

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

APLICAÇÃO DO DMAIC PARA A REDUÇÃO DO NÚMERO DE RECLAMAÇÕES POR
ITENS DEFEITUOSOS EM UMA INDÚSTRIA DE EMBALAGENS

THAIS ALMEIDA FIGUEIREDO

JOÃO PESSOA - PB

2018

THAIS ALMEIDA FIGUEIREDO

APLICAÇÃO DO DMAIC PARA A REDUÇÃO DO NÚMERO DE RECLAMAÇÕES POR
ITENS DEFEITUOSOS EM UMA INDÚSTRIA DE EMBALAGENS

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC)
apresentado à Coordenação do Curso de
Engenharia de Produção da Universidade
Federal da Paraíba como um dos requisitos
para a obtenção do título de Bacharel em
Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. Dr. Luciano Costa Santos

JOÃO PESSOA – PB

2018.

F475a Figueiredo, Thais Almeida.

Aplicação do DMAIC para a redução do número de reclamações por itens defeituosos em uma indústria de embalagens. / Thais Almeida Figueiredo. - João Pessoa, 2018.

63 f. : il.

Orientação: Luciano Santos.

Monografia (Graduação) - UFPB/CT.

1. Redução da variabilidade; Qualidade; Seis sigma. I. Santos, Luciano. II. Título.

UFPB/BC



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

FOLHA DE APROVAÇÃO

Aluna: Thais Almeida Figueiredo

Título do Trabalho: Aplicação do DMAIC para a redução do número de reclamações por itens defeituosos em uma indústria de embalagens.

Trabalho defendido em **31/10/2018**, sob julgamento da banca examinadora:

Prof. Dr. Luciano Costa Santos

(Professor Orientador)

Departamento de Engenharia de Produção – CT/UFPB

Prof. Dr. Darlan Azevedo Pereira

(Examinador Interno)

Departamento de Engenharia de Produção – CT/UFPB

Prof. Dr. Rogério Santana Peruchi

(Examinador Interno)

Departamento de Engenharia de Produção – CT/UFPB

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha mãe, pelo seu carinho e ótimo trabalho na criação dos filhos, contribuindo com a minha formação profissional e pessoal. À minha namorada, Amanda Fernandes, por todo amor e por não medir esforços na hora de me acalmar e fornecer suporte durante os momentos de necessidade. Aos amigos Mateus Marcelino, Sara Correia, Maria Luiza, Pedro Pacheco, Vitor Nesello e Waleci Lira, que comigo dividiram os prazeres e aperreios dessa etapa da vida. À Lígia Bonisson, por reinventar meu conceito de amizade com seus ensinamentos, cuidados e parceria, acrescentando um imenso significado ao meu intercâmbio. À Saad Bhatti, por aturar minhas oscilações de humor durante tantos anos, superando a distância entre países, ouvindo meus desabaços e contribuindo com seus conselhos. Por fim, gostaria de agradecer aos professores Luciano Santos e Juliana Machion, por todo o apoio, disponibilidade e paciência.

RESUMO

FIGUEIREDO, Thais A. **Aplicação do DMAIC para a redução do número de reclamações por itens defeituosos em uma indústria de embalagens.** 2018, 53 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção) – Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2018.

No cenário corrente, observa-se a crescente exigência dos clientes, cada vez mais próximos de uma cultura de zero defeitos. Neste sentido, é evidente que o fornecedor que não acompanhar o ritmo corre o risco de ser substituído. Foi observado que resultados de pesquisas científicas apontam o DMAIC como uma metodologia satisfatória para a melhoria de processos e redução da variabilidade. Nesse contexto, o presente estudo parte do princípio de redução do número de produtos defeituosos para o aumento da satisfação do cliente em uma indústria de embalagens de papelão ondulado. A necessidade foi percebida a partir da inexistência de uma tendência de redução do número de reclamações de clientes na área de conversão e paletização de embalagens da empresa analisada. A suspeita é de que o motivo dessa estagnação seja a ausência de uma estrutura de investigação de causas raízes e a inexistência do acompanhamento das soluções implantadas. Neste sentido, a metodologia DMAIC foi aplicada para o desenvolvimento uma estrutura de orientação para a tratativa de relatórios técnicos (gerados a partir de lotes defeituosos) e desenvolvimento de plano de ação, além da sugestão de indicadores para o acompanhamento das melhorias. Os resultados trazem uma maior precisão na identificação da causa raiz dos defeitos e o fornecimento das diretrizes para o acompanhamento das ações implantadas, garantindo a melhoria contínua. Com esses ganhos, espera-se reduzir significativamente o número de RTs gerados.

Palavras-chave: Redução da variabilidade; Qualidade; Seis sigma.

ABSTRACT

FIGUEIREDO, Thais A. **An application of DMAIC to reduce the number of customer complaints due to defective items in a packaging industry.** 2018, 53 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção) – Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2018.

In the current scenario, it is noted an increasing clients demand for quality, getting closer to what could be a zero defects culture. In this sense, the supplier must follow the clients rhythm or suffer the consequences of being replaced. Scientific researches portray the DMAIC method as satisfactory for process improvement. In this context, this study is carried out in a corrugated packaging industry, the present study follows the perspective that customer satisfaction is increased by the reduction of defective products. Currently at the company, the number of customer complaints (registered as technical reports) from the conversion and palletization areas show no tendency for reduction. The reason for this stagnation is suspected to be both the absence of a methodology for root cause investigation and the lack of monitoring of the implanted solutions. Therefore, an improvement opportunity was identified and DMAIC methodology was applied to correct these flaws. The results bring a greater accuracy in identifying the root cause of defects, the structuring of indicators and guidelines for monitoring the implemented actions and establishment of continuous improvement. With these gains, a reduction of the number of technical reports is expected.

Keywords: Reduction of variability; Quality; Six sigma.

LISA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

CE	<i>Count Ejector</i>
CV	Corte e Vinco
DMAIC	<i>Define, Measure, Analyse, Improve, Control</i>
FF	Ficha de Fabricação
FI	Ficha de Impressão
FMEA	<i>Failure mode and effect analysis</i>
MASP	Método de Análise e Solução de Problemas
PDA	Percentual de defeito aceitável
PDCA	<i>Plan, do, check, act</i>
RT	Relatório Técnico
SIPOC	<i>Supply, Input, Process, Output, Customer</i>

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURAS:

Figura 1 – SIPOC	28
Figura 2 – Mapeamento Macro do Processo	30
Figura 3 – Fluxograma do processo de conversão	31
Figura 4 – Fluxograma do processo de paletização	27
Figura 5 – Diagrama de Ishikawa: Embalagem fora de esquadro	43
Figura 6 – Diagrama de Ishikawa: Junta de fechamento sobreposta	43
Figura 7 – Diagrama de Ishikawa: Orelha descolada	44
Figura 8 – Diagrama de Ishikawa: Padrão de paletização	44
Figura 9 – Diagrama de Ishikawa: Tonalidade fora do padrão	45
Figura 10 – Diagrama de Ishikawa: Variação no comprimento do entalhe	45
Figura 11 – Diagrama de Ishikawa: Vincagem insuficiente	45
Figura 12 – Fluxograma de investigação da causa raiz	47
Figura 13 – Aplicação do fluxograma de investigação da causa raiz	50

GRÁFICOS

Gráfico 1 – Relatórios Técnicos: Comparativo 2017 x 2018 (até set. 2018)	32
Gráfico 2 – Pedidos Expedidos e Percentual Referente aos RTs de Impressoras (2018)	33
Gráfico 3 – Carta de Controle da Fração de Lotes Defeituosos de Janeiro a Setembro de 2018 .	34
Gráfico 4 – Diagrama de Pareto de RTs por área de janeiro a dezembro de 2018	35
Gráfico 5 – Diagrama de Pareto de Modos de Defeito	36

QUADROS:

Quadro 1 – DMAIC e PDCA	17
Quadro 2 – Ferramentas aplicadas na etapa Definir	18
Quadro 3 – Ferramentas aplicadas na etapa Medir	19
Quadro 4 – Ferramentas aplicadas na etapa Analisar	20
Quadro 5 – Ferramentas aplicadas na etapa Melhorar	20
Quadro 6 – Ferramentas aplicadas na etapa Controle	21
Quadro 7 – Variáveis e ferramentas necessárias para cada fase do DMAIC	24

Quadro 8 – Project Charter	27
Quadro 9 - Pontos de verificação pré plano de ação	49
Quadro 10 - Aplicação dos pontos de verificação pré plano de ação	51
Quadro 11 – Indicadores	52

TABELAS:

Tabela 1 – FMEA	38
-----------------------	----

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
1.1 Objetivo Geral	12
1.1.1 Objetivos Específicos	12
1.2. Justificativa	12
2. REVISÃO DA LITERATURA	15
2.1 Metodologias para a promoção da qualidade – PDCA e Seis Sigma.....	15
2.3 DMAIC	16
3. METODOLOGIA.....	22
3.1 Classificação da Pesquisa.....	22
3.2 Contexto da Pesquisa e Caracterização do Objeto de Estudo.....	22
3.3 Coleta e análise de dados	22
4. RESULTADOS	25
4.1. Definir	25
4.2. Medir	31
4.3 Analisar	36
4.4 Melhorar.....	45
4.4.1 Aplicação do modelo de investigação desenvolvido em um caso real.....	48
4.5 Controlar	50
5. CONCLUSÃO.....	53
5.1 Atendimento aos objetivos	53
5.2 Sugestões de futuros trabalhos	54
REFERÊNCIAS	56
ANEXO.....	60

1. INTRODUÇÃO

Um cenário onde a atenção é voltada unicamente para a produção, em que vender é apenas uma consequência, não se demonstra sustentável nos dias atuais. O novo ciclo produtivo exige padrões que não admitem falhas nem desperdícios, a fim de alcançar maiores índices de satisfação dos clientes. Verifica-se progressivamente a necessidade de engajamento do relacionamento com o consumidor com o propósito de desenvolver uma carteira de clientes fidelizada. Nesse interim, a satisfação do consumidor configura-se como fator determinante no sucesso do negócio. Problemas como reclamações de clientes, produtos defeituosos, custos excessivos, desperdícios e demais fatores atrelados ao processo produtivo devem ser submetidos a análises e melhorias constantes.

Neste contexto, o presente estudo se desenvolve em uma indústria brasileira de embalagens de papelão ondulado. Atualmente, a organização possui diversas unidades industriais espalhadas pelo Brasil. Seus produtos servem a alimentos, eletroeletrônicos, bebidas, cimento, produtos de limpeza e higiene, produtos químicos, entre outros. Atualmente, nos processos de conversão e paletização da fábrica, foi observado que o número de reclamações de clientes por itens defeituosos não apresenta perspectiva de redução. Acredita-se que o motivo seja a criação de planos de ação que geram soluções temporárias por não atacarem as causas raízes ou por não existir um plano de acompanhamento das melhorias.

Com foco nessa abordagem, esta pesquisa é embasada na metodologia DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve e Control*) para a redução do número de reclamações por defeito de conversão e paletização em uma indústria de embalagens de papelão ondulado. Espera-se que através da aplicação da metodologia de melhoria de processos, as soluções sejam mais eficazes devido a garantia do tratamento das causas raízes, além da promoção de um controle das melhorias que é imprescindível para a sustentabilidade das soluções.

“O DMAIC é mais caracterizado pelo seu potencial de solução de problemas por assegurar a redução na taxa de defeitos e falhas nos produtos, serviços e processos” (SANTOS; MARTINS, 2008). Sokovic, Pavletic e Pipan (2012) o definem como uma abordagem sistemática que se baseia em fatos que fornecem uma estrutura de gerenciamento de projetos de melhoria orientada a resultados. A partir da definição dos objetivos o problema é medido e investigado. Conforme apontado por Hwang (2006), suas causas raízes são identificadas e

confirmadas através de ferramentas de análise de dados. Com uma certa confiança de estar tratando o problema pela perspectiva correta, são desenvolvidas as atividades necessárias para saná-lo. Por fim, para a consolidação dos resultados, há o acompanhamento de indicadores alinhados à estratégia da empresa.

Em estudo desenvolvido por Chakraborty, Biswas e Ahmed (2013), após a aplicação do DMAIC para redução da variabilidade no processo, foi concluído que a melhoria na qualidade dos produtos e o aumento da satisfação do cliente estão entre os maiores benefícios percebidos. Os autores afirmam que a aplicação bem-sucedida desta técnica de gerenciamento impacta positivamente a organização. No geral, o método escolhido tem se mostrado eficiente para a solução de problemas de redução de itens defeituosos. Por este motivo, foi verificado um alto potencial em sua aplicação para a redução das reclamações de clientes através da melhoria contínua.

Foi verificado que como a empresa não possui nenhum método documentado para a investigação de problemas e não há um acompanhamento das melhorias promovidas, é desejada a aplicação do DMAIC. Além de facilitar a identificação da causa raiz dos defeitos através de ferramentas de análise de dados que possibilitam a confiança dos resultados, a metodologia ainda fornece as diretrizes para o acompanhamento e controle das soluções.

1.1 Objetivo Geral

Aplicar a metodologia DMAIC como uma orientação a busca de solução para o número de reclamações por itens defeituosos em uma indústria de embalagens.

1.1.1 Objetivos Específicos

- Criar método para sistematização do processo de investigação e identificação de causas de defeitos;
- Estabelecer rotinas de desenvolvimento de planos de ação e acompanhamento das melhorias;
- Criar método/rotina de controle para reclamações por defeito de conversão e paletização, promovendo a melhoria contínua.

1.2. Justificativa

No caso estudado, há o interesse da empresa em se manter líder de produção e exportação de embalagens de papelão ondulado. Para tanto, a empresa deve evitar que o cliente perceba vantagens significativas na concorrência. Neste sentido, a qualidade é primordial e os defeitos e reclamações devem ser eliminados. De acordo com Womack e Jones (2003), produtos com

defeito se enquadra em um dos sete desperdícios que devem ser extintos para a criação de riqueza na organização. A essência dessa afirmação está no custo inserido ao desperdício.

