causas

A partir da análise estatística do banco de dados (BDD) e do arquivo de Rouge/Vert de janeiro a junho de 2015, a tipologia das paradas na embaladora foram estudadas. Cerca de 80% dos casos são atribuídos à microparada (40%) e as paradas para regulagem / limpeza (38%), como descrito na figura 18 abaixo:

Figura 18 Repartição da tipologia de parada (tempo de paragem de janeiro a junho 2015)



O foco desse projeto foram as principais causas de paradas e não serão tratadas as causas de avaria que são minoria e que já são objeto de análise dos agentes de manutenção.

3.3.5 Diagrama de Pareto

O diagrama de Pareto é um gráfico de barras. As barras representam níveis de segmentação e são classificados em ordem decrescente. Esta é uma importante ferramenta para determinar as prioridades de melhoria. Em geral, aceita-se que 20% dos problemas estão causando 80% do desempenho "ruim" (regra 80/20 de Vilfredo Pareto).

O diagrama de Pareto classifica os dados de acordo com sua frequência e os totaliza por uma curva que representa o valor cumulado dos níveis de estratificação.

Este diagrama é uma ferramenta importante para se concentrar ainda mais na melhoria do processo a partir das principais causas de mau funcionamento devido a sua facilidade de interpretação visual.

Após a análise estatística do BDD e do arquivo Rouge/Vert, usando o diagrama de Pareto, destacou-se (figura 19) que a principal causa de paragem é o entupimento, quer seja para microparada (63 %) ou regulagem / limpeza (30%).

No entanto, a principal causa de entupimento é desconhecida (figura 20), devido à uma má entrada de valores no arquivo pelo 1º de linha. Portanto, a nossa análise também será baseada pelos dados da folha de registro de parada do mês de agosto.

Figura 19 Diagrama de Pareto de microparada e de regulagem / limpeza

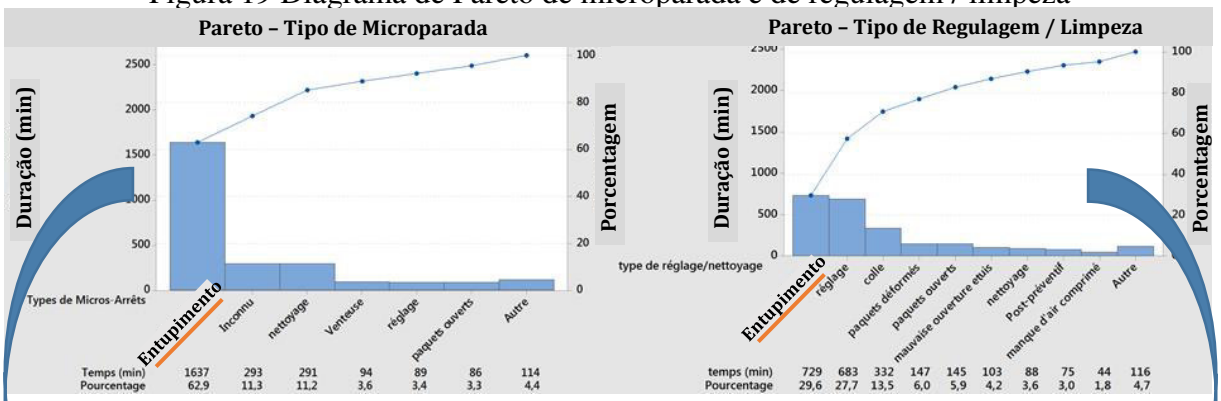
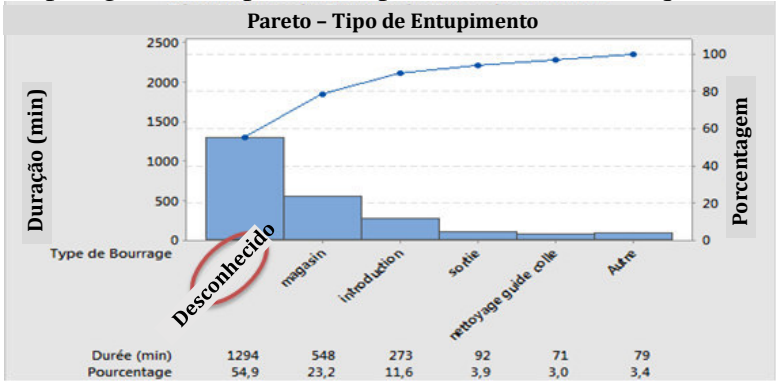


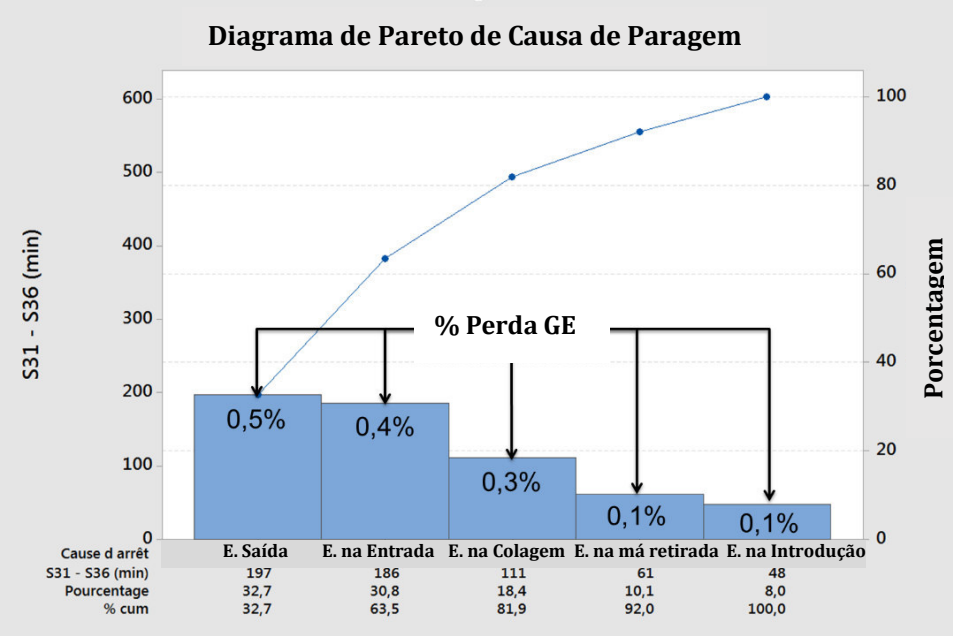
Figura 20 Tipologia de entupimento a partir dos dados do arquivo Rouge/Vert)



A folha de registro de parada da embaladora é dividida em cinco categorias. Os operadores marcam um traço para cada tipo parada: entupimento na saída, na entrada de caixas empilhadas, na introdução, num problema de colagem das caixas e na má retirada pelas ventosas.

A análise dos resultados (figura 21) alcançados no final de agosto determinou que o congestionamento na saída (32%) e na entrada de caixas empilhadas (30%) são as causas mais importantes de entupimento devido a sua repetição durante os dias. Essas são também as causas mais impactantes no percentual GE.

Figura 21 Pareto tipologia de entupimento a partir da folha de registro de parada



Esta Fase de Mensurar permitiu identificar diferentes tipos de paradas presentes na embaladora. Isto permitirá a identificação e a análise das causas através do uso de ferramentas metodológicas, como 6M e 5P, na próxima fase do DMAIC.

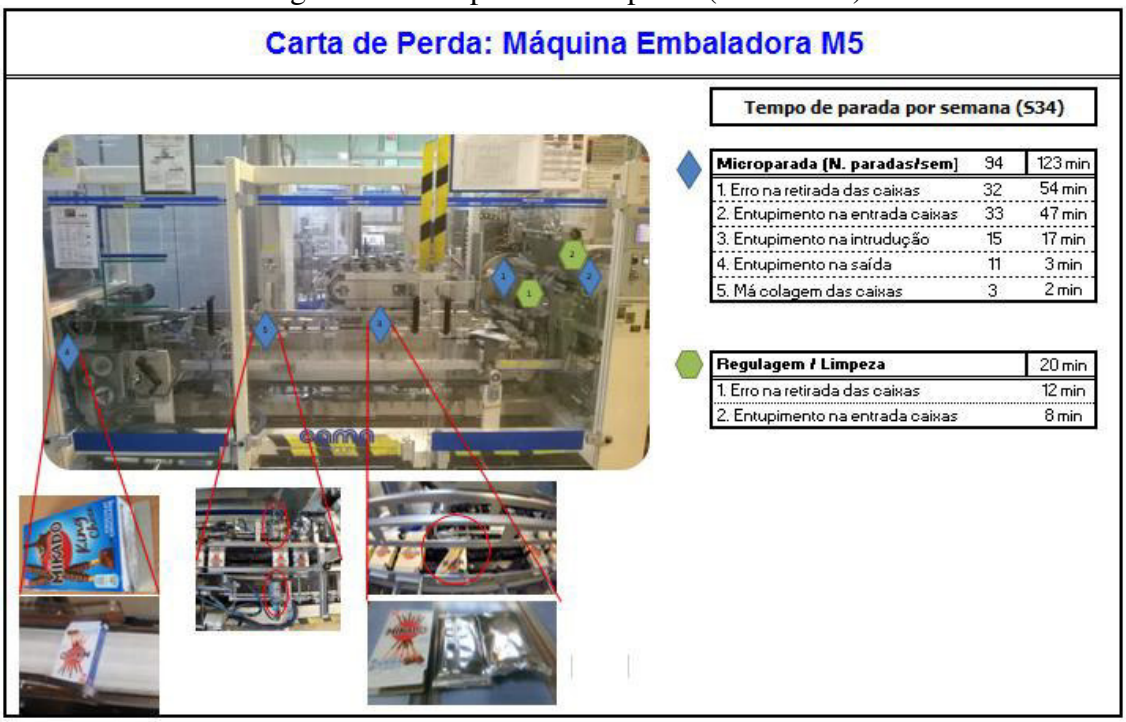
3.4 Fase: Analisar

3.4.1 Introdução

Nesta fase, as causas de parada da embaladora destacadas acima serão analisadas a fim de compreender as causas raiz. Toda a equipe participou neste passo usando as seguintes ferramentas e métodos: sessões de brainstorming, diagrama de Poisson (6M) e 5 Porquês(5P).

As ferramentas de medição e controle descritos anteriormente, continuaram a ser utilizados e os relatórios de perdas foram feitos a cada semana. As causas de microparadas e de regulagem/limpezas foram descritas, classificadas por frequência e tempo de parada geral. Abaixo (figura 22), há um exemplo do relatório de perda da embaladora M5 para semana 34.