A fabricação das caixas – embalagens de papel ondulado – deve seguir especificações pré-determinadas que influenciam diretamente a linha de produção dos clientes. Quaisquer desvios de qualidade nas embalagens podem acarretar altos custos. No caso de clientes que possuem linhas de produção automatizadas, caixas com desvio de qualidade geralmente ocasionam paradas não planejadas. Quando se trata da linha de produção manual, pode tornar-se necessário a intensificação do trabalho, às vezes alocando um número maior de mão de obra para trabalhar com as caixas defeituosas.

Transportando essa realidade para o ramo alimentício, o cliente impõe requisitos mais criteriosos. A indústria que fornece embalagens precisa atentar-se a níveis de conformidade altamente elevados, em que a presença de pó ou refilo pode contaminar o produto que será armazenado. Além disso, qualquer abertura na embalagem pode permitir a entrada de insetos ou roedores que contaminariam o alimento. Salienta-se que, se solicitado pelo consumidor, a indústria poderá arcar com a devolução do lote ou das peças defeituosas. Além disso, no caso de paradas não planejadas na linha do cliente devido ao mal funcionamento das embalagens, pode ser solicitado que a empresa fornecedora arque com os custos incorridos.

Adentrando nas reclamações, quando é gerado um relatório técnico, o cliente aguarda o parecer sobre o caso e a realização de que um plano de ação eficaz seja definido e aplicado para corrigir as inconformidades. Vale salientar que a recorrência dos mesmos problemas pode deixar o cliente insatisfeito a ponto de trocar de fornecedor. A indústria objeto de estudo não possui uma metodologia para resolução dos problemas, o que dificulta a identificação da causa raízes, impactando na eficácia da solução do problema.

No contexto do gerenciamento de processos, Vom Brocke *et al.* (2010) definem os métodos como o conjunto de ferramentas e técnicas que suportam e permitem atividades ao longo do ciclo de vida do processo. Trkman (2010) afirma em seu estudo que somente os processos padronizados trazem tarefas padronizadas que podem ser suportadas por uma solução tecnológica adequada. Nesse contexto, espera-se que a metodologia focada em resultados forneça os meios para uma mudança de cenário rumo a eliminação de desperdícios através de ações apropriadas e promovendo a melhoria contínua.

Assim, observou-se uma oportunidade de melhoria a partir da sistematização do processo de investigação e eliminação de defeitos no processo de conversão de embalagens de papelão ondulado. Para isso, o trabalho é baseado na metodologia DMAIC, uma vez que se mostra útil para este tipo de problema e facilita o monitoramento de ações preventivas desenvolvidas, garantindo sua continuidade e eficácia.

Do ponto de vista acadêmico, esta pesquisa ressalta a importância da sistematização de procedimentos e ainda contribui para os estudos que objetivam a eliminação de desvios de qualidade em processos. Além disso, o modelo proposto para a investigação da causa raiz, criação do plano de ação e monitoramento pode ser aplicado em qualquer indústria de embalagens de papelão ondulado que realize processos semelhantes.

No próximo capítulo, será explorada a revisão da literatura que serviu de base para o desenvolvimento deste estudo. Em seguida, são descritos os procedimentos metodológicos utilizados para a estruturação do trabalho. Só então os resultados são expostos e discutidos no item. Por fim, os objetivos são resgatados e é apresentada uma conclusão a respeito do estudo.

2. REVISÃO DA LITERATURA

A definição dos conceitos acerca da metodologia DMAIC e ferramentas aplicadas durante o desenvolvimento do estudo faz-se necessária para que a proposta principal desta pesquisa seja atendida com sucesso. A preocupação em minimizar os produtos defeituosos está intimamente ligada com a evolução do conceito de melhoria contínua aplicada na área da qualidade.

2.1 Metodologias para a promoção da qualidade – PDCA e Seis Sigma

O ciclo PDCA (em inglês *Plan, Do, Check, Act*) foi concebido por Walter Shewhart por volta da década de 20 e posteriormente ganhou respaldo no mundo através do professor americano Dr. Edwards Deming que disseminou a metodologia em meados da década de 50 (CAMPOS, 2002). Segundo Mariani (2005, p. 113) “o método PDCA é utilizado pelas organizações para gerenciar os seus processos internos de forma a garantir o alcance de metas estabelecidas, tomando as informações como fator de direcionamento das decisões.”

De acordo com Slack, Chambers e Johnston (2002), o PDCA é estabelecido como um ciclo gerenciável que comporta uma sucessão de atividades visando uma melhoria contínua dos processos. Ainda segundo os autores, o PDCA pode ser definido como uma metodologia com foco na verificação dos processos, de acordo com os passos abaixo:

- “a) Planejar: esta fase caracteriza-se em estabelecer os objetivos, estratégias e ações, formalizando a metodologia necessária para alcançar os resultados de acordo com os requisitos dos clientes e com as políticas da organização;
- b) Fazer: capacitar a organização, implementar os processos e acompanhar a execução do planejamento previsto;
- c) Checar: esta fase consiste em comparar o planejamento previsto com os dados obtidos na execução, monitorando e medindo os processos e produtos em relação às políticas, aos objetivos e aos requisitos estabelecidos;
- d) Agir: tomar ações para continuamente melhorar o desempenho do processo. Caso sejam identificados desvios, é necessário definir e implementar soluções que eliminem as suas causas. Não havendo desvios, padronizam-se os procedimentos.” (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2002, p. 607).

Mais recente e complexa, a metodologia Seis Sigma foi introduzida pela primeira vez em 1987 e de acordo com Linderman *et al.* (2003), trata-se de um método sistematizado para a modernização dos processos estratégicos que tem como objetivo reduzir drasticamente a variabilidade das taxas de defeitos através da utilização de métodos estatísticos. Dessa forma, sua intenção é a fabricação de produtos sem defeitos (RATHILALL, R.; SINGH, S., 2018).

Conforme apontado por Silva *et al.* (2017), esse programa de melhoria vem ganhando popularidade principalmente devido aos relatos de ganho financeiro com ele obtidos. Em sua aplicação, da identificação de oportunidades de melhoria até o ponto em que se atinge a sustentabilidade dos resultados, o Seis Sigma é guiado pela metodologia DMAIC (SCHROEDER *et al.*, 2008). Essa utilização é feita de modo que técnicas de análise de causa raiz e ferramentas estatísticas são aplicadas em cada passo do DMAIC para atingir níveis contínuos e melhorias (RATHILALL, R.; SINGH, S., 2018). A partir disto, o tópico a seguir apresenta uma explanação mais abrangente da metodologia DMAIC. O método foi escolhido por possuir ferramentas associadas que apresentam um bom resultado nesta linha de pesquisa.

2.3 DMAIC

Durante a década de 80 nos Estados Unidos, a Motorola desenvolveu a metodologia Seis Sigma visando a redução na variação dos processos (LOPES *et. al*, 2014). Inicialmente, o conceito do Seis Sigma surgiu de um aprimoramento realizado pela Motorola da ferramenta PDCA (Planejar, Fazer, Checar, Agir). No desenvolvimento em busca de uma nova metodologia, foram compreendidas quatro fases: MAIC (Medir, Analisar, Melhorar e Controlar), e logo em seguida a fase D (Definir) foi acrescida na concepção do Seis Sigma que resultou no DMAIC (CUTRIM *et. al*, 2017). Segundo Carpinetti (2012), o DMAIC é um PDCA estruturado de forma diferente, conforme ilustrado no quadro abaixo:

Quadro 1 – DMAIC e PDCA

<i>Define</i>	<i>Plan</i>
<i>Measure</i>	
<i>Analyze</i>	
<i>Improve</i>	<i>Do</i>
<i>Control</i>	<i>Check</i>
	<i>Act</i>

Fonte: Gomes Filho (2017)

Segundo Montgomery e Woodall (2008), o DMAIC é um método de resolução de problemas estruturado usado na melhoria da qualidade de processos que encoraja o pensamento criativo sobre o problema e sua solução no âmbito da definição do produto, processo ou serviço.

Além disso, os autores afirmam que o DMAIC não está necessariamente vinculado formalmente ao Seis Sigma, e pode ser usado independentemente por uma organização. Este estudo é uma aplicação que exemplifica essa independência.

Andrietta e Miguel (2007) afirmam que a metodologia DMAIC é um conjunto ordenado para a solução de problemas. Para Carpinetti (2012), trata-se de um método iterativo de melhoria, a exemplo do PDCA ou MASP. Sua fase de controle permite a utilização de ferramentas que contribuem com o processo de melhoria contínua. Shankar (2009) destaca que a partir da utilização das ferramentas e técnicas das fases do DMAIC, é possível alcançar uma solução sustentável de um determinado problema, que o irá minimizar ou eliminar, colocando a organização em uma posição competitiva.

Diversas ferramentas são indicadas para aplicação durante a construção do DMAIC, as quais serão especificadas por etapas nos tópicos abaixo apenas as que foram utilizadas nesta pesquisa, uma vez que a metodologia, e conseqüentemente suas ferramentas, podem ser aplicadas de forma diferente a depender do contexto abordado.

- **DEFINIR** (*Define*)

Na etapa de definição, tem-se com clareza a estruturação do escopo do projeto, que decorre a partir da identificação das métricas que impactam o projeto, da equipe e do processo trabalhado, tomando como base as necessidades e expectativas apresentadas pelo cliente (MONTGOMERY, 2009; CARPINETTI, 2012). Os autores Carvalho e Paladini (2005) expõem em seus estudos que nesse estágio são identificados os processos críticos que acarretam resultados não satisfatórios, exemplificando: excessivo número de reclamações de clientes, produtos com baixa qualidade, custos elevados com a mão de obra, entre outros. (CARVALHO; PALADINI, 2005).

Quadro 2 – Ferramentas aplicadas na etapa Definir

<p>SIPOC (<i>Suppliers, Inputs, Process, Outputs, Customers</i>)</p>	<p>De acordo com Montgomery (2009), é um mapa de alto nível de um processo. No piloto da matriz devem ser desenhadas as entradas, as saídas, as especificações e o fluxo de cada etapa (MARRA, <i>et al.</i>, 2012). Os autores ainda afirmam que é possível propor melhorias nos fluxos dos processos uma vez que tem-se mais claramente a visão do todo, permitindo desta forma, alcançar níveis de qualidade maiores.</p>
---	--

Mapa de Processo

Fluxograma do processo que pode ser construído por diversas técnicas de mapeamento. Fluxo gráficos e mapas de fluxo de valor fornecem muitos detalhes visuais e facilitam a compreensão sobre o que precisa ser mudado em um processo (MONTGOMERY, 2009).

Fonte: Elaborado pela autora.

- MEDIR (*Measure*)

Na fase de medição, é realizado um diagnóstico do cenário atual para focalização do problema (WERKEMA, 2013; LIN, HORNYAK, 2012). Através do levantamento de dados históricos é possível quantificar o que necessita ser tratado, elencando as prioridades do processo e facilitando a tomada de decisão (LIN *et al.*, 2013; CARPINETTI, 2012; MONTGOMERY, 2009). O autor Montgomery (2009) ainda afirma que o objetivo da etapa de medição é avaliar e entender o estado atual do processo.

Quadro 3 – Ferramentas aplicadas na etapa Medir

Diagrama de Pareto	O gráfico de Pareto é simplesmente uma distribuição de frequência (ou histograma) de dados de atributos organizados por categoria. Gráficos de Pareto são frequentemente usados nas etapas de medida e análise do DMAIC (Montgomery, 2009). Eles ajudam a equipe a concentrar seus esforços nos fatores que causam maior impacto.
Estatística Descritiva	“Estatísticas descritivas são usadas para resumir e caracterizar dados. Ela fornece uma medida quantitativa das características (como a média e o desvio padrão) dos dados da amostra. Tem aplicação útil em quase todas as áreas onde os dados quantitativos são coletados” (MOOSAA; SAJIDB, 2010, p. 750, tradução nossa).
Nível Seis Sigma	Conforme colocado por Lemos (2010), o seis sigma é adotado pela organização visando a melhoria do negócio a partir do combate a variação dos processos. De acordo com Werkema (2004), a determinação do nível sigma é uma ótima métrica para a aferição de um processo.

Fonte: Elaborado pela autora.

- ANALISAR (*Analyze*)

Nesta etapa de aplicação do DMAIC, uma vez já levantado os dados na fase de medição, objetiva-se a determinação das causas raízes do problema e posteriormente seus efeitos no processo (WERKEMA, 2011; CARPINETTI, 2012). Santos (2006) afirma ainda que nesse momento torna-se perceptível diferenciar o desempenho real x planejado.

Em outras palavras, na etapa de análise, queremos determinar as possíveis causas dos

defeitos, problemas de qualidade, problemas do cliente, tempo de ciclo e problemas de rendimento, ou desperdício e ineficiência que motivaram o projeto. (MONTGOMERY, 2009).

Quadro 4 – Ferramentas aplicadas na etapa analisar

FMEA	De acordo com Carpinetti (2012), a ferramenta para análise do tipo e efeito de falha (Do inglês, <i>Failure Mode and Effect Analysis</i>) proporciona o reconhecimento e listagem dos defeitos/falhas apresentados em um processo produtivo. Ainda segundo este último autor e Werkema (2011), a ferramenta apoia na criação de planos de ação para melhoria do processo através da minimização de riscos. Sendo assim, aumenta-se a confiabilidade do processo, dimensão da qualidade cada vez mais importante para os consumidores (TOLEDO; AMARAL, 2006).
Diagrama de Ishikawa	Ferramenta utilizada para associar variadas causas a um determinado problema. Carpinetti (2012) afirma que a aplicação do Diagrama de Ishikawa serve como um guia para identificação da causa raiz do problema tratado.

Fonte: Elaborado pela autora.

- MELHORAR (*Improve*)

Nesta etapa, procura-se determinar as soluções que devem ser implementadas para redução dos níveis de defeito, com o objetivo de alcançar as metas definidas na etapa M (Medir) (WERKEMA, 2011). Segundo Santos (2006), a utilização de soluções criativas que compõem um determinado projeto é o caminho para se obter uma melhoria do processo.

Quadro 5 – Ferramentas aplicadas na etapa Melhorar

5G	De acordo com De Queiroz e De Oliveira (2018), os princípios dos 5G são utilizados para identificar a causa raiz de um problema e eliminá-lo. São eles: <i>Genba</i> (lugar onde as coisas acontecem), <i>Genbutsu</i> (examinar o objeto – produto, máquina, ferramenta), <i>Genjitsu</i> (checar os fatos), <i>Genri</i> (análise dos princípios de funcionamento dos processos e seu conhecimento) e <i>Gensoku</i> (avaliação de procedimentos padrão). Ainda de acordo com o autor, através desses conceitos a descrição do problema realizada de modo a entender o problema em detalhe.
Poka Yoke	Introduzido por Shigeo Shingo em 1961, o <i>Poka-Yoke</i> tem a função de prevenir erros. “Inicialmente, foi considerado um dispositivo físico utilizado para impedir que os erros pudessem ocorrer. Hoje em dia, assume um significado muito mais abrangente, podendo ser definido como uma ferramenta anti-erro, uma técnica de controle da qualidade ou uma filosofia da qualidade. “ (NOGUEIRA et al., 2010, p. 03)
Plano de Ação	Segundo Werkema (1995) o 5W2H ou plano de ação é utilizado como planejamento de soluções e segue a estrutura em colunas que contêm as informações o que (what), quando (when), quem (who), onde (where), por que (why), como (how) e quanto (how much). “No quadro utilizado nesta ferramenta é possível visualizar a solução adequada de um problema, com possibilidades de acompanhamento da execução de uma ação. Buscando facilitar o entendimento através da definição de métodos, prazos, responsabilidades, objetivos e

recursos.” (MAICZUK; JÚNIOR, 2013, p. 05)

Fonte: Elaborado pela autora.

- CONTROLE (*Control*)

Segundo Montgomery (2009), os objetivos da etapa de controle são concluir todos os trabalhos restantes no projeto e entregar o processo melhorado, juntamente com um plano de controle de processo e outros procedimentos necessários para garantir que os ganhos do projeto sejam institucionalizados. Ainda segundo o autor, o objetivo é garantir que os ganhos sejam de ajuda no processo e, se possível, melhorias serão implementadas em outros processos similares no negócio.

Werkema (2011) e Carpinetti (2012) esclarecem que ao final da aplicação do DMAIC, a etapa de controle deve garantir, em um cenário de longo prazo, que as metas sejam alcançadas e os resultados sejam mantidos.

Quadro 6 – Ferramentas aplicadas na etapa Controle

De acordo com De Oliveira *et al.* (2013), é utilizado para o controle da proporção de itens defeituosos para amostras com tamanho variável. Os autores aplicam seu uso ao caso das características analisadas não poderem ser representadas numericamente.

Conforme Ramos, De Almeida e Santos (2013), a fração de itens não conformes (p_j) é definida por:

$$p_j = \frac{d_j}{n_j}, \quad j=1, \dots, n \quad (3)$$

Onde d_j é o número de itens não conformes na amostra e n_j é o total de itens da amostra.

Sendo assim, os autores definem os limites superior (LSC), inferior (LIC) e central (LC) por:

$$LSC = p + K \sqrt{\frac{p(1-p)}{n}} \quad (4);$$

$$LC = p \quad (5);$$

$$LIC = p - K \sqrt{\frac{p(1-p)}{n}} \quad (6).$$

Onde controle K sigma é fixado em 3.

*Carta de controle
por atributos p*

Capabilidade

Como colocado por Leite *et al.* (2003), a capacidade é calculada por

$$Capacidade = 1 - p \cdot 100 \quad (1)$$

Onde p é o percentual de produtos conformes do processo.

Para os autores, essa capacidade deve ser comparada com as metas da gerência, gerando o índice de capacidade (Cp):

$$Cp = \frac{p \text{ meta gerencial}}{p} \quad (2)$$

Leite *et al.* (2003) destacam que caso $Cp < 1$, a gerência deverá agir sobre o sistema.

Fonte: Elaborado pela autora.

Definidos os conceitos acerca da metodologia DMAIC e algumas das ferramentas comumente utilizadas, o próximo capítulo descreverá a análise que será realizada nos resultados a partir do uso desses conceitos para o cumprimento dos objetivos propostos.

3. METODOLOGIA

Este capítulo transpõe os conceitos explorados no embasamento teórico para a realidade do cenário estudado. Assim, apresenta-se a classificação da pesquisa, informações acerca da coleta dos dados e a descrição do método utilizado.

3.1 Classificação da Pesquisa

Por realizar uma análise das variáveis que causam os defeitos nos produtos, o presente estudo trata de uma pesquisa explicativa guiada pela metodologia DMAIC, que ainda propõe uma melhoria assistida. Fundamentada em melhorar a prática, este trabalho de caráter qualitativo tem seus procedimentos enquadrados na pesquisa-ação, visto que é conduzida pelo autor, que também é responsável pela implementação.

3.2 Contexto da Pesquisa e Caracterização do Objeto de Estudo

A indústria produz embalagens de papelão ondulado para o mercado nacional e exportação, atingindo clientes dos diversos segmentos. O problema que motivou o tema do estudo foi identificado no setor de processos, restrito a área de impressoras, e se resume a melhoria do processo de tratativa de reclamações por itens defeituosos. Desta forma, é estruturado um modelo de forma a auxiliar na identificação das causas raízes dos problemas, definição de plano de ações e acompanhamento de melhorias.

O processo analisado envolve tanto as impressoras flexográficas e corte e vinco quanto as máquinas paletizadoras. O fluxo de interesse contempla a conversão de chapas de papelão em embalagens (inclui o corte, vincagem e impressão) e a paletização que ocorre em seguida. O foco da análise é nos desvios de qualidade que geram relatório técnico e provêm das etapas descritas. Existe ainda a restrição de que o percentual de defeitos esteja acima do PDA (percentual de defeito aceitável) para geração de plano de ação. Essa restrição deve-se ao fato do PDA representar variações inerentes ao processo que são improváveis de serem notadas na inspeção devido ao baixo número de itens.

3.3 Coleta e análise de dados

A coleta de dados se estendeu durante as três primeiras fases do DMAIC e foi realizada a partir da análise documental de dados históricos da empresa e pelo que fora observado na rotina da autora da pesquisa-ação. A empresa possuía um histórico de dados de relatórios técnicos do

ano corrente e dados numéricos referentes ao ano de 2017, o que facilitou a fase de planejamento do método. O estudo contemplou o desenvolvimento de uma estrutura DMAIC, na qual as três primeiras etapas (definir, medir e analisar) tratam do entendimento a nível detalhado do problema mencionado. Tendo em vista a padronização da dinâmica de resolução dos problemas do dia a dia da empresa e não apenas a solução de um caso pontual, na fase de implementação é estruturado um passo a passo para investigação da causa raiz e criação de plano de ação para cada relatório técnico que seja aberto. Já a última etapa de controle indicará o ideal de acompanhamento das ações tomadas provenientes do modelo proposto para atingimento da meta estabelecida na primeira fase.

A seguir, serão detalhados os conteúdos de cada fase da metodologia aplicada, enquanto o Quadro 7 indicará as ferramentas da qualidade utilizadas, bem como as variáveis utilizadas no desenvolvimento de cada etapa.

Quadro 7 – Variáveis e ferramentas necessárias para cada fase do DMAIC

Etapa do DMAIC	Variáveis	Ferramentas Utilizaas
Definir	Volume de RTs por mês; Verificação de tendência; Etapas dos processos de conversão e paletização; Estimativa de ganho do projeto em percentual de redução de RTs.	Project Charter; SIPOC; Mapa de Processo.
Medir	Percentual dos pedidos expedidos que geraram RTs para impressoras; Percentual dos RTs referentes a área de impressoras; Frequência dos modos de defeito.	Diagrama de Pareto; Estatística descritiva; Capabilidade; Nível Sigma.
Analisar	Processos e subprocessos de conversão e paletização; Análise dos modos de falha; Análise dos efeitos das falhas; Impacto das falhas no ponto de vista do cliente; Causas potenciais das falhas; Frequência dos modos de defeito; Meios de detecção das falhas.	FMEA Diagrama de Ishikawa
Melhorar	Rastreamento do pedido; Avaliação dos recursos envolvidos na produção do pedido; Avaliação de dados históricos; Verificação de serviços de manutenção realizados; Verificação de procedimentos existentes.	5G Poka yoke Plano de Ação

ControlarFração de lotes defeituosos;
Número de defeitos por causa raiz.Cartas de controle
Nível sigma.

Na elaboração do FMEA, foram utilizados os critérios propostos por Toledo e Amaral (2006) para a definição das pontuações dos graus de severidade, ocorrência e detecção (Anexo A). Para uma maior coerência com o estudo desenvolvido, há uma ocorrência na geração de um relatório técnico e a proporção para a definição do índice considera unidades de pedido expedidos.

4. RESULTADOS

A seguir, os resultados são apresentados na sequência em que foram obtidos, seguindo o estabelecido pela metodologia DMAIC.

4.1. Definir

No setor em questão, foi verificado que as reclamações de clientes, expressas através de relatórios técnicos, não demonstram tendência de redução. Tal argumento pôde ser provado a partir da análise de dados históricos. Comprovado, o problema deve ser revertido para o aumento do nível de satisfação do cliente e eliminação de desperdícios. Antes da apresentação das evidências, a compreensão do processo se faz necessária. O Quadro 8 exibe de forma resumida uma apresentação formal do projeto, com objetivos benéficos, equipe. A partir dele, observa-se que o resultado esperado de redução de 40% no número de RTs deve ser percebido no dia 19/04/2019, com o fim do projeto.

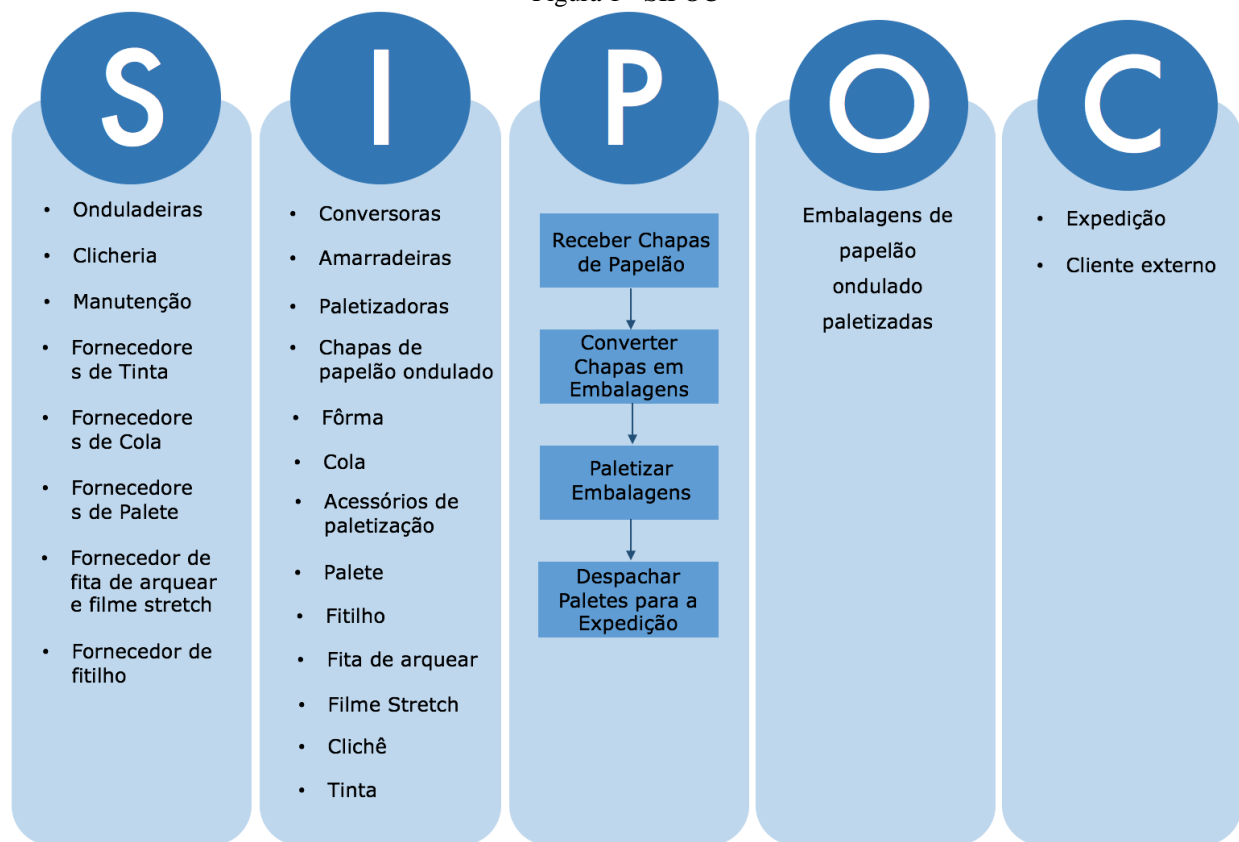
Quadro 8 – Project Charter

Project Charter	
Objetivo	Equipe do Projeto
Reduzir 40% da proporção de relatórios técnicos por itens defeituosos na área de impressoras em até 7 meses.	Estagiária Analista da Qualidade Analista de Processos
Descrição do Problema	Benefícios do Projeto
Atualmente, observa-se que o número de reclamações por produto defeituoso não possui tendência de redução. Para manter seus clientes a longo prazo, a empresa necessita apresentar melhoras neste sentido. O fato de na empresa o processo de tratativa de RTs não seguir uma metodologia dá margem a detecção de causas raízes irreais, anulando a eficácia das ações de melhoria. Além disso, não há o monitoramento das melhorias aplicadas. Assim, não se sabe até que ponto as ações desenvolvidas estão sendo eficazes.	Estruturação do processo de tratativa de reclamações por produtos defeituosos, o que facilita a identificação das causas raízes dos defeitos e guia o monitoramento das ações desenvolvidas de forma a garantir a melhoria contínua. Uma consequência esperada a partir de tais benefícios é a redução de pelo menos 50% do número de RTs, refletindo em uma maior satisfação do cliente e menores índices de refugo. Em contrapartida, a continuidade das reincidências de reclamações pode resultar no fim das relações com um cliente insatisfeito.
Escopo	Prazos
<ol style="list-style-type: none"> 1. Contextualização e definição do problema 2. Mensuração do problema 3. Análise dos dados 4. Desenvolvimento de plano de melhoria 5. Definição de indicadores 6. Aplicação das melhorias e coleta dos resultados <p>No escopo: Identificação dos defeitos mais comuns e suas principais causas raízes; Criação de método para sistematização do processo de investigação e identificação de causas de defeitos; Estabelecimento de rotinas de desenvolvimento de planos de ação e acompanhamento das melhorias; Definição de indicadores que auxiliem no monitoramento da melhoria contínua.</p> <p>Fora de escopo: RTs provenientes de defeito de outras áreas.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Contextualização e definição do problema - 19/09/2018 2. Mensuração do problema - 24/09/2018 3. Análise dos dados - 10/10/2018 4. Desenvolvimento de plano de melhoria - 17/10/2018 5. Definição de indicadores - 21/10/2018 6. Aplicação das melhorias e coleta dos resultados - 19/04/2019

Para o entendimento dos elementos chave do processo, a Figura 1 apresenta os resultados obtidos a partir da ferramenta SIPOC. Dada a lista de insumos, é notável que se itens com um baixo nível de qualidade forem utilizados, é provável que os produtos sigam o mesmo padrão.