Figura 22 Exemplo carta de perda (semana 34)



3.4.2 Analise de dados

A análise de causa raiz foi realizada em cada um dos cinco tipos de entupimento:

1. Na saída (0,5% Perda GE)
2. Na entrada de caixas empilhadas (0,4% Perda GE)
3. Num problema de colagem das caixas (0,3% Perda GE)
4. Na má retirada pelas ventosas (0,1% Perda GE)
5. Na introdução (0,1% Perda GE)

3.4.3 Identificação da causa raiz

O diagrama de espinha peixe (6M, causas/efeitos ou Ishikawa) é uma ferramenta simples e clara usada para enumerar potenciais causas de mau funcionamento. Este diagrama fornece uma base sólida de trabalho para o brainstorming da “árvore de causa raiz." Seu princípio é: a partir de um defeito alcançar as causas potenciais.

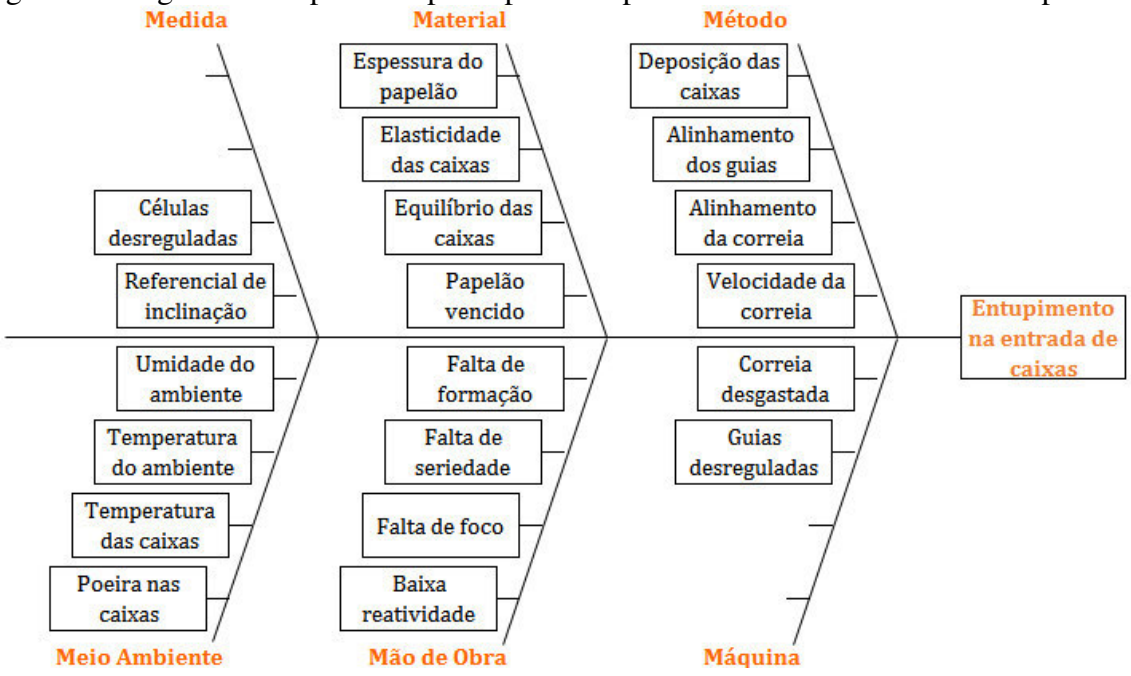
Esse diagrama classifica as causas em 6 famílias principais de causas de falhas:

- **M**edidas: fluxo de informação, padronização de componentes, ajuste de equipamentos de medição (medidor de pressão, termômetro, células de detecção);
- **M**aterial: qualidade das caixas (elasticidade e equilíbrio - explicados no Anexo B: Análise da qualidade das caixas (elasticidade e equilíbrio), página 49);
- **M**ão de obra: equipe e sua formação na linha M5;
- **M**eio ambiente: ambiente de trabalho, organização física (5S) e limpeza;
- **M**étodos: processo de funcionamento de cada área de estudo (por exemplo: a presença de uma embalagem individual que irá desencadear a desempilhamento da caixa);
- **M**áquinas: componentes da embaladora, seu estado e manutenção preventiva;

Para cada um dos principais tipos de entupimento foi construído um diagrama de espinha de peixe e foi feita uma análise dos 5 porquês (análise completa de cada causa foi agrupada no Anexo C: Análise de 6M e 5P para as principais causas de paragem, página 50).

Abaixo, na figura 23, exemplifica-se de um diagrama de espinha peixe que visa identificar as causas do entupimento na entrada de caixas empilhadas:

Figura 23 Diagrama de espinha de peixe para entupimento na entrada de caixas empilhadas



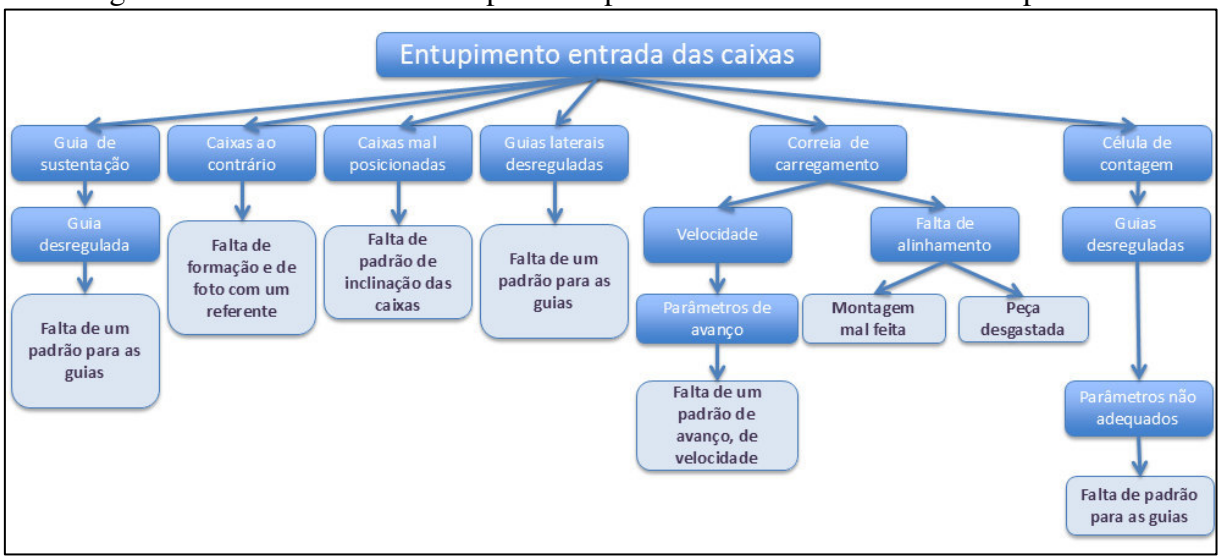
Usou-se o conhecimento e as habilidades de toda a equipe para completar o diagrama de espinha peixe de cada tipo de entupimento e para construir as árvores de causa de cada defeito (Anexo C: Análise de 6M e 5P para as principais causas de paragem, página 50).

A árvore de causa permite a identificação das causas raiz de cada defeito, que uma vez tratados, resolverão os problemas para que eles não se reproduzam mais.

A metodologia é baseada na pergunta "por quê? ". A pergunta é feita tantas vezes quantas forem necessárias (1,2, 3, ... n vezes) até atingir a causa raiz. Um “porquê" pode ter várias respostas.

A figura 24 abaixo exemplifica a análise 5P para o entupimento na entrada das caixas empilhadas: 8 causas foram identificadas.

Figura 24 Árvore de causa raiz para entupimento na entrada de caixas empilhadas



3.4.4 Validação das causas raiz

Durante as análises de 6M e 5P, encontraram-se 48 causas raiz. A necessidade de priorizar veio com o elevado número de causas raiz encontradas. Por isso uma tabela de prioridade de causa raiz (tabela 3 abaixo) em forma de enquete foi construída (O conjunto de instruções pode ser encontradas no Anexo D: Diretrizes para a priorização causas raiz, página 52). Cada membro da equipe teve que preencher a tabela com uma classificação de 1 a 5 de acordo com a prioridade dos seguintes critérios:

- Resultado esperado
- Facilidade de aplicação
- Frequência de ocorrência da causa raiz

Este levantamento usa a experiência e o julgamento individual de cada um dos membros da equipe. Ele permite a identificação dos casos mais urgentes e facilita o planejamento das ações de melhoria.

Tabela 3 Tabela de Prioridades (entupimento na saída)

Causa raiz de paragem (1 = - prioridade / 5 = + prioridade)		**Resultado esperado**	**Facilidade aplicação**	**Frequência**
Entupimento na saída	Célula (de detecção de caixa mal fechada) desregulada			
	Célula de saída fora do padrão			
	Tapete principal de transporte desregulado			
	Defeito da bandeja de cola			
	Vazamento de ar			
	Guia de saída fora do padrão			
	Esquecimento de desligar a bandeja de cola			
	Falta de atenção ao encostar na pistola de cola para limpeza			
	Caixa mal colada			
	Falta da boa pistola de sopro no estoque			
	Falta de padrão de altura e inclinação da pistola de cola			
	Falta de zero padrão no rebatedor de orelha			
	Embalagem colada fora da caixa			
	Falta de padrão da célula do rebatedor de orelha			

3.4.5 Resultados

Esta análise colocou em evidência 25 causas raiz, 5 para cada tipologia de causa principal (entupimento na saída, na entrada de caixas empilhadas, na introdução, num problema de colagem das caixas e na má retirada pelas ventosas). A partir dessas causas específicas, o plano de ação foi construído para a fase inovar / melhorar (ver Anexo E: Plano de ação com acompanhamento PDCA, página 53).

3.5 Fase: Inovar / Melhorar

3.5.1 Introdução

A partir da identificação das causas raiz, a fase "Inovar / melhorar" do DMAIC pode ter início. Esta se destina a implementar ações que ajudarão a resolver os problemas de entupimento na embaladora. Neste contexto, um plano de ação foi criado. Para isso, a equipe do projeto, construiu uma tabela de responsabilidades que liga os intervenientes às ações programadas com base nas funções que lhes são atribuídas. As ações foram priorizadas, a área/perímetro foi delimitada e o prazo máximo de execução foi definido.

Cada solução foi escolhida de acordo com uma causa raiz em questão, tendo em conta sua viabilidade econômica e técnica, o processo de adaptação dos operadores, sua segurança e ergonomia.

3.5.2 Exemplo de ações

As primeiras ações empreendidas foram em matéria de normalização da embaladora. Entre os standards aplicados, tem-se:

- Os parâmetros padrões de configuração da máquina
- O ajuste do guia de subida das caixas empilhadas
- O espaçamento da esteira principal
- O posicionamento do suporte da pistola de cola
- A regulagem dos guias de fechamento das abas da caixa
- O espaçamento da correia de saída
- O posicionamento da célula de saída (célula de ejecção de caixas abertas).