Desta forma, os fornecedores (internos e externos) devem ser cobrados de forma que as entregas sigam o padrão desejado. Esse padrão é definido pelos clientes, que também são internos e externos. Como cliente interno, a expedição avalia o padrão de paletização dos produtos e pode aceitá-los ou recusá-los. Já os critérios dos clientes externos são mais elevados, pois além da paletização, consideram ainda as especificações das embalagens.

Figura 1 - SIPOC



As embalagens fabricadas são customizadas e devem seguir as necessidades dos clientes. Exemplos de requisitos específicos são o arranjo de paletização, utilização de fitilhos e número de caixas por amarrado (fardos de embalagens), abertura entre as abas de fechamento, entre outros. Essas especificações são definidas a partir de sua finalidade. Além das peculiaridades do cliente, existem padrões básicos que valem para todos, como a qualidade da impressão, da colagem das abas e integridade do produto.

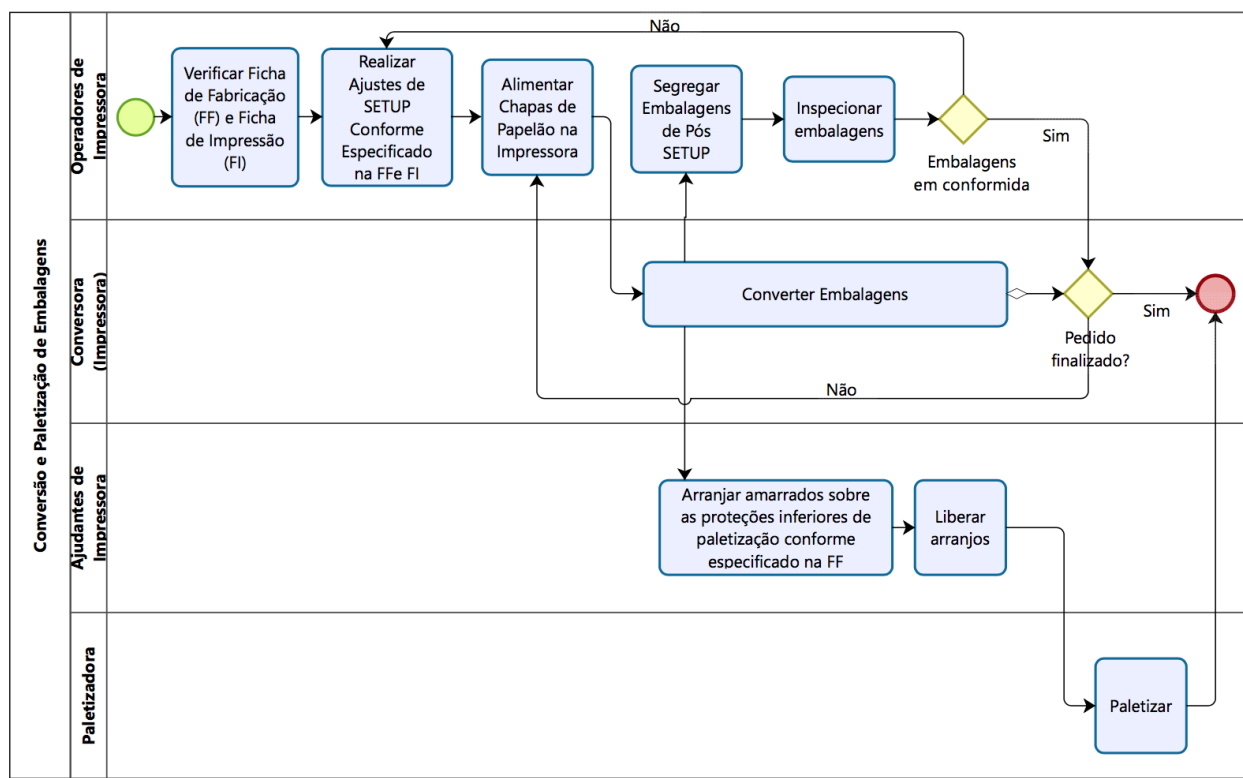
A Figura 2 contém o mapeamento macro do processo. Nele, é possível observar as etapas necessárias para a transformação das chapas de papelão em embalagens paletizadas. O processo tem início quando os operadores verificam a ficha de impressão (FI) e a ficha de fabricação (FF).

A primeira fornece o desenho projetado da impressão, suas cores corretas e as dimensões da caixa, enquanto a segunda fornece todas as outras peculiaridades exigidas pelo cliente. Após a leitura dos documentos, o operador fará os ajustes de *setup* necessários na máquina e então começa a alimentar as chapas de papelão na impressora (ou conversora).

Abastecida, a máquina começará o processo de conversão. Operadores continuarão alimentando a máquina até que o pedido seja finalizado. As primeiras embalagens convertidas devem ser segregadas, visto que apresentam vários desvios inerentes ao processo. Isso é normal após o *setup* até que as embalagens atinjam as características desejadas. O operador deve ficar atento ao ponto de segregação, que é quando os ajustes da máquina se normalizam. Após o ponto de segregação e durante todo o pedido, existe um operador que realizará inspeções esporádicas em busca de desvios de qualidade seguindo um *checklist* que contempla limites de defeitos para bloqueio do palete. Caso ele note alguma inconsistência sistêmica nas embalagens, os ajustes de *setup* são revistos.

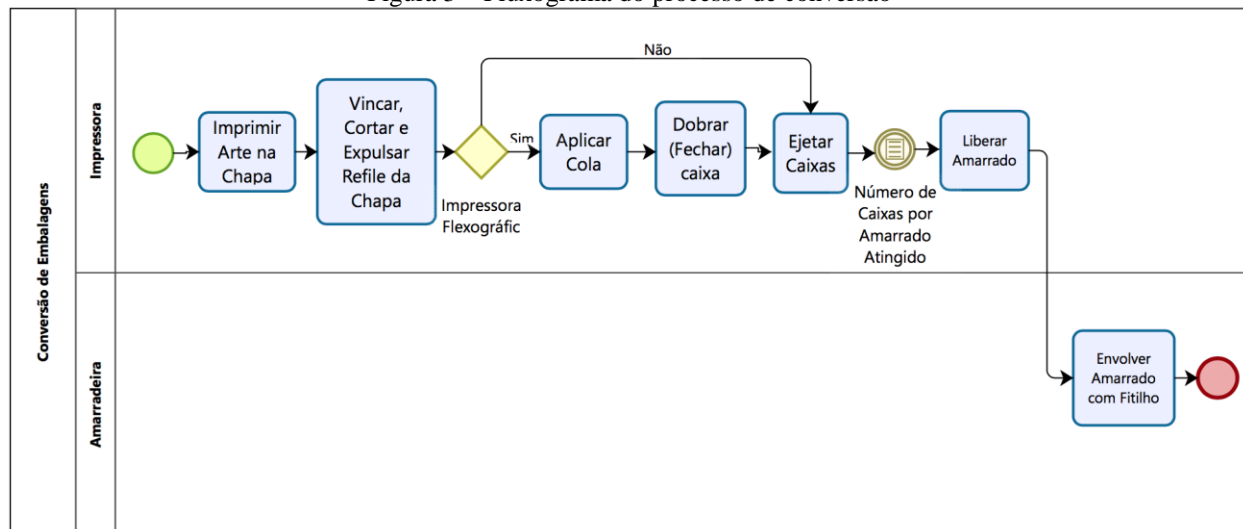
Ainda durante a conversão, a medida que os amarrados vão sendo expulsos da máquina, os ajudantes de produção os organizam sobre as proteções, seguindo o arranjo e acessórios de paletização inferiores conforme especificado na FF. Quando o arranjo atinge a altura descrita, ele é liberado e encaminhado para paletização. Após isso, o processo é concluído e o palete segue para a expedição.

Figura 2 – Mapeamento Macro do Processo



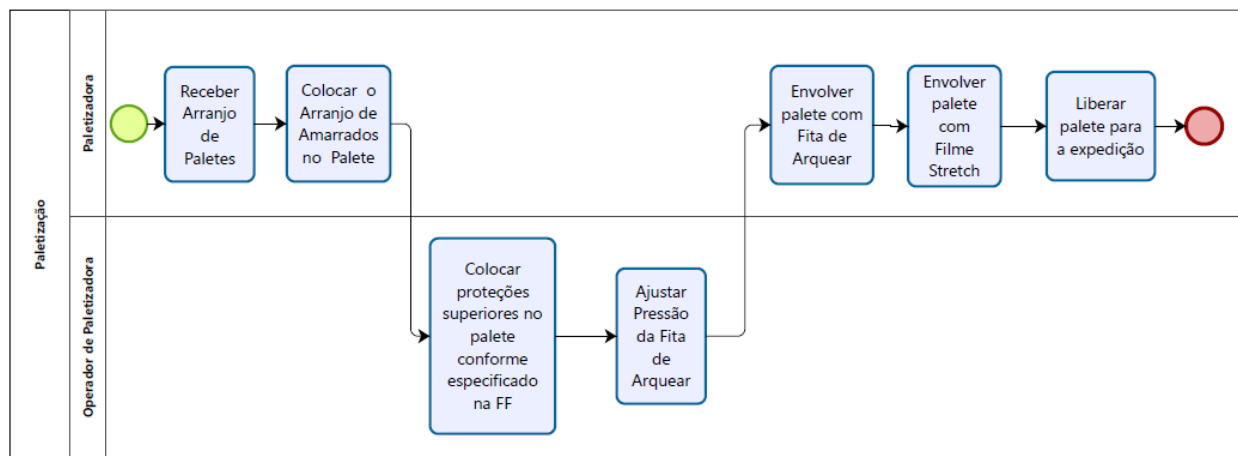
A Figura 3 exibe um detalhamento do procedimento de conversão. Primeiramente a arte é impressa na chapa pelas unidades de impressão. Cada unidade é responsável por uma cor diferente. Após isso, será feita a vincagem, corte e expulsão do refile. A próxima etapa varia dependendo do tipo de conversora, que pode ser Flexográfica (Flexo) ou Corte e Vinco (CV). A diferença é que a primeira é utilizada para projetos mais simples enquanto a segunda produz caixas mais elaboradas. Outro ponto é que ao contrário das flexográficas, as CV não realizam colagem e as embalagens são liberadas para o *count ejector* (CE) para serem ejetadas ao atingirem o número definido por amarrado. Já o fluxo das impressoras Flexo contempla a aplicação de cola e fechamento da caixa para só depois serem liberadas para o CE. Os fardos seguem então para a amarradeira onde serão envoltas por um ou dois fitilhos.

Figura 3 – Fluxograma do processo de conversão



O processo de paletização (Figura 4) tem início com a chegada do arranjo de amarrados, que se dá de forma automática pelas esteiras. A primeira ação tomada é a colocação do palete de madeira sob o arranjo pela paletizadora. Em seguida, um operador adiciona as proteções superiores, conforme especificado na FF. Então, outro operador ajusta a pressão adequada da fita de arquear, que é colocada pela máquina. Por último, o palete é envolto pelo filme *stretch* e liberado para a expedição.