Abaixo estão alguns exemplos de ações de melhoria implementadas:

3.5.2.1 Exemplo 1: Padronização da inclinação das caixas empilhadas

A criação do padrão de inclinação das caixas empilhadas (figura 25 abaixo) tem como objetivo reduzir o entupimento na entrada de caixas empilhadas e a má retirada das caixas empilhadas pelas ventosas. Estes defeitos são devido a uma manipulação errônea por parte dos operadores durante o empilhamento das caixas na esteira. A padronização da inclinação foi criada, reduzindo, assim, a aleatoriedade do processo. Um marco visual foi adicionando ao

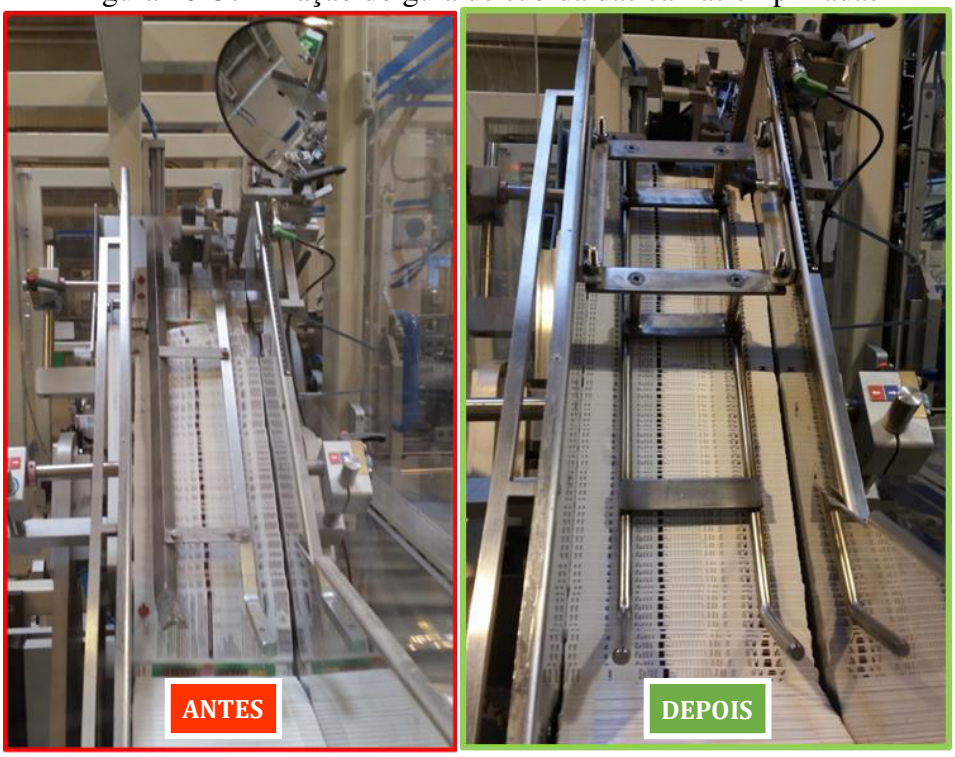
longo da esteira para ajudar os operadores durante o enfileiramento das caixas e garantir o seu bom posicionamento.

Figura 25 Padrão de inclinação das caixas empilhadas

3.5.2.2 Exemplo 2: Otimização do guia de subida das caixas empilhadas

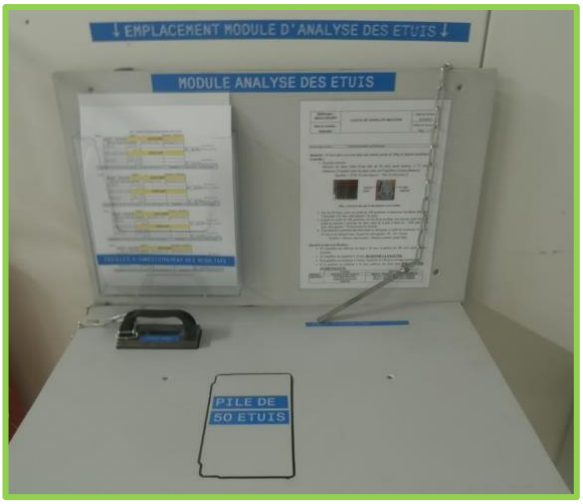
O entupimento na entrada de caixas empilhadas foi objeto de outras ações como a otimização do guia de subida das caixas empilhadas. A substituição foi feita por um novo guia de forma arredondada, a fim de reduzir o atrito do guia sobre as caixas. Além disso, foi fixado um guia de apoio, cujo próprio peso ajusta a altura ideal do guia de subida das caixas.

Figura 26 Otimização do guia de subida das caixas empilhadas



3.5.2.3 Exemplo 3: A qualidade das caixas

Figura 27 Módulo de controle de material



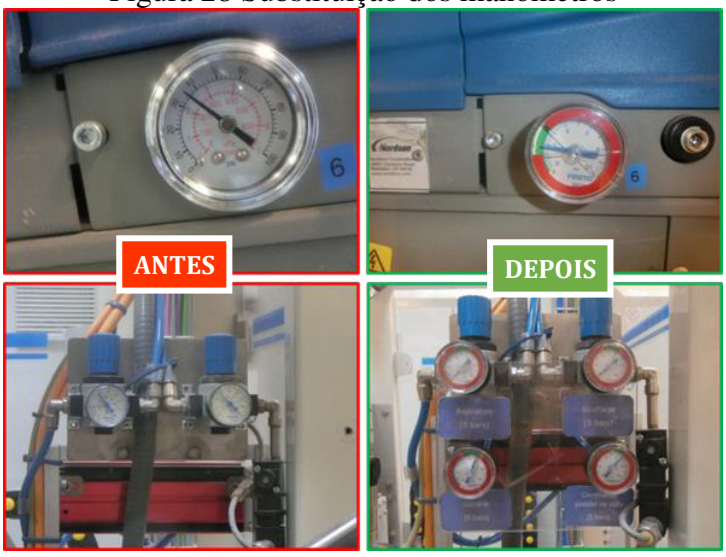
A partir do diagrama de espinha de peixe, descobriu-se que a qualidade das caixas tem grande impacto no tempo de parada. A fim de controlar as características das caixas, foi-se instalado um módulo de controle de material. Permitindo aos chefes de equipe de fazer as medições.

Os procedimentos de medição foram criados e os níveis de tolerância de erro foram especificados. Além disso, ações corretivas foram apresentadas para serem executadas com base nos resultados. Todos os procedimentos foram anexados ao módulo para facilitar a consulta e novas formações.

3.5.2.4 Exemplo 4: A substituição dos manômetros

Os medidores de pressão foram todos substituídos por outros com duas áreas padrões, uma verde (zona de pressão recomendada) e uma vermelha (zona de perigo). Esse aprimoramento na distinção das duas zonas permite localizar facilmente um problema relacionado à pressão que pode estar causando um problema mais grave. Por exemplo, uma fuga de ar no sistema pneumático da máquina ou um mau funcionamento de um equipamento, tal como a bomba a vácuo. Isto permite aumentar a velocidade de reatividade dos operadores.

Figura 28 Substituição dos manômetros



3.5.2.5 Exemplo 5: Invólucros de proteção

A remoção da carcaça em torno da parte de empilhamento das caixas (figura 29 abaixo) é outro exemplo de otimização realizada. As partes mecânicas perigosas (tais como engrenagens e a correia do motor) foram colocadas num invólucro menor do que o anterior.

Além disso, o invólucro em torno da subida das caixas foi removido, permitindo o acesso dos operadores às caixas. Isto permite um descongestionamento mais rápido e uma melhor visualização da área para controlar o deslizamento das caixas. Por essa ação o tempo de reatividade dos maquinistas foi aumentado, assim como a sua segurança.

Figura 29 Remoção dos invólucros de proteção

3.5.3. Conclusão

A implementação do plano de ação permitiu a solucionar as causas raiz identificadas como prioritárias pela equipe.

A conclusão das primeiras atividades de normalização mostrou uma redução do tempo de parada da embaladora. No entanto, foi após a realização de ações técnicas que observou-se uma diminuição significativa na média e na variabilidade do tempo de inatividade da embaladora. Estes resultados serão analisados na próxima etapa: "Controlar".

As ações que não foram apresentadas na seção anterior serão encontradas em detalhe no Anexo E: Plano de ação com acompanhamento PDCA, página 53.

3.6 Fase: Controlar

3.6.1 Introdução

Esta última etapa deve ajudar a perenizar os resultados do plano de ação para que os ganhos em termos de perda GE e de desempenho sejam mantidos ao longo do tempo. Um plano de monitoramento foi desenvolvido para assegurar o acompanhamento da execução das atividades de controle de acordo com os 4 passos seguintes:

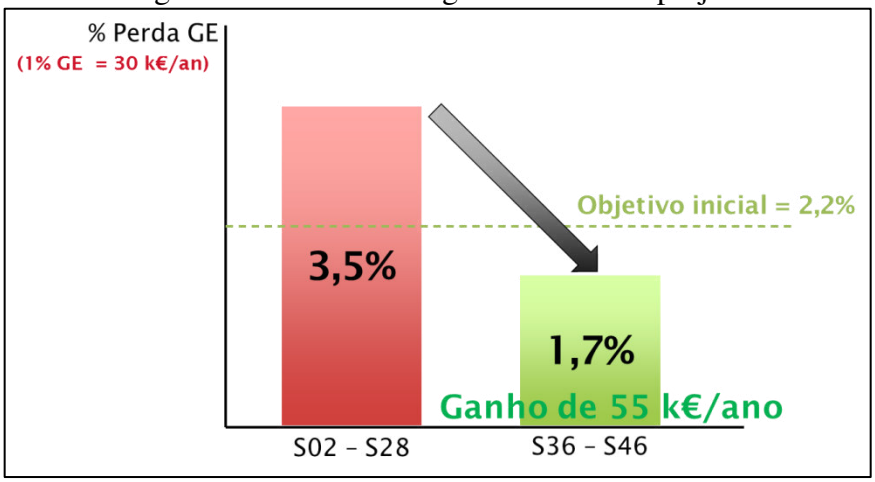
- Progresso
- Acompanhamento ativo do processo
- Normalização
- Monitoramento

3.6.2 Progresso

Esta parte é dedicada à validação das melhorias feitas na fase "Inovar/Melhorar" e "Controlar". Ela consiste em demonstrar que existe uma diferença significativa no desempenho da embaladora graças a este projeto.

No gráfico de porcentagem de Perda de GE (Figura 30 abaixo), é visto um ganho de 1,84% GE (55 k€/ano) que supera a meta inicial. O projeto é, portanto, um sucesso.

Figura 30 Resultado em ganho de GE do projeto

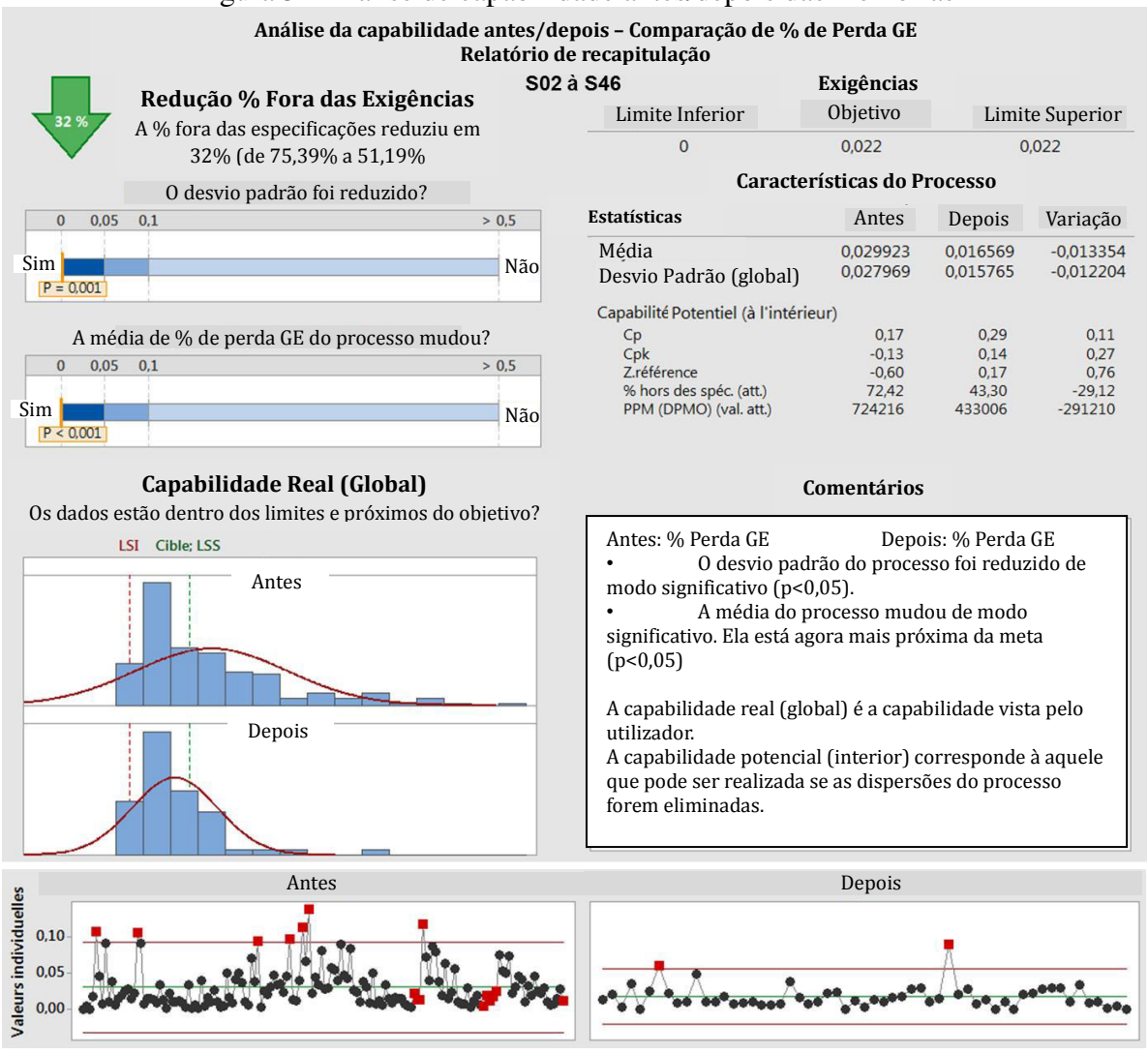


Nesta fase de controle, uma carta de controle da capabilidade (figura 31 abaixo) da embaladora foi realizada utilizando o software MiniTab. Ela destina-se a avaliar, monitorar e

controlar os principais fatores do processo. Isso permite fazer uma comparação da capacidade da embaladora Antes e Depois do projeto.

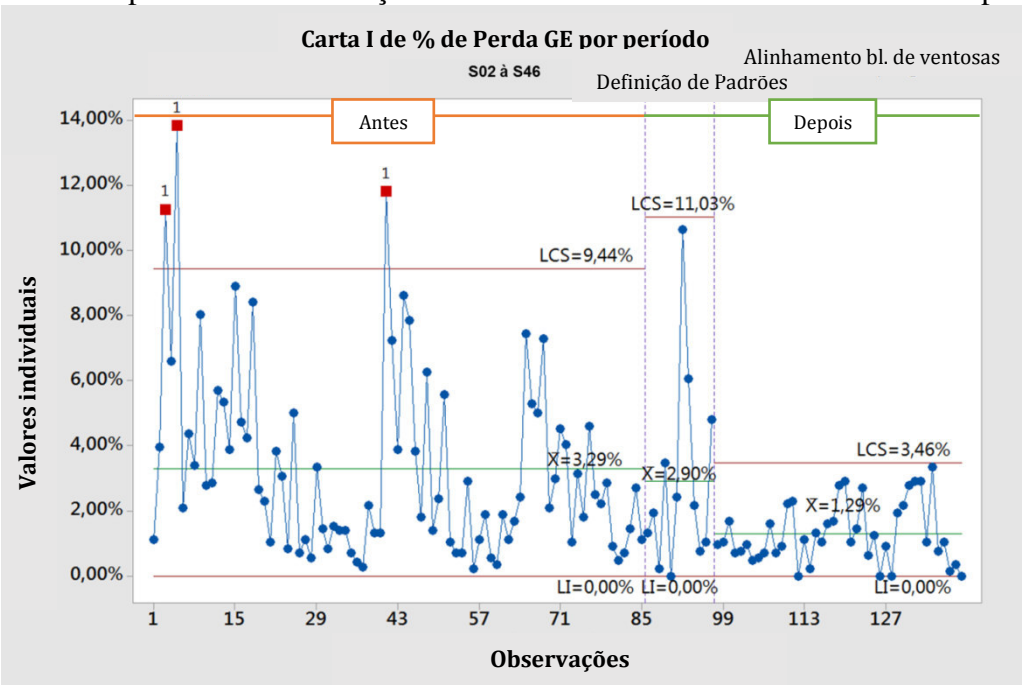
Por exemplo, a comparação de dois gráficos de linha (antes e depois) de análise de capabilidade (cada ponto representa a perda de percentual do GE da embaladora em um dia de produção) mostra que, após o estabelecimento das ações, o processo é mais capaz do que antes, com uma redução da média e do desvio padrão.

Figura 31 Análise de capabilidade antes/depois das melhorias



Na carta de controle por indivíduo (figura 32 a seguir), nota-se uma redução significativa na variabilidade do processo e na perda média de GE. As otimizações mecânicas que se seguiram ao ajuste do bloco de ventosas geraram essas reduções.

Figura 32 Carta por individuo: redução da variabilidade e da média diária do % de perda GE



3.6.3 Acompanhamento ativo do processo

Um dos problemas mais comuns de projetos de melhoria contínua é a manutenção da melhoria ao longo do tempo. Embora as causas raiz tenham sido identificadas, a solução apropriada tenha sido selecionada e que melhorias significativas tenham sido identificadas, se um mecanismo de controle e monitoramento do processo não for implementado, existe um risco de perda dos ganhos ao longo tempo.

Um acompanhamento diário das três máquinas mais penalizantes do dia anterior já é realizada em toda a cadeia de produção do Mikado. No caso em que a embaladora é uma das causas mais importantes do tempo de inatividade da linha, a causa é sistematicamente analisada e processada.

Para otimizar esse tempo de resposta, foram estabelecidos limites de desempenho ao final de cada equipe, para saber se os defeitos apresentados durante a equipe representam um desvio ou não. Um desvio pode ser caracterizado por:

- Mais de 10 minutos de tempo de inatividade
- Mais de 9 congestionamentos durante a introdução
- Mais de 15 caixas não abertas corretamente
- Perda de mais de 2,2% de GE

Esse monitoramento é feito pelo 1º de linha a partir da folha de monitoramento preenchida pelos operadores (ver exemplo abaixo na figura 33). No caso de um desvio, o 1º de linha alerta o técnico, em seguida, o chefe de equipe e os agentes de manutenção de modo que esses monitorem o funcionamento da embaladora no turno seguinte.

Figura 33 Exemplo de preenchimento da folha de monitoramento

PARADAS EMBALADORA M5 Semana nº

	Causas de parada	MANHÃ				TARDE				NOITE			
Segunda	Relatório esforço pistão	Nº total de paradas (ver no console)	8	Max:	9	Nº total de paradas (ver no console)	12	Max:	9	Nº total de paradas (ver no console)	3	Max:	9
	Relatório caixas não abertas	Nº total de paradas (ver no console)	10	Max:	15	Nº total de paradas (ver no console)	11	Max:	15	Nº total de paradas (ver no console)	20	Max:	15

3.6.4 Normalização

A padronização ajuda a manter os ganhos no tempo e a tornar o processo repetível e reprodutível. Para esta parte, três ações de controle foram postas em prática:

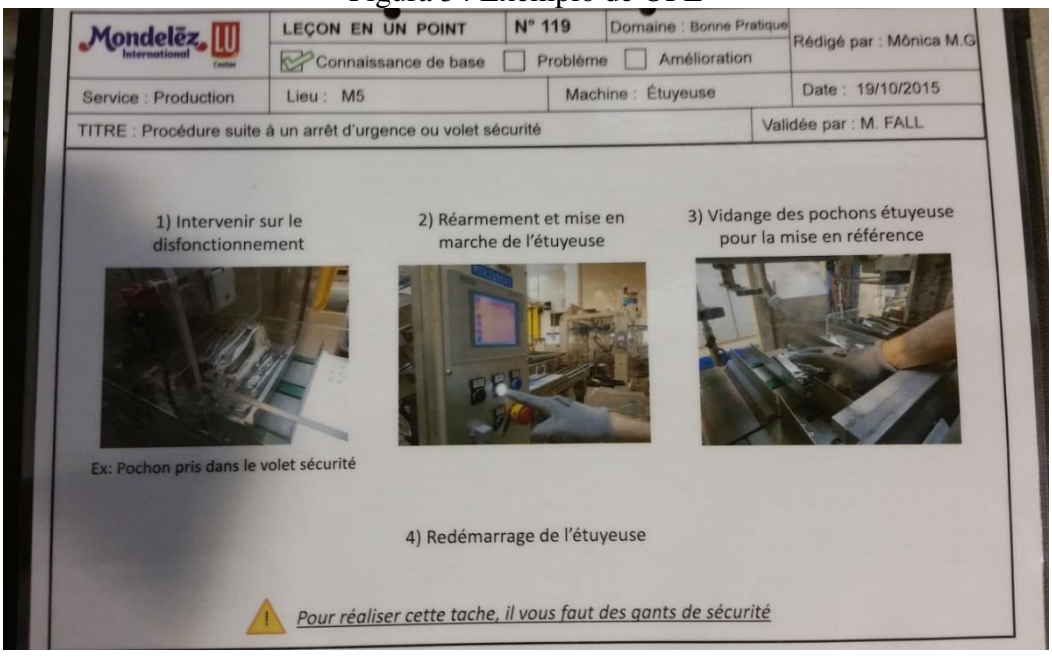
- Treinamento dos operadores nas boas práticas e nos conhecimentos de base
- Grade de auditoria das configurações padrões no console da máquina
- Método padrão de solução de defeitos (Tabela Defeito-Causa-Remédio)

3.6.4.1 Treinamento dos operadores

A formação dos operadores é feita a partir da criação de OPL (**O**ne **P**oint **L**esson).