Figura 4 – Fluxograma do processo de paletização

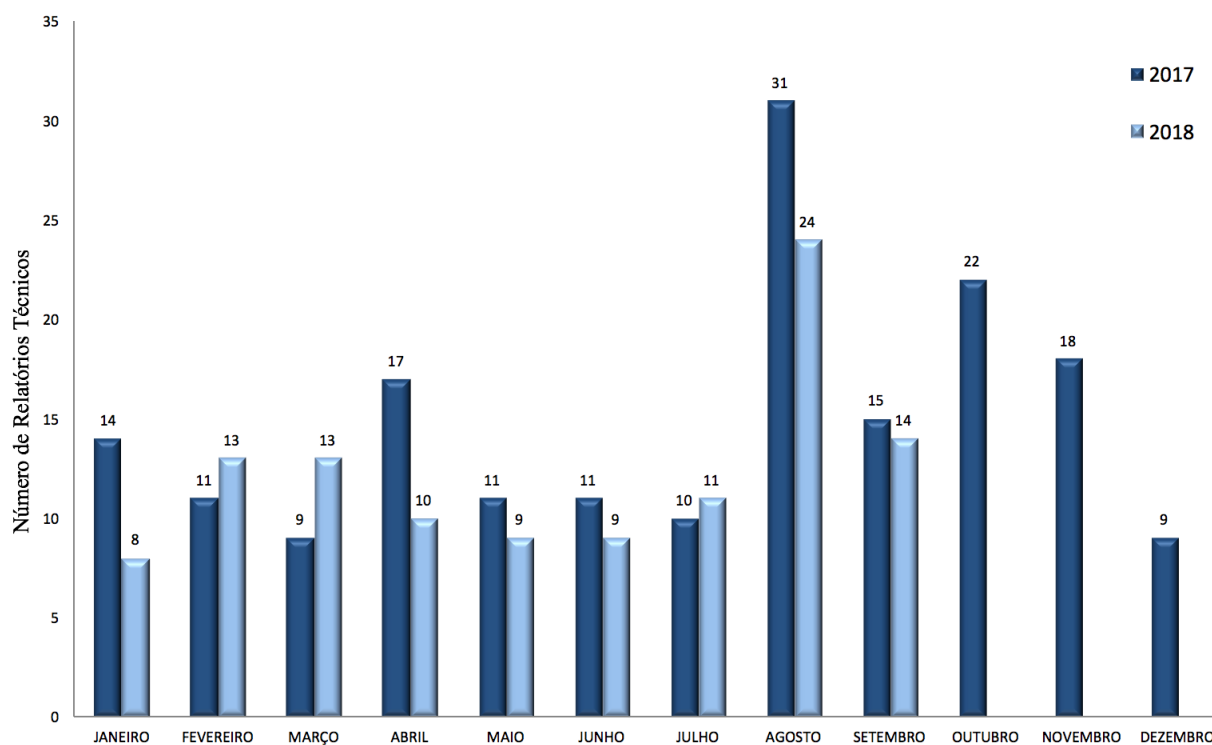


Caso a expedição identifique alguma inconformidade, o palete retorna para correção. Porém, se o cliente externo identificar alguma irregularidade, ele contacta o suporte técnico do fornecedor, que gera um relatório técnico (RT) caso a reclamação seja procedente. O RT pode ser preventivo ou procedente e quem decide qual dos dois é o cliente. O primeiro é para o caso de o cliente desejar apenas repassar a ocorrência para a fábrica para que fique ciente. Já o

segundo é quando ele deseja que uma providência seja tomada para correção do problema e prevenção de futuros desvios. Há ainda a possibilidade de o defeito ser acima ou abaixo do percentual de defeito aceitável (PDA). Caso seja abaixo, o setor da qualidade fica encarregado da resposta. Se for acima, o RT é encaminhado para o setor responsável, que no caso é o de processos - impressoras.

Os dados expostos na Gráfico 1 contam apenas com RTs procedentes acima do PDA, que são os mais severos que exigem um plano de ação do setor. Observa-se que o comparativo com o ano anterior não revela uma perspectiva de redução das reclamações. Isso demonstra uma falta de eficácia nas ações desenvolvidas para eliminação dos problemas. A ausência de uma metodologia que auxilie na investigação da causa raiz para a geração de soluções concretas e acompanhamento das melhorias. Assim, nas próximas fases do DMAIC, serão fornecidos meios para redução das reclamações em no mínimo 40% comparado ao resultado anterior.

Gráfico 1 – Relatórios Técnicos: Comparativo 2017 x 2018 (até set. 2018)

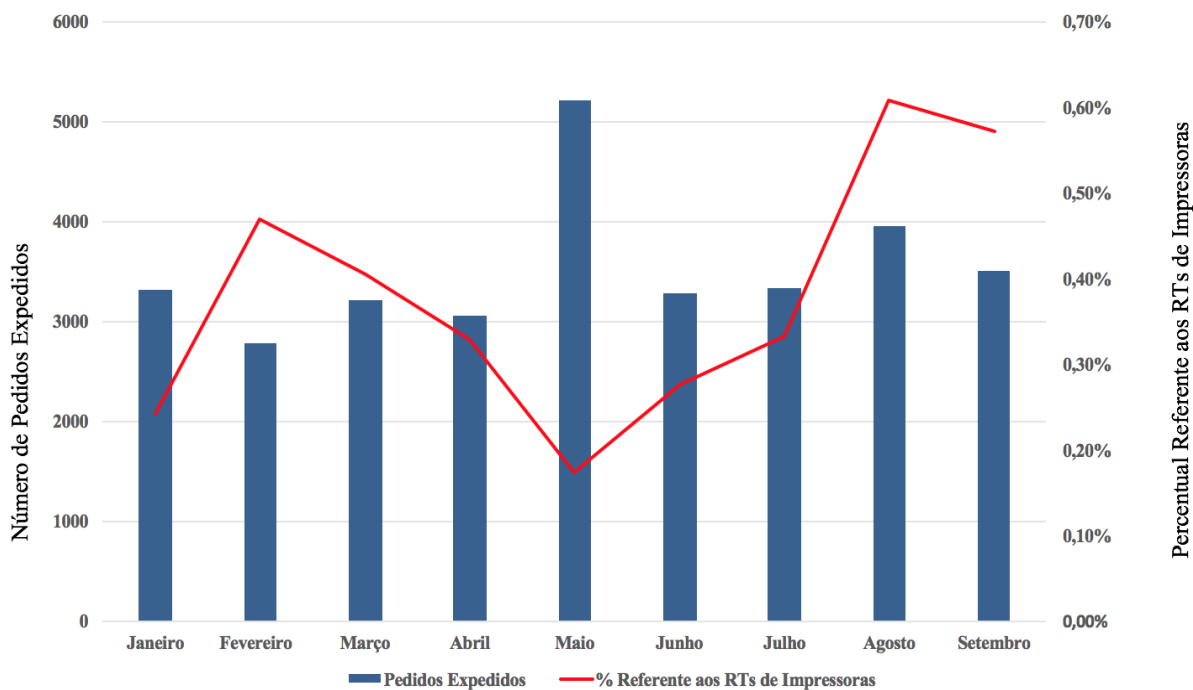


4.2. Medir

Para um melhor dimensionamento da situação, o Gráfico 2 exibe um confronto de dados entre o número de pedidos expedidos por mês e o percentual relativo aos RTs de impressoras do

ano de 2018. Atualmente, a meta estipulada é de 0,7% de lotes defeituosos, o que inclui todas as áreas da fábrica. Assim, observa-se que os valores oscilam entre 0,2% e 0,61% ocupam por si só uma alta parcela, dificultando o atingimento da meta. Além disso, o gráfico exibe que o número de lotes geradores de RT não são proporcionais ao número de pedidos expedidos, o que mostra que está não é uma variável de grande peso para a geração de relatórios técnicos.

Gráfico 2 – Pedidos Expedidos e Percentual Referente aos RTs de Impressoras (2018)



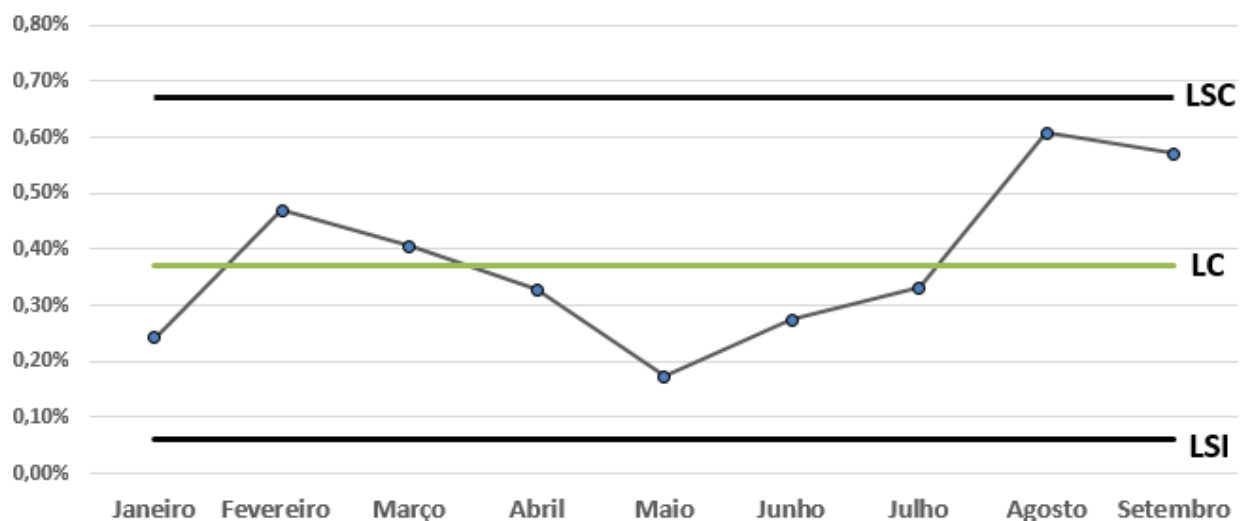
Para a elaboração da carta de controle do Gráfico 3, os limites superiores e inferiores foram encontrados com base nos dados históricos do Gráfico 2. Foi calculado que o número médio de lotes expedidos por mês é $n = 3510$ e a fração média de lotes defeituosos é $P = 0,37\%$. Aplicando tais valores às fórmulas (4), (5) e (6), respectivamente, obtém-se:

$$LIC = 0,0037 + 3 \sqrt{\frac{0,0037(1 - 0,0037)}{3510}} = 0,006774423;$$

$$LC = 0,003;$$

$$LIC = 0,0037 - 3 \sqrt{\frac{0,0037(1 - 0,0037)}{3510}} = 0,000625577.$$

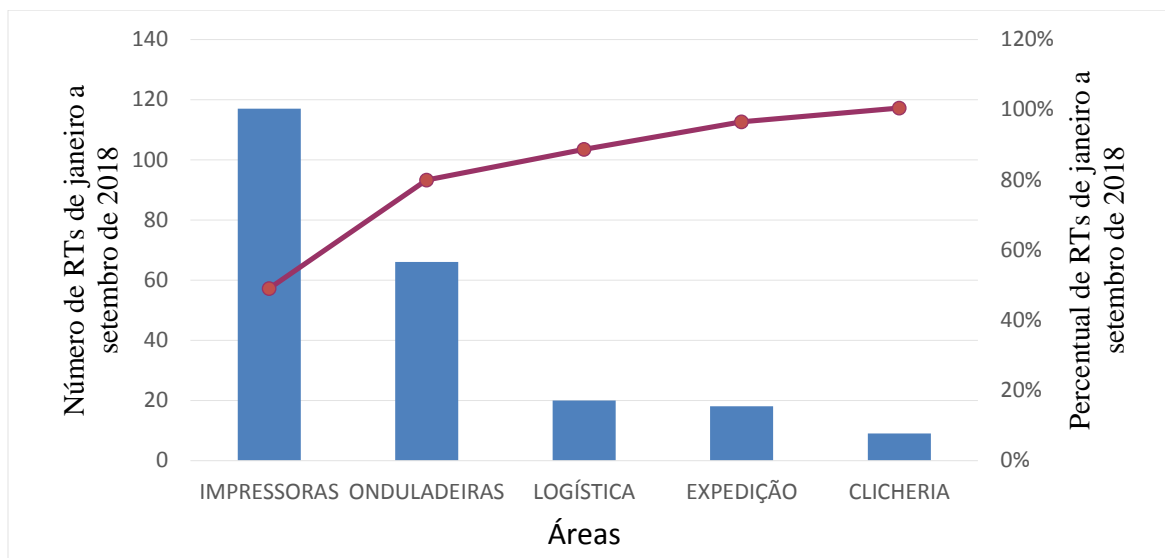
Gráfico 3 – Carta de Controle da Fração de Lotes Defeituosos de Janeiro a Setembro de 2018



A partir da carta de controle (Gráfico 3), é possível observar os meses mais críticos com base na estatística dos dados históricos. No caso analisado, valores acima do limite central (LC) são indesejáveis e de fato não representam melhora no sistema. Assim, o controle deve ser feito de modo que valores cada vez mais baixos sejam obtidos. É notável a criticidade dos dois últimos meses analisados. Uma hipótese para este efeito é a ocorrência da época de safra, que é quando há uma demanda sazonal de embalagens para atender a colheita de frutas de alguns clientes. Apesar de não haver um grande aumento do número de pedidos no mês, os lotes são bem maiores, sendo necessária uma maior carga horária de trabalho. Para isso, há a contratação de funcionários temporários que são inexperientes, justificando uma parcela do aumento de reclamações nesse período. Neste caso, uma solução poderia ser a intensificação dos treinamentos de novatos.