OPL são documentos visuais que ensinam ou relembram as boas práticas, os conhecimentos básicos e os procedimentos a seguir. Como o exemplo na figura 34 abaixo:

Figura 34 Exemplo de OPL



3.6.4.2 Grade de auditoria das configurações padrões no console da máquina

Parâmetros-chave são os parâmetros padrões que garantem o bom funcionamento da embaladora. O uso de valores não-paramétricos pode levar a defeitos da embaladora. Esses parâmetros são descritos no Anexo F: Valor padrão na configuração da embaladora, página 55.

Eles foram definidos durante o projeto. Para garantir que eles serão seguidos, foi criado um controle semanal feito pelos técnicos com uma grade de auditoria padrão.

Esse monitoramento será implementado em janeiro de 2016. O projeto será liderado por um chefe de equipe e um técnico. Mesmo com a finalização do projeto da embaladora, os parâmetros a serem seguidos foram transmitidos para os responsáveis desse novo projeto.

3.6.4.3 Método padrão de solução de defeitos (Tabela Defeito-Causa-Remédio)

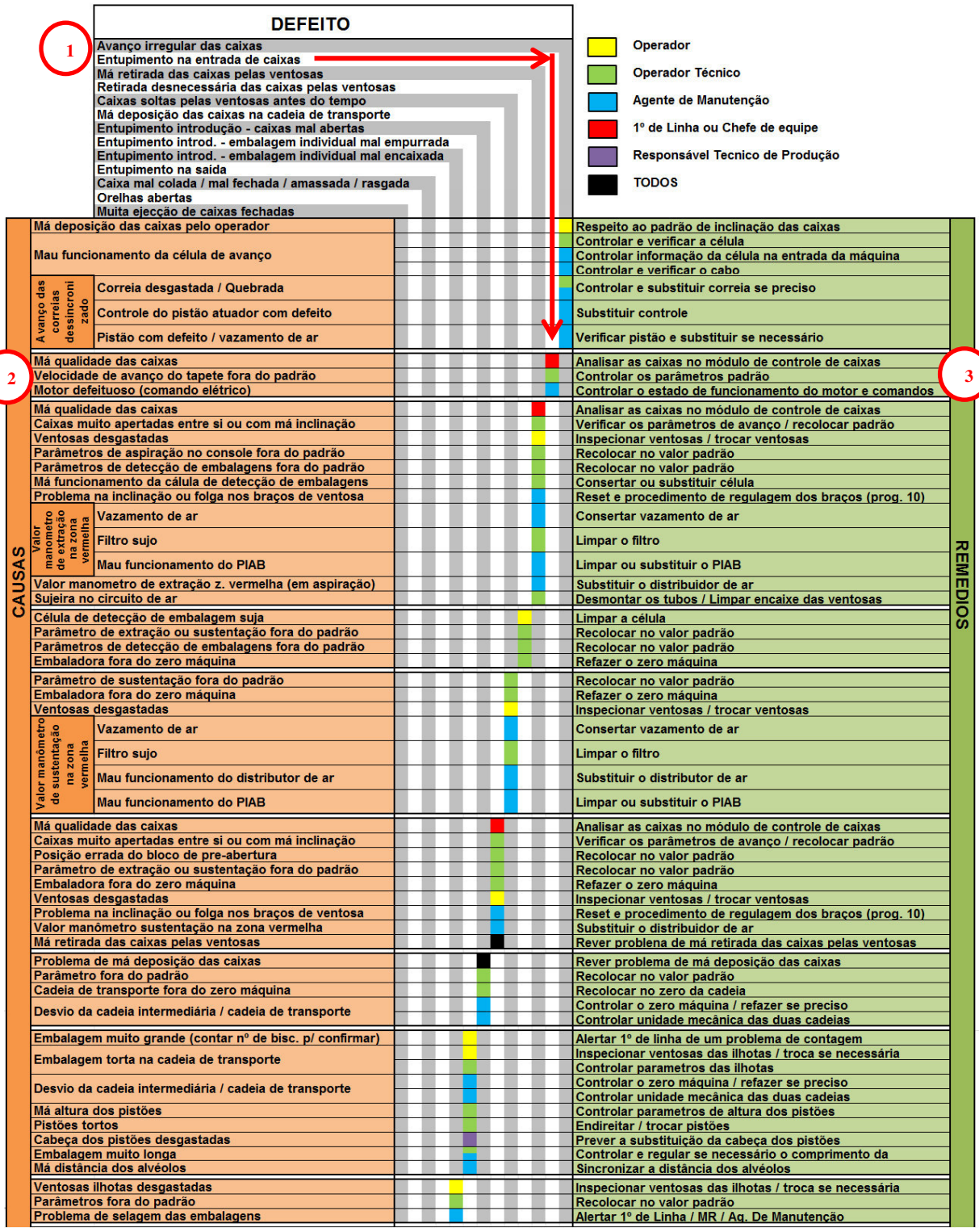
Para manter as boas práticas de resolução dos defeitos e evitar o reflexo de mudar os padrões desde que surge uma nova falha, criou-se a tabela 4 abaixo Defeito-Causa-Remédio.

Esta é uma ferramenta de manutenção, um diagrama que facilita a resolução e a classificação das causas que levaram a uma avaria. Criado a partir da árvore de causas raiz, a tabela lista as falhas mais comuns e, para cada causa possível, suas soluções.

As ações corretivas são ligadas a um cargo particular (cada cor representa um cargo) para compartilhar as tarefas e aumentar a capacidade de resposta. Conforme tabela 4 na página a seguir.

Tabela 4 Tabela Defeito - Causa – Remédio

Referencia : STD-CES-622	Tabela Defeito / Causa / Remédio Embaladora M5	Data de revisão : 08/12/2015
Data de criação : 14/04/2015		Índice de revisão : 1



3.6.5 Monitoramento

Vários pontos de risco que exigem controles específicos foram identificados. Para atender a essa necessidade, foram implementadas ações de controle para redução do risco.

A figura 35, a seguir, descreve o ponto de risco identificado e a ação de controle implementada:

Figura 35 Esquema: Ponto de risco - Ação de controle

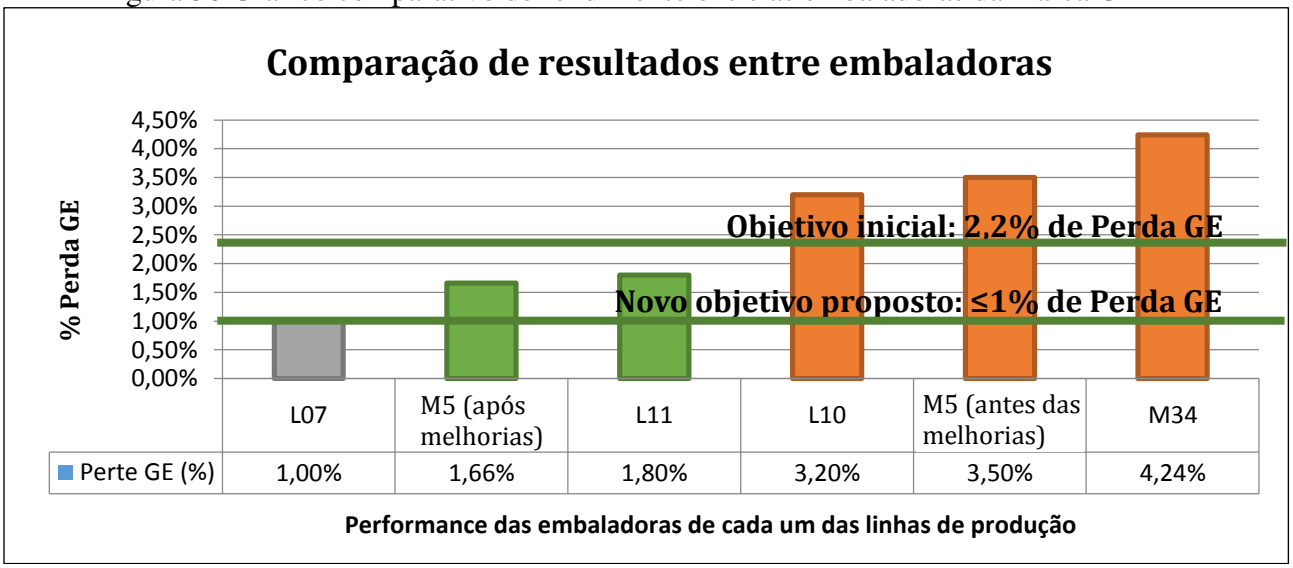
3.6.6 Pontos de desenvolver

No final do projeto, foram identificadas novas oportunidades de melhoria para um possível novo projeto na embaladora da linha Mikado 5.

3.6.6.1 Ideias para a melhoria

Após um Benchmark comparativo do desempenho entre as embaladoras das linhas de produção na fábrica (L07, L10, L11, M34 e M5 – de janeiro a junho de 2015 – figura 36), a média da perda percentual GE da embaladora que tem o melhor desempenho é de 1%. E a média da embaladora M5 após este projeto é de 1,66% (entre as semanas 36 e 46).

Figura 36 Gráfico comparativo de rendimento entre as embaladoras da marca CAMA



No caso de um novo projeto com o objetivo de uma optimização maior da embaladora M5, o objetivo futuro pode ser ajustado para menos do que 1% de perda de GE.

Que novas melhorias são possíveis?