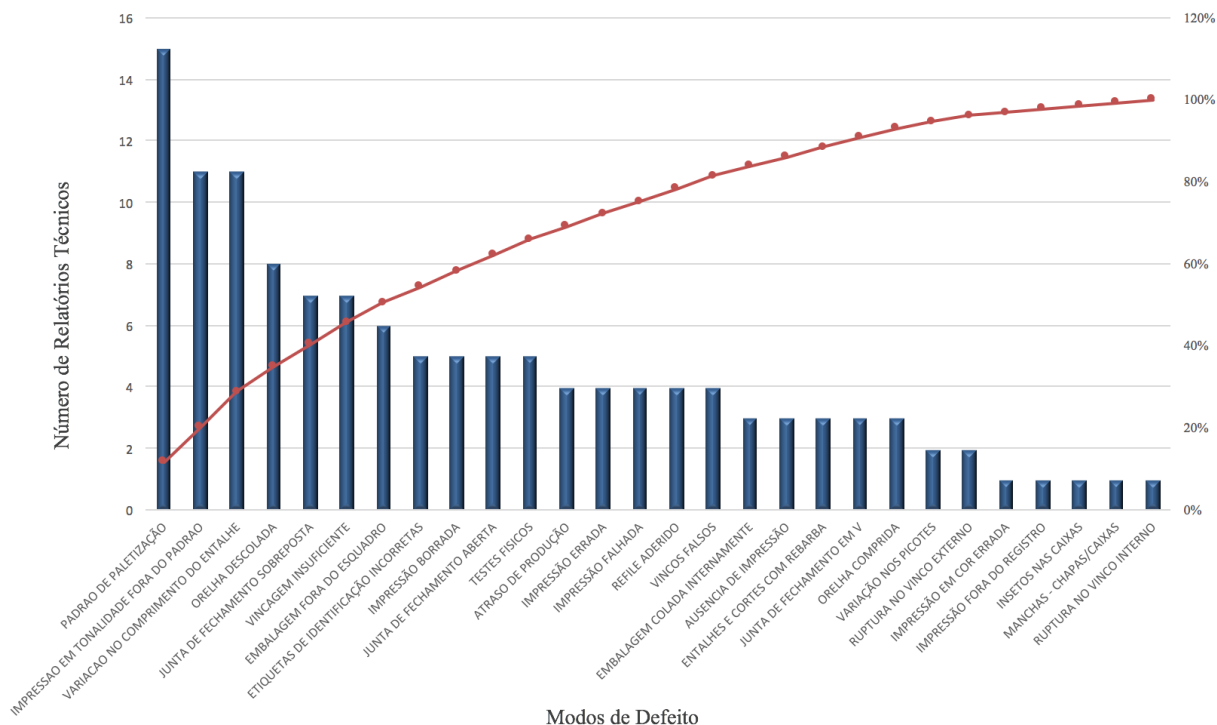
O Diagrama de Pareto do Gráfico 4 refere-se a quantidade de relatórios técnicos gerados de janeiro a setembro de 2018. Observa-se que de um total de 229 relatórios técnicos, 51% são provenientes da área em análise e os 49% restantes se dividem entre os setores de onduladeiras, logística, expedição e clichéria. Sendo responsável por mais da metade do número de relatórios técnicos no período analisado, a necessidade da realização de alguma ação na área de impressoras fica ainda mais evidente.

Gráfico 4 – Diagrama de Pareto de RTs por área de janeiro a dezembro de 2018



Adentrando nos motivos das reclamações, o diagrama de Pareto (Gráfico 5) permite a visualização dos problemas mais recorrentes. Falhas nos padrões de paletização foram as mais recorrentes no ano vigente. Nessa categoria, estão inclusos itens como palete descentralizado, fita de arquear folgada ou com muita pressão, deficiência de proteções inferiores ou superiores e arranjo incorreto. 50% dos modos de defeito mais frequentes compreendem o problema mencionado, além da impressão em tonalidade fora do padrão, variações no comprimento dos entalhes, Aba (ou orelha) descolada, junta de fechamento sobreposta, vincagem insuficiente e embalagem fora do esquadro.

Gráfico 5 – Diagrama de Pareto de modos de defeito



Para um maior dimensionamento do problema, o nível sigma foi calculado a partir do número de defeitos por milhão (DPMO). Para obtê-lo, foi levantado o número de oportunidade de defeitos por unidade (NO) e analisada sua frequência em uma amostra considerável. Desta forma, as etapas a seguir foram realizadas.

- Número de oportunidade de defeitos por unidade (NO)

Conforme evidenciado no Diagrama de Pareto do Gráfico 4, foram identificados 28 modos de defeito. Assim, $NO = 28$.

- Número de defeitos por amostra (ND)

Considerando como amostra (NU) todos os pedidos expedidos de janeiro a setembro do ano de 2018 e os itens defeituosos aqueles que geraram RT, obtém-se $NU = 31587$ e $ND = 117$.

- Cálculo da quantidade de defeitos a cada milhão de oportunidades (DPMO)

$$DPMO = \frac{NDx10^6}{NOxNU} = \frac{117x10^6}{28x31587} = 132,2877$$

- Conversão do DPMO em nível sigma

Considerando a Tabela do Anexo B, tem-se que o setor de impressoras está aproximadamente no nível 2,6 sigma.

4.3 Analisar

Após análise de todos os processos e modos de defeito, foi possível associar o risco da geração de cada desvio de qualidade a cada etapa do processo de conversão e paletização. Esses dados foram compilados utilizando a ferramenta FMEA. Além disso, as causas também foram identificadas. O único motivo de reclamação não citado foi o atraso de produção, por não estar associado a nenhum processo de maneira individual. Quando proveniente das impressoras, esse evento pode acontecer por diversos motivos, como por exemplo o atraso geral nas operações ou quebra de máquina.

Observando o FMEA (Tabela 1), observa-se que uma grande parcela das causas dos defeitos é composta pela quebra de procedimento. Isso se dá sempre que um procedimento operacional padrão não é seguido. A partir do índice de risco, foi identificado que a segregação de embalagens pós *setup* é a etapa mais crítica de todo o processo. Além de existir o risco de quase todos os modos de defeito, o motivo que a fez se destacar entre as outras tarefas é que uma vez que ocorre a falha, a detecção é extremamente improvável. Esse mesmo motivo também definiu a colocação de proteções superiores no palete com um alto índice de risco de geração de RT.

Nota-se ainda o importante papel da inspeção. Conforme estabelecido pela empresa, as inspeções devem ocorrer no início, meio e fim do processo. Quase todos os defeitos podem ser identificados pela inspeção, que se torna mais difícil quando as causas são pontuais ao longo do pedido. O Envolvimento do palete com a fita de arquear também foi considerado crítico por apresentar risco de acidente a partir de tombamento do palete, caso de a fita esteja com folgas acima do limite permitido.

Tabela 1 – FMEA

Processo ou ação	Executante	Modo de Falha potencial	Efeitos potenciais da falha	Severidade	Causas Potenciais da Falha	Ocorrência	Meios de Detecção	Detecção	Índice de Risco
Verificar FI e FF	Operadores	<ul style="list-style-type: none"> • Orelha Descolada • Impressão Errada • Impressão em Cor Errada • Padrão de Paletização • Etiquetas de Identificação Incorretas 	Geração de RT, podendo haver devolução	8	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de atenção • Quebra de Procedimento 	4	Cumprimento do checklist de inspeção	5	160
SETUP	Operadores	<ul style="list-style-type: none"> • Impressão em Cor Errada 	Geração de RT, podendo haver devolução	7	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de atenção 	2	Cumprimento do checklist de inspeção	3	42
		<ul style="list-style-type: none"> • Impressão em Tonalidade Fora do Padrão • Impressão Borrada 		5	<ul style="list-style-type: none"> • Quebra de Procedimento 	4		3	60
		<ul style="list-style-type: none"> • Manchas - Chapas/Caixas 		5	<ul style="list-style-type: none"> • Limpeza mal feita 	2		3	30
		<ul style="list-style-type: none"> • Impressão Errada 		8	<ul style="list-style-type: none"> • Quebra de Procedimento • Deslocamento do clichê • Quebra de Procedimento 	3		3	72
		<ul style="list-style-type: none"> • Impressão Fora de Registro 			<ul style="list-style-type: none"> • Quebra de Procedimento 	1		3	24
		<ul style="list-style-type: none"> • Caixa Errada 		7	<ul style="list-style-type: none"> • Má fixação dos números do RV • Falta de Atenção • Falta de Atenção 	3		3	63
		<ul style="list-style-type: none"> • Ausência de Impressão • Impressão Errada 			<ul style="list-style-type: none"> • Quebra de Procedimento 	4		3	84
		<ul style="list-style-type: none"> • Variação no Comprimento do Entalhe • Orelha Comprida • Junta de Fechamento Sobreposta • Junta de Fechamento Aberta 		7	<ul style="list-style-type: none"> • Quebra de Procedimento 	4		3	160
		<ul style="list-style-type: none"> • Entalhes e Cortes Com Rebarba • Refile Aderido 		7	<ul style="list-style-type: none"> • Quebra de Procedimento 	4		3	96
		<ul style="list-style-type: none"> • Vincagem Insuficiente • Testes Físicos • Impressão Falhada • Ruptura no Vinco Externo • Ruptura no Vinco Interno 		8	<ul style="list-style-type: none"> • Quebra de Procedimento 	4		3	36
		<ul style="list-style-type: none"> • Refile entre caixas 		4	<ul style="list-style-type: none"> • Quebra de Procedimento 	3		3	72
		<ul style="list-style-type: none"> • Vincagem Insuficiente • Vincos Falsos • Entalhes e Cortes Com Rebarba • Refile Aderido 		6	<ul style="list-style-type: none"> • Quebra de Procedimento 	4		3	72
		<ul style="list-style-type: none"> • Orelha Descolada 		8	<ul style="list-style-type: none"> • Quebra de Procedimento 	3		3	72
		<ul style="list-style-type: none"> • Orelha Descolada • Embalagens Coladas Internamente 		8	<ul style="list-style-type: none"> • Quebra de Procedimento • Falta de Atenção 	3		3	72
<ul style="list-style-type: none"> • Orelha Descolada 	8	<ul style="list-style-type: none"> • Quebra de Procedimento 	3	3	72				

SETUP	Realizar ajuste de dobra fina	Operadores	<ul style="list-style-type: none"> Junta de Fechamento Sobreposta Junta de Fechamento Aberta 	Geração de RT, podendo haver devolução	7	<ul style="list-style-type: none"> Quebra de Procedimento 	3	Cumprimento do checklist de inspeção	3	63
	Ajuste de compensador de velocidade		<ul style="list-style-type: none"> Vincagem Insuficiente Vincos Falsos Entalhes e Cortes Com Rebarba Refile Aderido 		7	<ul style="list-style-type: none"> Quebra de Procedimento 	4		3	84
	Ajustar amarradeira com um ou dois fitilhos conforme FF		<ul style="list-style-type: none"> Padrão de Paletização 		5	<ul style="list-style-type: none"> Quebra de Procedimento Falta de Atenção 	4		3	60
Alimentar Chapas de Papelão na Impressora	Operadores	<ul style="list-style-type: none"> Varição no Comprimento do Entalhe Junta de Fechamento Sobreposta Embalagem Fora do Esquadro Impressão Fora do Registro Vincos Falsos 	Geração de RT, podendo haver devolução	7	<ul style="list-style-type: none"> Posição de alimentação das chapas incorreta Chapas empenadas 	4	Cumprimento do checklist de inspeção	3	160	
										<ul style="list-style-type: none"> Manuseio Incorreto das chapas
Segregar Embalagens de Pós SETUP	Operadores	Todos os modos de defeito, exceto atraso de produção e padrão de paletização	Geração de RT, podendo haver devolução	8	<ul style="list-style-type: none"> Baixo percentual de caixas segregadas Quebra de procedimento 	5	Detecção apenas na utilização das embalagens	10	400	
Inspeccionar Embalagens	Operadores	Todos os modos de defeito, exceto atraso de produção e padrão de paletização	Geração de RT, podendo haver devolução	8	<ul style="list-style-type: none"> Quebra de Procedimento Número muito pequeno de embalagens com desvio, dificilmente detectadas na inspeção (variabilidade de processo) 	5	Auditorias do cumprimento do checklist de inspeção	5	200	
Arranjar Amarrados Sobre as Proteções Inferiores de Paletização	Ajudantes de Impressão	<ul style="list-style-type: none"> Padrão de Paletização 	Geração de RT, podendo haver devolução	6	<ul style="list-style-type: none"> Falta de atenção Proteções de paletização mal colocada Quebra de Procedimento 	4	Conferência do tipo do arranjo na FF	6	144	
Liberar Arranjos	Ajudantes de Impressão	<ul style="list-style-type: none"> Etiquetas de Identificação Incorretas 	Geração de RT, podendo haver devolução	7	<ul style="list-style-type: none"> Falta de Atenção 	3	Conferência do número da nota ou do lote	8	168	
Imprimir a Arte na Chapa	Impressora - Unidades de Impressão	<ul style="list-style-type: none"> Testes físicos 	Geração de RT, podendo haver devolução	8	<ul style="list-style-type: none"> Erros de Ajuste Rolos Sujos Defeito mecânico Defeito elétrico 	4	Cumprimento do checklist de inspeção e realização de teste de coluna	3	160	
		<ul style="list-style-type: none"> Impressão fora do registro 			<ul style="list-style-type: none"> Deslocamento do clichê 		Cumprimento do checklist de inspeção			
		<ul style="list-style-type: none"> Impressão falhada 			<ul style="list-style-type: none"> Presença de pó Erros de Ajuste 		Cumprimento do checklist de inspeção			
		<ul style="list-style-type: none"> Impressão borrada 			<ul style="list-style-type: none"> Rolo anilox sujo Raspadores flexíveis Erros de Ajuste 		Cumprimento do checklist de inspeção			
		<ul style="list-style-type: none"> Ausência de impressão 			<ul style="list-style-type: none"> Arte incompleta no clichê 		Verificação da FI			

Vincar, Cortar e Expulsar Refile da Chapa	Impressora - Unidade de Slotter	• Refile aderido	Geração de RT, podendo haver devolução	7	• Manta de poliuretano muito desgastada	4	Inspeção visual	5	160	
		• Junta de Fechamento Sobreposta			• Manta de poliuretano desgastada de forma desigual					
		• Ruptura no Vinco Interno			• Erros de Ajuste					
		• Variação no Picotes			• Facas da fôrma desgastadas (CV)					
	Impressora - Unidade de Slotter	• Orelha Comprida			• Borrachas da fôrma desgastadas (CV)					• Defeito no Projeto da Fôrma (CV)
		• Entalhes e Cortes com Rebarba			• Facas da impressora desgastadas (flexo) (quebra de procedimento)					• Defeito mecânico
		• Vincagem Insuficiente			• Defeito Elétrico					• Defeito Elétrico
		• Vincos Falsos			• Erros de Ajuste					• Defeito mecânico
					• Defeito mecânico					• Defeito Elétrico
					• Defeito Elétrico					• Defeito Elétrico
Aplicar Cola (CV)	Impressoras Flexográficas - Dobradeira	• Orelha Descolada	Geração de RT, podendo haver devolução	8	• Sensor de cola obstruído	4	Cumprimento do checklist de inspeção	5	160	
		• Embalagem Colada Internamente			• Falta de lixamento/lixamento insuficiente em embalagens revestidas					