- O estabelecimento de parâmetros padrões para as ilhotas que precedem a embaladora
- Optimização do soprador (que contribuem na introdução das embalagens individuais na caixa) e a criação de um padrão de regulagem fixa de posicionamento
- Otimização do pistão de introdução (otimização para geometria piramidal)
- Instalação de uma balança antes da entrada na embaladora para ejetar as embalagens individuais leves ou vazias antes da introdução nas caixas

4 CONCLUSÃO

Com o objetivo de melhorar o desempenho global da linha de produção Mikado 5 (M5), buscava-se aumentar a confiabilidade da embaladora M5. Para isso, um projeto DMAIC para reduzir o tempo de inatividade e aumentar a confiabilidade da embaladora M5 foi lançado, já que era a máquina de maior impacto sobre o rendimento da linha: 3,5% perda de GE (105k€/ano).

As medições e análises demonstraram que era possível aumentar o desempenho da embaladora e ter um ganho de 1,3% de GE (que representa um ganho de 40k€/ano). Uma meta, então, foi definida para atingir o limiar de perda máxima de 2,2% de GE.

O plano de ação definido e implementado, permitiu uma otimização consistente do funcionamento da máquina:

- A variabilidade no desempenho da embaladora foi reduzida
- A capabilidade do processo aumentou
- O tempo de inatividade da linha devido à embaladora foi reduzido em 52%

Este projeto conseguiu uma redução de perda de GE de 1,8%, equivalente a um ganho financeiro de 55k€/ano. Este resultado ultrapassa largamente os objetivos definidos no início do projeto e confirma a escolha estratégica da diretoria em seu investimento.

REFERÊNCIAS

GEORGE, Michael L.e al. **The Lean 6 Sigma Pocket Toolbook**: a quick reference guide to 70 tools for improving quality and speed - McGraw-Hill Professional, 2004

MONCHY, François ; VERNIER, Jean-Pierre. **Maintenance : méthodes et organisations pour une meilleure productivité**. 3.ed. Dunod, 2012

MAAF. Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt. **La parole aux industries agroalimentaires**. Disponível em: <http://agriculture.gouv.fr/la-parole-aux-industries-agroalimentaires>. Acesso em: 30 dez. 2015

MONDELEZ INTERNATIONAL. **Europe's favorite snacks company**. Disponível em: <http://eu.mondelezinternational.com/about-us>. Acesso em: 30 dez. 2015

LU. **LU : Les champs des possibilités**. Disponível em: <https://www.lulechampdespossibles.fr/lu/histoires>. Acesso em 30 dez 2015

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ. Biblioteca Universitária. **Guia de normalização de trabalhos acadêmicos da Universidade Federal do Ceará**. Fortaleza, 2014.

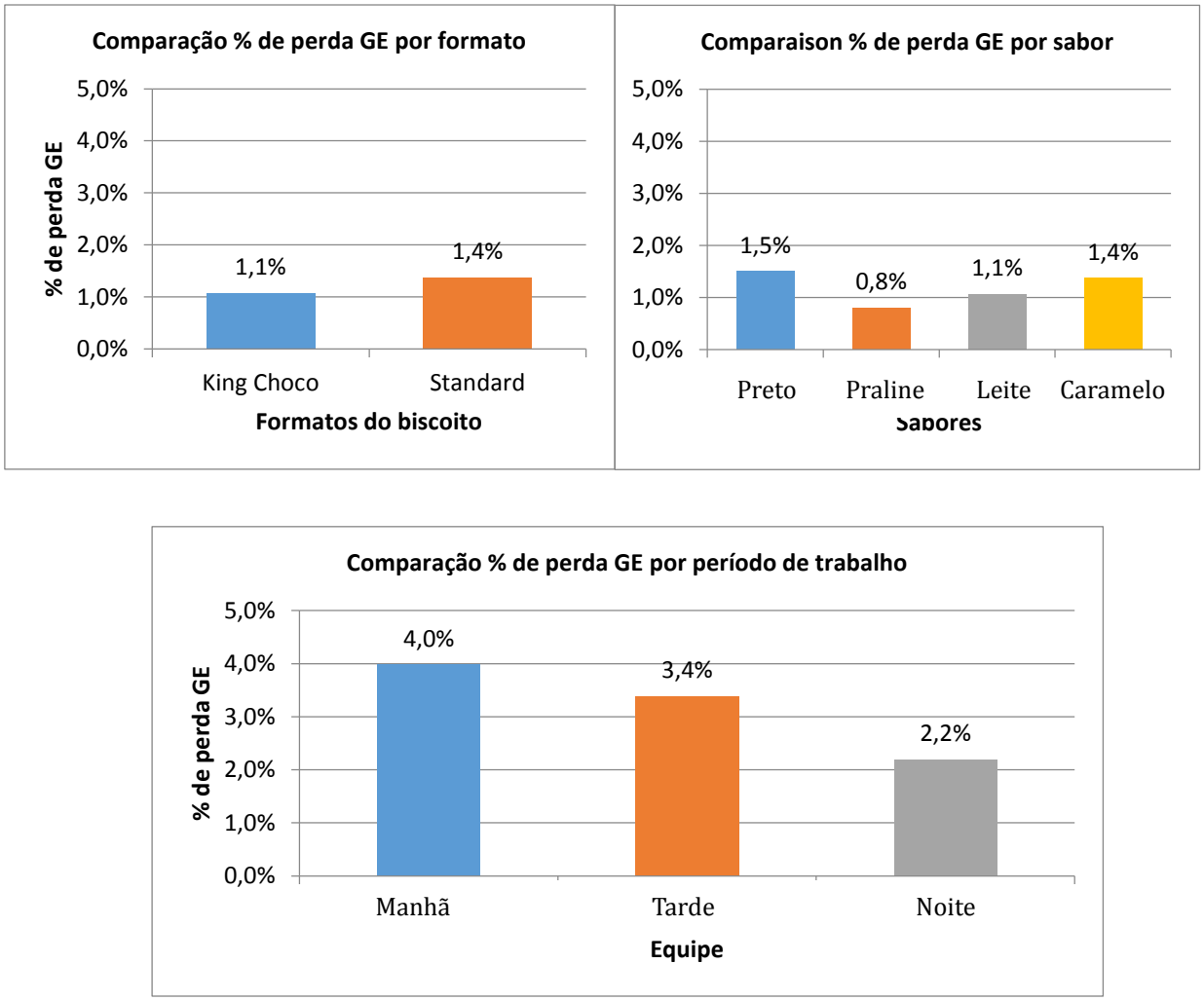
ANEXO A – INFLUÊNCIA DOS FATORES DE PRODUÇÃO SOBRE O GE

Foram analisados diversos parâmetros relativos ao tempo de inatividade da embaladora M5 (Janeiro a Junho de 2015). Os parâmetros estudados foram:

- Formato da embalagem
- Sabor do biscoito
- Período de trabalho

O resultado da comparação da porcentagem de perda GE por parâmetro está representado na figura 37 abaixo.

Figura 37 Comparação da influência de diversos fatores (formato, sabor, equipe) na performance da embaladora



ANEXO B – ANÁLISE DA QUALIDADE DAS CAIXAS (ELASTICIDADE E EQUILÍBRIO)

As características das caixas que têm um impacto significativo nos entupimentos na entrada de caixas empilhadas e no desdobramento das caixas. As características mais importantes são: elasticidade e equilíbrios.

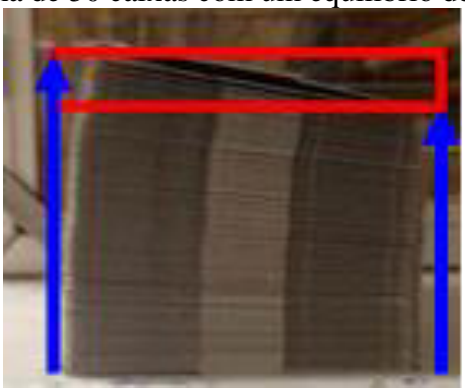
A elasticidade é uma característica de efeito de volume. Aqui é caracterizada pela capacidade de uma pilha de 50 caixas de retornar à sua altura original depois de tensões de compressão (força aplicada por um peso de 500g durante 1 minuto).

$$Elasticidade = (Altura\ após\ retirada\ do\ peso\ de\ 500g) - (Altura\ com\ o\ peso\ de\ 500g)$$

Figura 38 Exemplo de diferença de elasticidade entre 2 pilhas de 50 caixas

O equilíbrio é a diferença de altura entre os dois lados de uma pilha de 50 caixas.

Figura 39 Pilha de 50 caixas com um equilíbrio de má qualidade



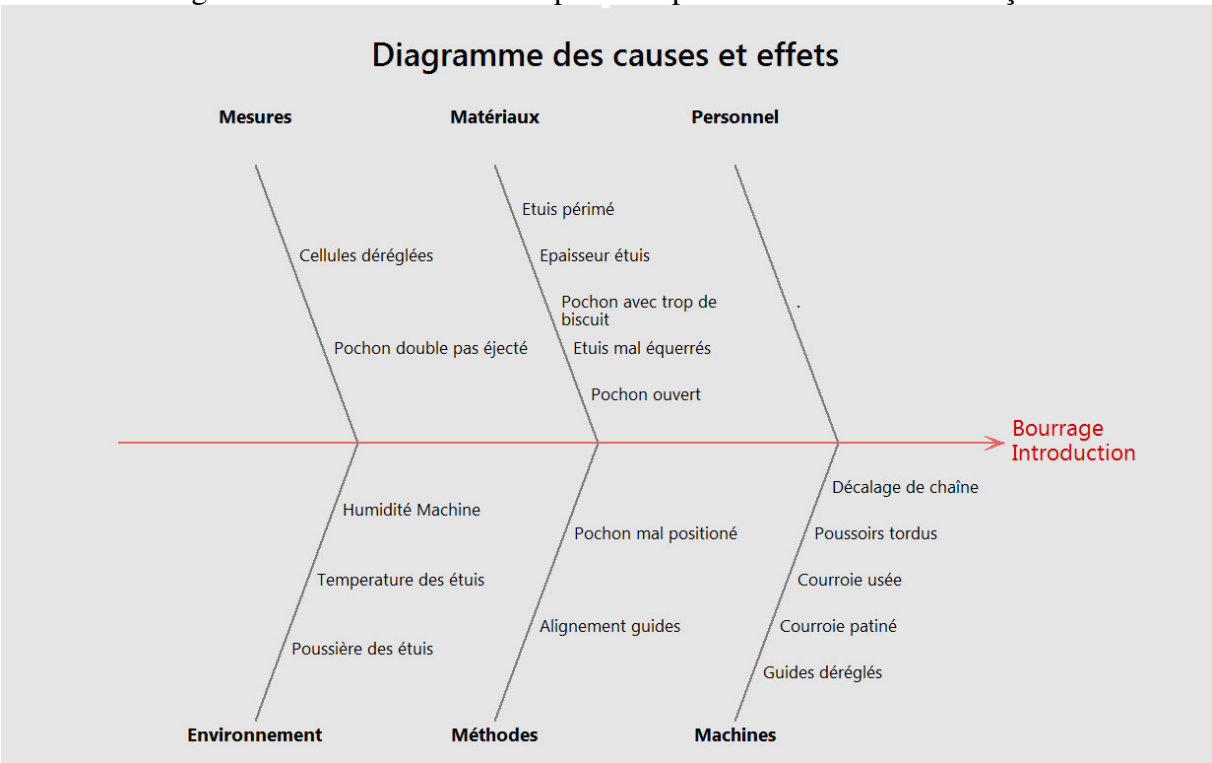
A fim de controlar essas características em caso de problemas na embaladora, um módulo de controle de materiais foi implantado. Com as seguintes instruções:

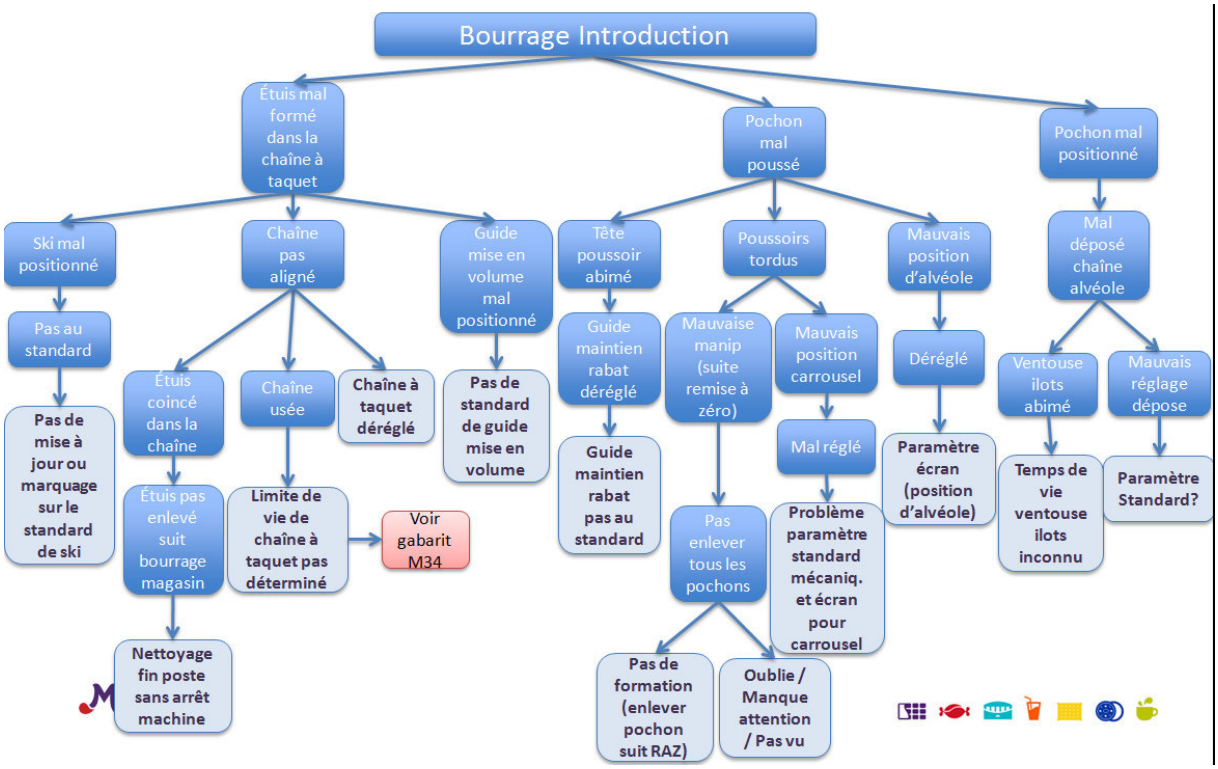
- Se a elasticidade for mais do que 10 mm, a paleta está OK para o uso;
- Se a elasticidade for inferior a 10 mm, separe caixas e teste outra paleta;
- Se o equilíbrio for inferior ou igual a 10 mm, a paleta está OK para o uso;
- Se o equilíbrio for superior a 10 mm, o bloqueie a paleta;

ANEXO C – ANÁLISE DE 6M E 5P PARA AS PRINCIPAIS CAUSAS DE PARAGEM

A figura 40 abaixo mostra a análise no caso de entupimento na introdução.

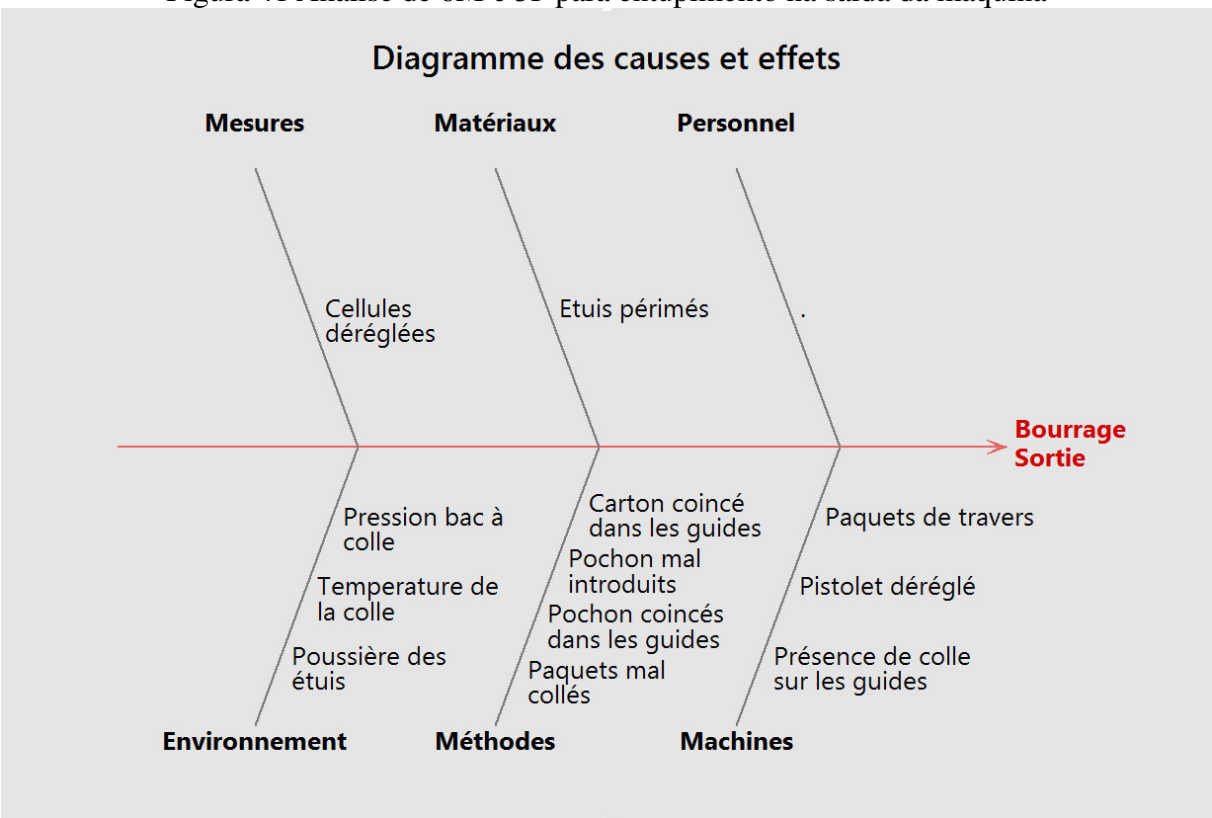
Figura 40 Análise de 6M e 5P para entupimento durante a introdução

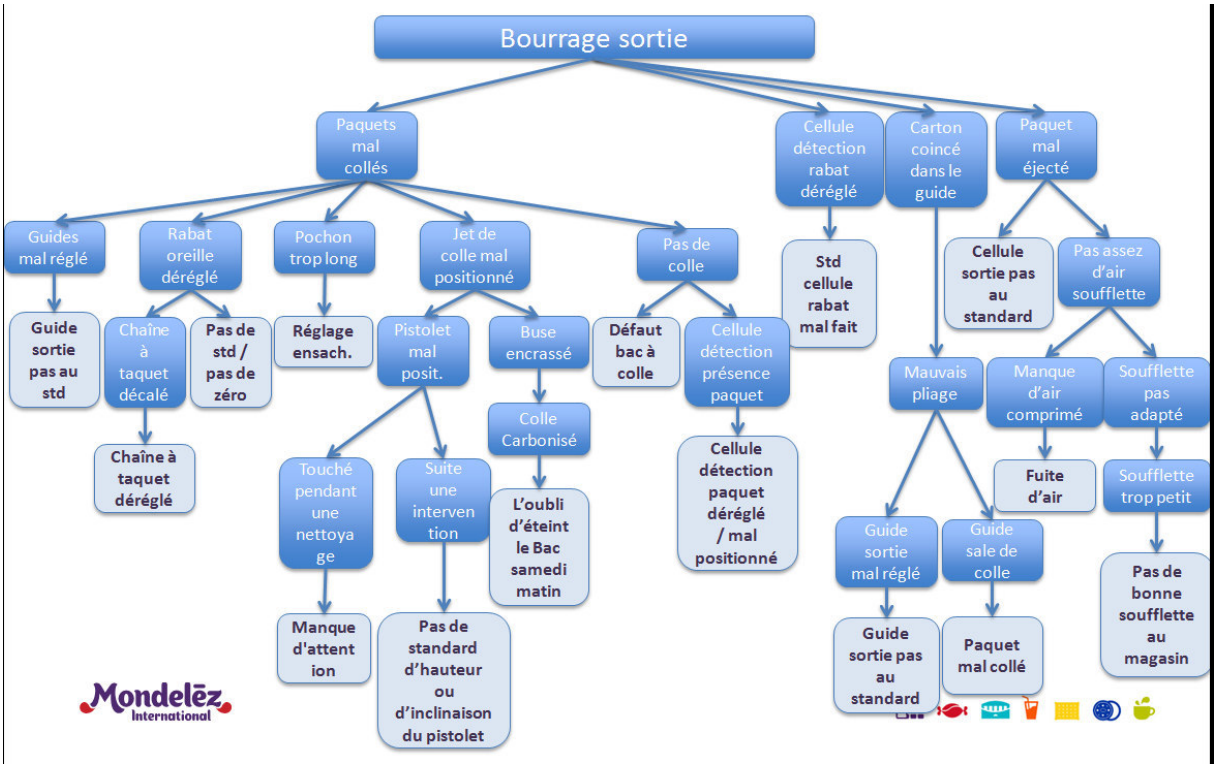




A figura 41 abaixo mostra a análise no caso de entupimento na saída da embaladora.

Figura 41 Análise de 6M e 5P para entupimento na saída da máquina





ANEXO D: DIRETRIZES PARA A PRIORIZAÇÃO DE CAUSAS RAIZ

A cada tipo de parada principal (por exemplo, entupimento na saída de caixas) deve-se escolher 5 causas para cada critério e classificá-las de 1 a 5.

- 5 = mais importante
- 1 = menos importante

Obs.: Como você deve escolher apenas 5 causas raiz para cada critério (resultados esperados, facilidade de implementação, frequência), algumas causas não serão classificadas.

A classificação deve ser feita para cada critério:

- Resultado esperado (As causas que darão mais lucro, o que também, por exemplo, se resolvido, vai ajudar a resolver outros problemas)
- Facilidade de aplicação (As causas que sejam mais fáceis de resolver, por exemplo: o ajuste de uma célula para o seu posicionamento padrão já existente e já validado)
- Frequência (As causas de paradas mais frequentes)

Obs. Cada critério é independente dos outros, se uma causa tem uma classificação alta em um critério, isso não a obriga a ter uma nota alta em outro critério.

Obs. Cada uma das causas pode ser classificada em todos os 3 parâmetros ou em nenhum dos parâmetros.

Exemplo de resposta:

Causa raiz de paragem (1 = - prioridade / 5 = + prioridade)		**Resultado esperado**	**Facilidade aplicação**	**Frequência**
Entupimento na saída	Célula (de detecção de caixa mal fechada) desregulada	1		1
	Célula de saída fora do padrão	2		
	Tapete principal de transporte desregulado	3		
	Defeito da bandeja de cola	4		
	Vazamento de ar	5	5	2
	Guia de saída fora do padrão		4	
	Esquecimento de desligar a bandeja de cola		3	3
	Falta de atenção ao encostar na pistola de cola para limpeza		2	
	Caixa mal colada			4
	Falta da boa pistola de sopro no estoque			
	Falta de padrão de altura e inclinação da pistola de cola			
	Falta de zero padrão no rebatedor de orelha		1	5
	Embalagem colada fora da caixa			
	Falta de padrão da célula do rebatedor de orelha			

ANEXO E: PLANO DE AÇÃO COM ACOMPANHAMENTO PDCA

Tabela 5 Plano de ação com acompanhamento PDCA

N°	OK ?	Date	Périmètre	Causes	Actions	Priorité	Respons.	Délai	Progrès PDCA
1	**Oui**	11/set	Bourrage Sortie	Guide sortie pas au standard	Remettre au standard	Haute	MR	11/set	A
2	**Oui**	11/set	Bourrage Sortie	Cellule sortie (éjection paquets ouvert) pas au standard	Remettre au standard	Haute	MR	11/set	A
3	**Oui**	11/set	Bourrage Magasin	Pas de standard de guide maint. magasin	Remettre au standard	Haute	MR	11/set	A
4	**Oui**	11/set	Collage d'étuis	Pas de standard visuel (pistolet colle déréglé)	Faire standard visuel	Haute	MR	11/set	A
5	**Oui**	11/set	Collage d'étuis	Pas de standard visuel (guides ou rabats déréglés)	Faire standard visuel	Haute	MR	11/set	A
6	**Oui**	11/set	Collage d'étuis	Standard écartement courroie pas suivi	Remettre au standard	Haute	MR	11/set	A
7	**Oui**	~~11/set~~	Bourrage Magasin	Pas de standard visuel des guides latéraux	Faire un standard visuel	Haute	MMG	11/set	A
8	**Oui**	~~11/set~~	Bourrage Magasin	Pas de standard (guides sustentation cellule palpeur)	Créer le standard de paramètre des guides	Haute	MR	11/set	A
9	**Oui**	11/set	Collage d'étuis	Buse colle trop petite	Changement de la buse colle	Moyenne	MR	11/set	A
10	**Oui**	15/set	Bourrage Magasin	Pas de standard d'inclinaison d'étuis	Remettre au standard	Haute	MMG	15/set	A
11	**Oui**	17/set	Bourrage Sortie	Chaîne à taquet déréglé	Remettre au standard	Haute	A2M	17/set	A
12	**Oui**	17/set	Bourrage Intro	Pas marquage sur le standard de ski	Mise en place de standard	Haute	MMG	17/set	A
13	**Oui**	17/set	Etat Machine	Ventouses pas alignés	Alignement de la tête de dépliage	Haute	A2M	17/set	A
14	**Oui**	17/set	Mauvaise Prise d'étui	Ventouses en mauvaise état	Changement des ventouses	Moyenne	MR	17/set	A
15	**Oui**	17/set	Etat Machine	Changement cellule sortie (mise à zéro chaîne à taquet)	Changement cellule	Haute	A2M	17/set	A
16	**Oui**	17/set	Etat Machine	Recalage pignon sortie chaîne à taquet	Changement de pignon	Haute	A2M	17/set	A
17	**Oui**	17/set	Mauvaise Prise d'étui	Piab cassé	Remplacement Piab	Haute	A2M	17/set	A
18	**Oui**	28/set	Bourrage Magasin	Fuite d'air / pas d'avancement de courroie	Changement du distributeur d'air	Haute	A2M	28/set	A
19	**Oui**	03/out	Bourrage Magasin	Pas d'accès à la montée magasin	Enlèvement du carter	Haute	A2M	05/out	A
20	**Oui**	07/out	Collage d'étuis	CIL* pas fait / Nettoyage du bac oublié	Vérification du CIL* par le 1er ligne	Haute	1erDeLigne	09/out	A

21	**Oui**	08/out	Bourrage Magasin	Pas de formation et de photo de référence visible (étuis à l'envers)	Remettre la communication	Moyenne	MMG	02/out	A
22	**Oui**	08/out	Collage d'étuis	Courroie sortie cassée / usée	Changement CIL* de nettoyage	Moyenne	MMG	02/out	A
23	**Oui**	08/out	Bourrage Intro	Nettoyage fin poste sans arrêt machine (étuis coincés chaîne)	Changement CIL* de nettoyage	Moyenne	MMG	02/out	A
24	**Oui**	08/out	Bourrage Intro	Temps de vie ventouse ilots inconnu	Changement CIL* de nettoyage	Moyenne	MMG	02/set	A
25	**Oui**	09/out	Bourrage Sortie	Régulateur Manomètre déréglé	Mettre band R/V	Moyenne	MR	18/out	A
26	**Oui**	12/out	Collage d'étuis	Pas de gabarit taille pochon	Mise en place du gabarit	Moyenne	MMG	02/out	A
27	**Oui**	14/out	Bourrage Sortie	L'oubli du bac à colle allumé le samedi matin	Ajouter CIL* week-end (we)	Haute	MMG	18/out	A
28	**Oui**	14/out	Bourrage Magasin	Montage mal fait / Pièce usée (courroie montée magasin)	ajouter au CIL* we (machine arrêté)	Haute	MMG	18/out	A
29	**Oui**	17/out	Bourrage Sortie	Fuite d'air	Mise en place des 4 manom. R/V	Haute	A2M	18/out	A
30	**Oui**	19/out	Bourrage Intro	Limite de vie de chaîne à taquet pas déterminé / chaîne détendue	ajouter gabarit R/V comme sur M34	Baisse	MR	18/out	A
31	**Oui**	19/out	Bourrage Intro	Oublie / Manque attention (pochon / RAZ)	faire OPL	Moyenne	MMG	18/out	A
32	**Oui**	23/out	Bourrage Sortie	Pas de standard d'hauteur / inclinaison du pistolet	Fixer le pistolet (goupillé)	Moyenne	A2M	18/out	A
33	**Oui**	25/out	Etat Machine	Guide maintien magasin pas symétrique	Remplacement du guide (optim. Géométrie)	Haute	A2M	18/out	A
34	**Oui**	28/out	Etat Machine	Pas d'analyse de gonflant d'étuis	Mise en place d'un module de validation sur ligne	Haute	MR	30/out	A
35	**Oui**	03/nov	Bourrage Intro	Problème paramètre standard mécanique du carrousel	Mise à jour du standard	Moyenne	RTP	30/out	A
36	**Oui**	03/nov	Collage d'étuis	Pas de rappel visuel (niveau de colle faible) dans la poubelle	Mettre plexi et gabarit R/V sur le bac à colle	Moyenne	A2M	01/out	A
37	**Oui**	06/nov	Etat Machine	Guide maintien magasin pas bien attaché	Mise en place de 2eme fixation	Haute	A2M	01/nov	A
38	**Oui**	15/nov	Bourrage Sortie	Pas de standard ou de zéro du rabatteur d'oreille	Créer le standard	Moyenne	A2M	15/nov	A

*CIL: Grade de auditoria da máquina PDCA (**P**lan, **D**o, **C**heck, **A**ct)

ANEXO F: VALOR PADRÃO NA CONFIGURAÇÃO DA EMBALADORA

Tabela 6 Tabela de valores padrões para a programação do console da embaladora

Parâmetros da máquina	**Parâmetros**	**Unidades**
Passo da cadeia de transporte	158,750	mm
Velocidade rotação	200	rpm
Aceleração máquina	30	rad/s^2
Desaceleração máquina	90	rad/s^3
Posição parada em fase	20	mm
Dupla cadeia	300	%
Dupla de desempilhamento	400	%
Dupla transportador 36	200	%
Dupla transportador 39	200	%
Dupla pistão introdução	300	%
Cadeia	23	mm
Desempilhamento	25	°
Transportador	10	mm
Pistão de introdução	31	mm
Largura transportador embalagens individuais	110	mm

Parâmetros cames	ON	OFF	
Aspiração caixas	120	55	°
Sustentação caixas 1	12	300	°
Expulsão de ar	300	70	°
Colisão guias	22	290	°
Presença produto para aspiração	150	0	mm
Presença produto para introdução	10	55	mm
Controle produto alto	100	120	mm

Parâmetros cola		ON	OFF	
1º traço	Esquerda	45	60	----
	Direita	35	55	----
2º traço	Esquerda	80	95	----
	Direita	80	95	----
3º traço	Esquerda	0	0	----
	Direita	0	0	----

Parâmetros entrada de caixas empilhadas			
Tapete entrada	Número avanço	20	----
	Número avanço	2	----
Avanço engrenagem	Número avanço	3	----
	Número avanço	1	----
Motor de avanço	Número avanço	2	----
	Duração avanço	0,1	s