Dobrar (Fechar) Caixa	Impressoras Flexográficas - Dobradeira	• Junta de Fechamento Sobreposta	Geração de RT, podendo haver devolução	7	• Defeito no Projeto da Fôrma (CV)	4	Cumprimento do checklist de inspeção	5	160
		• Junta de Fechamento Aberta			• Defeito elétrico				
Liberar Amarrado	Impressora - Count Ejector	• Padrão de Paletização	Geração de RT, podendo haver devolução	8	• Obstrução/falha no sensor	4	Inspeção visual	2	64
		• Embalagem Colada Internamente	Geração de RT, podendo haver devolução	7	• Erro de ajuste	4	Verificação da FF	6	168
Colocar palete sob o arranjo de amarrados.	Paletizadora	• Padrão de Paletização	Geração de RT, podendo haver devolução	7	• Palete colocado de forma descentralizada	4	Inspeção visual	7	196
		• Padrão de Paletização	Geração de RT, podendo haver devolução	7	• Proteções de paletização insuficientes	4	Inspeção visual	9	252
Colocar proteções superiores no palete conforme especificado na FF	Operador de paletizadora	• Padrão de Paletização	Geração de RT, podendo haver devolução	7	• Não atendimento de algum requisito de FF	4	Inspeção visual	9	252
		• Padrão de Paletização	Geração de RT, podendo haver devolução	9	• Pressão aplicada pela fita de arquear diferente da ideal	4	Inspeção visual	6	216
Envolvimento do palete com a fita de arquear	Paletizadora/ Operador de paletizadora	• Padrão de Paletização	Geração de RT, podendo haver devolução	9	• Pressão aplicada pela fita de arquear diferente da ideal	4	Inspeção visual	6	216
Envolver palete com filme stretch	Paletizadora	• Padrão de Paletização	Geração de RT, podendo haver devolução	7	• Falha na aplicação do filme stretch	4	Inspeção visual	2	56

Os Diagramas de Ishikawa das Figuras 5, 6, 7, 8, 9, 10 e 11 fornecem um mapeamento das causas dos principais modos de defeito analisados no Diagrama de Pareto do Gráfico 4. São eles, embalagem fora de quadro, junta de fechamento sobreposta, orelha descolada, padrão de paletização tonalidade fora do padrão, variação no comprimento do entalhe e vincagem insuficiente. É possível observar que na maioria dos casos, a ação a ser tomada é bastante intuitiva. Por exemplo, no caso da causa “alimentação incorreta das chapas”, a ação mais clara seria a realização de um treinamento repassando a maneira correta de realizar o procedimento. No momento da investigação da causa raiz de um defeito, é interessante a consulta dos diagramas para que todas as possibilidades sejam consideradas.

De volta para o FMEA (Tabela 1), verifica-se que as causas se repetem em diferentes etapas do processo. O mesmo ocorre com os defeitos. Ou seja, um defeito pode ter diferentes causas e uma causa pode ser atribuída a mais de um defeito. Para evitar a recorrência dos desvios, suas reais causas devem ser devidamente identificadas. Como fora mencionado anteriormente, não há uma metodologia estruturada para a investigação das reclamações, conferindo baixa confiabilidade às soluções. Há então a necessidade de estruturação de um modelo que contenha diretrizes para a identificação das causas raízes das reclamações e acompanhamento das melhorias de modo a garantir sua sustentabilidade.

Figura 5 – Diagrama de Ishikawa: Embalagem fora de esquadro

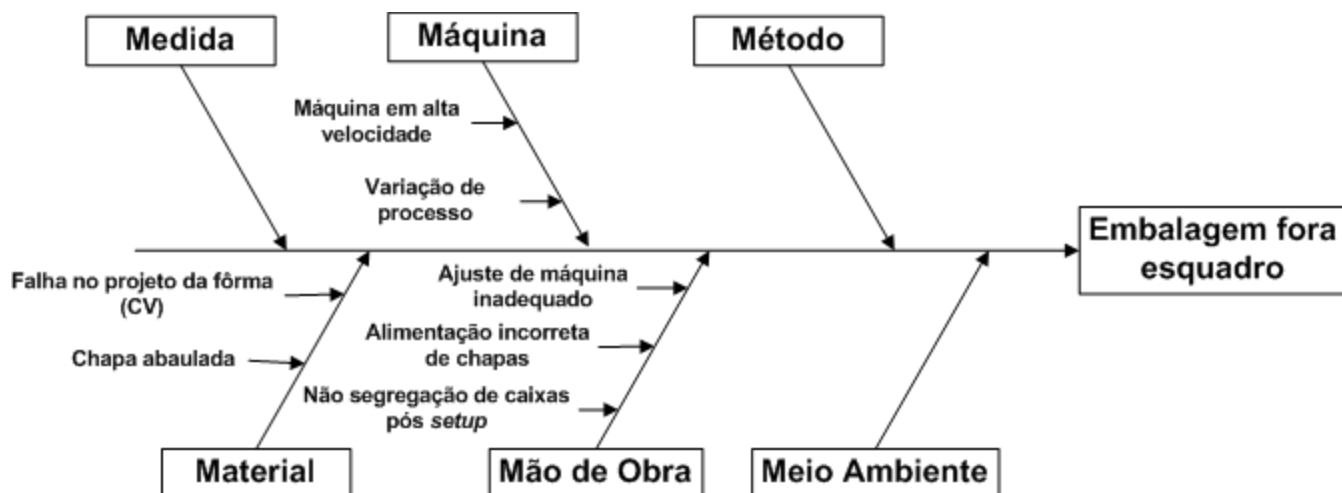


Figura 6 – Diagrama de Ishikawa: Junta de fechamento sobreposta

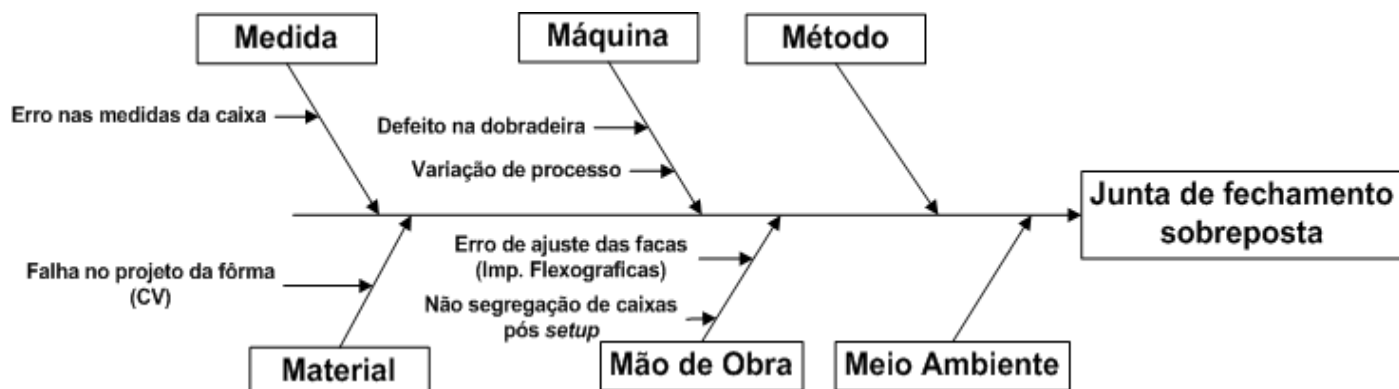


Figura 7 – Diagrama de Ishikawa: Orelha descolada

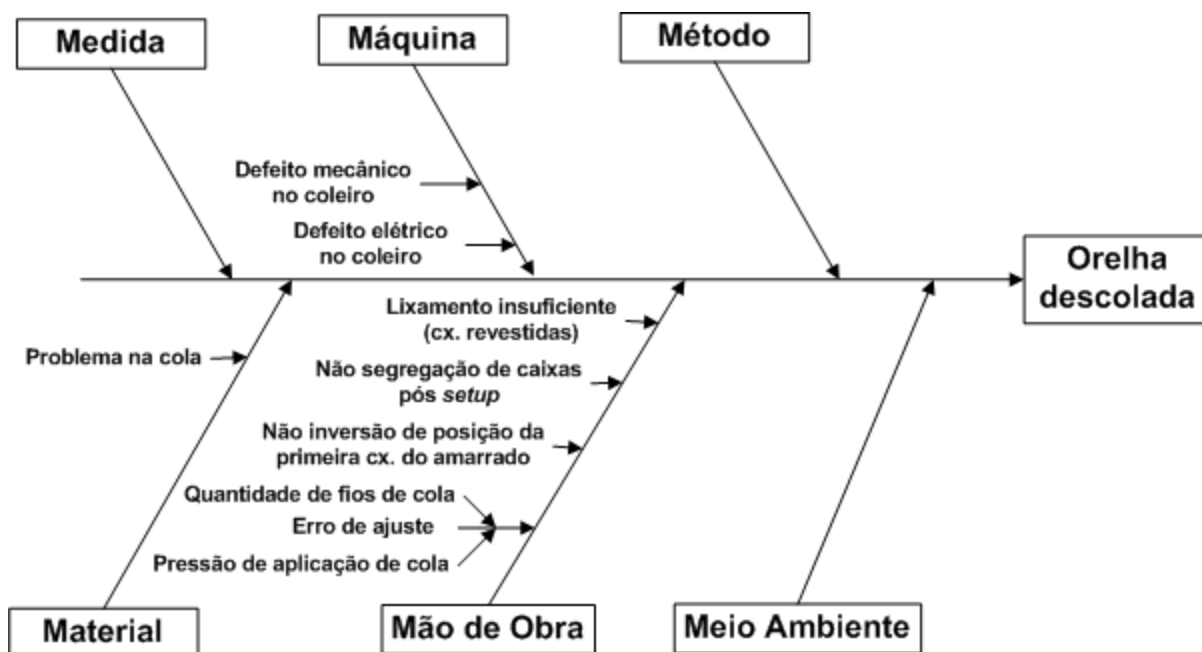


Figura 8 – Diagrama de Ishikawa: Padrão de paletização

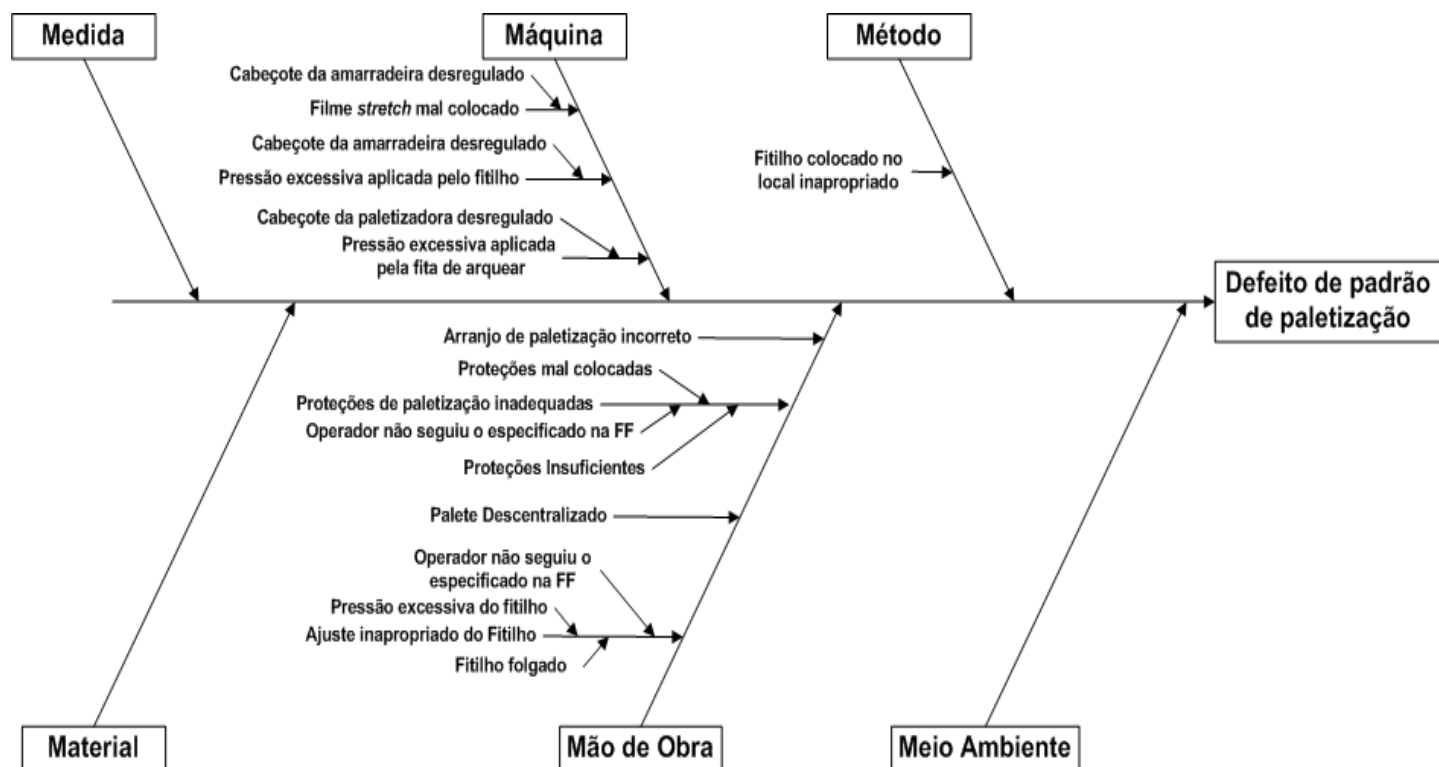


Figura 9 – Diagrama de Ishikawa: Tonalidade fora do padrão

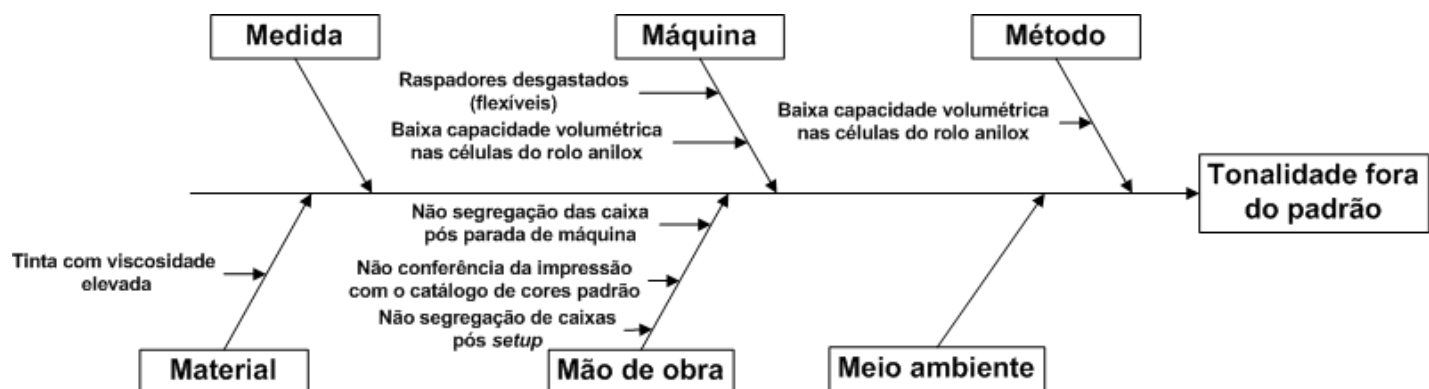


Figura 10 – Diagrama de Ishikawa: Variação no comprimento do entalhe

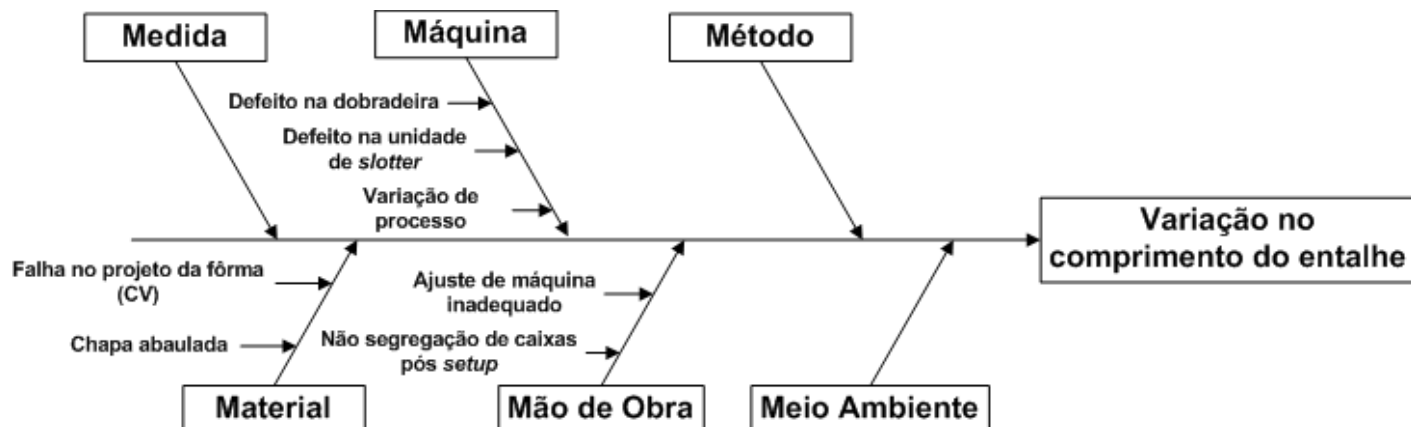
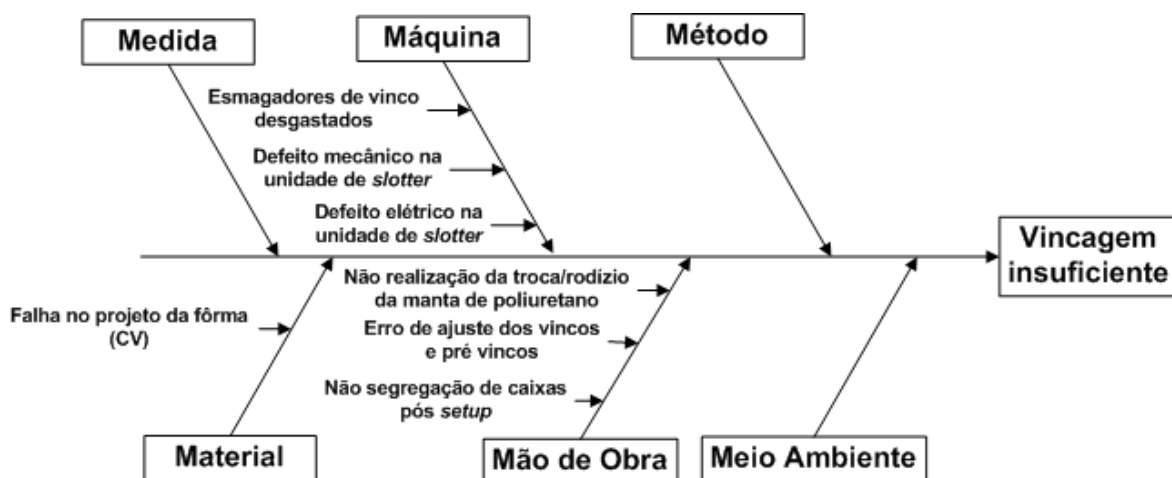


Figura 11 – Diagrama de Ishikawa: Vincagem insuficiente

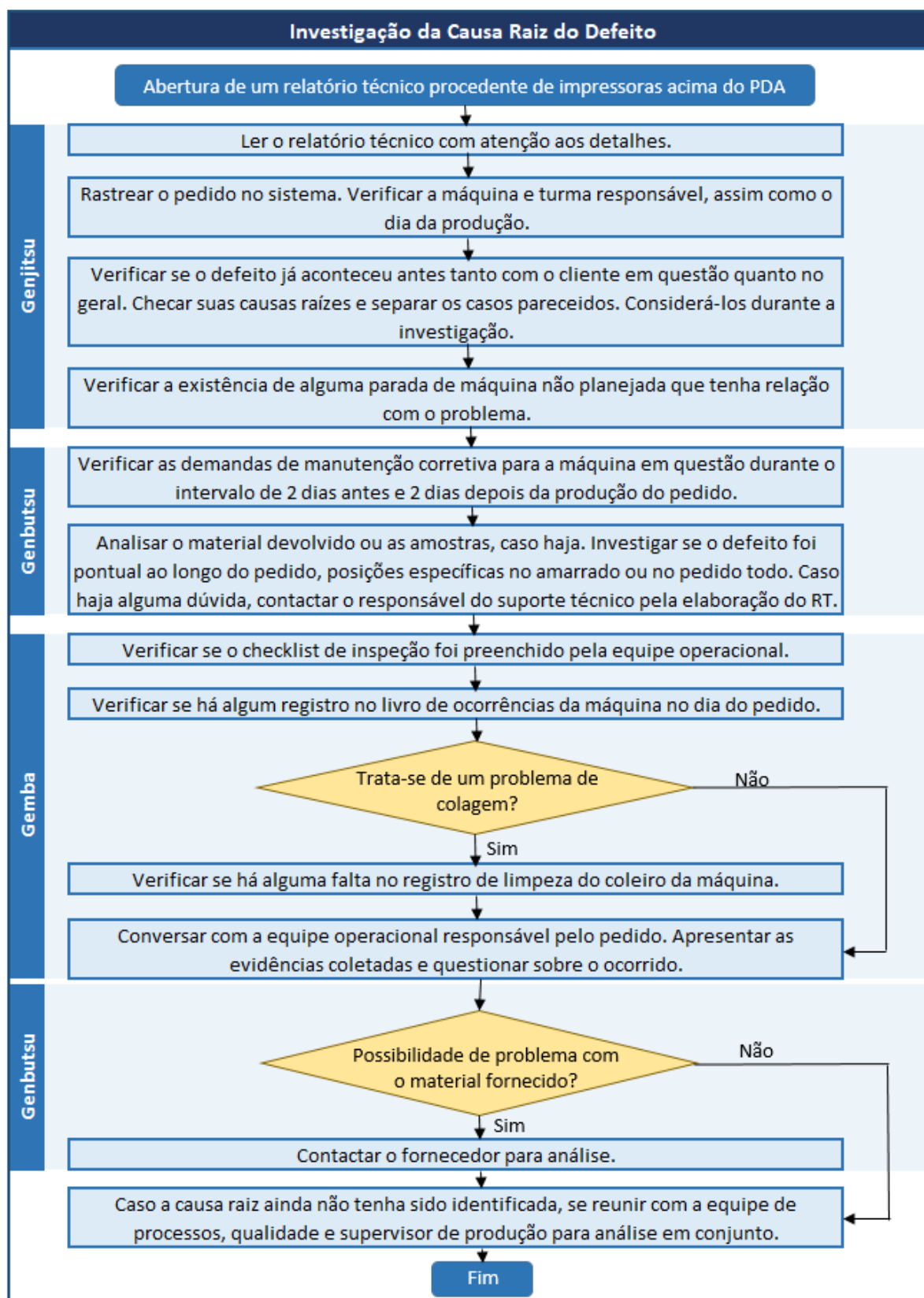


4.4 Melhorar

Primeiramente, foi desenhado um fluxograma para guiar a investigação da causa raiz (Figura 6). Ele foi estruturado com base em três dos 5G: *Genjitsu*, *gembutsu* e *gemba*. Seguindo a ordem mencionada, uma análise detalhada dos fatos inicia a busca. Após isso, há uma verificação dos recursos e produtos envolvidos no processo. Posteriormente, a visita ao chão de fábrica deve coletar mais informações com uma proximidade maior do problema. Por fim, é resgatada a ideia do *genbutsu* com o complemento da checagem dos recursos.

A abertura de um relatório técnico acima do PDA para a área de impressoras desencadeia o início do processo de investigação. Na análise *genjitsu*, a primeira ação seria ler o relatório com atenção aos detalhes de quantidade de itens defeituosos, descrição do ocorrido, número de reincidências e imagens. Tendo em mãos os detalhes do pedido, utiliza-se o *software* para rastreá-lo, verificando p dia de produção e a máquina e turma responsáveis. Assim, é feita um resgate dos dados históricos para uma busca de reclamações que aconteceram anteriormente pelo mesmo motivo. Essa prática possibilita uma sugestão de possíveis causas raízes. Os casos semelhantes devem ser considerados durante a investigação. De volta ao *software*, verifica-se a existência de alguma parada de máquina não planejada que tenha relação com o problema. Por exemplo, ao analisar um defeito de junta de fechamento sobreposta, uma parada de máquina por defeito na dobradeira seria uma forte evidência.

Figura 12 – Fluxograma de investigação da causa raiz



A primeira parte da análise *gembutsu* refere-se a verificação das demandas de manutenção próximas à produção do pedido defeituoso, visto que há a possibilidade de uma pendência de corretiva naquela época ter relação com o desvio. Seguindo com a inspeção do material, observa-se as características do defeito e há um estudo do padrão do defeito do lote. Procura-se descobrir se o problema ocorreu em todas as unidades, no início do pedido, em alguns paletes ou de maneira aleatória. Também é interessante saber se há um padrão de posição em que a caixa defeituosa se encontra nos amarrados. Em caso de dúvida, o responsável do suporte técnico deve ser contactado, pois ele é a pessoa que tem o contato com o cliente e elabora o RT.

Neste ponto, a causa já se torna mais clara e é hora de ir ao local que rodou o pedido. Observa-se se o *checklist* de inspeção foi realizado e se nele há algum indício. Após isso é interessante a análise do livro de ocorrências da máquina. Em situações pontuais, os operadores anotam observações em relação ao pedido, como por exemplo o registro de que as chapas estavam um pouco empenadas e a velocidade da máquina teve que ser reduzida. Caso o problema seja relacionado a colagem, também é interessante a verificação do registro de limpeza do coleiro. Para finalizar a investigação in loco, as evidências encontradas até o momento são apresentadas para a equipe operacional que rodou o pedido para que ele dê sua opinião e se pronuncie caso lembre de algo.

Há então uma nova análise *genbutsu*, na qual o fornecedor é contactado para questionamento de algum insumo, caso haja necessidade. Como visto no SIPOC (Figura 1), o fornecedor pode ser interno ou externo. É interessante que esta etapa seja após a conversa com a equipe operacional, pois eles podem acrescentar informações valiosas. Ao fim de todos esses passos, se a causa raiz do problema ainda não for claro, é sugerida uma reunião com as equipes de qualidade e processos para uma análise conjunta.

Antes do desenvolvimento da solução, é importante que o investigador realize os pontos de verificação descritos no Quadro 9. Observa-se que cada item é embasado em um princípio e sua exploração aumenta a precisão da melhoria aplicada. Nesta etapa, o *kaizen* se aplica quando observa-se a reincidência de um defeito por uma causa raiz que já possui ação de contenção. Se constatada, a solução desenvolvida também deve considerar as tendências do modo de defeito. Para completar os 5G, os conceitos de *genri* e *gensoku* são explorados a partir da verificação da existência de padrões de operação e de sua adequação e aderência. Por último, é sugerido

conferir a existência de *Poka Yokes*, ou sistemas a prova de falha. Vale salientar que sua mera existência não implica que seja útil, e por isso deve ser submetido a revisões recorrentes.

Princípio	Item de Verificação
Kaizen	No histórico de planos de ação dos RTs anteriores, verificar se o defeito já ocorreu pela mesma causa raiz. Caso sim, entender o porque de não ter sido eficaz e considerar a resposta na elaboração do plano de ação.
Tendência	Verificar se o problema é pontual ou se segue alguma tendência (padrão) de tempo, modelo de produto, turno de produção, entre outros.
Genri	Verificar se existem padrões de operação para a atividade em questão ou se o operador conhece o princípio da atividade.
Gensoku	Verificar se os padrões de operação estão sendo seguidos, adequados e se há evidências do cumprimento. Observar ainda se há a ausência de informações de especificação.
Poka Yoke	Verificar a existência de sistemas à prova de erro.

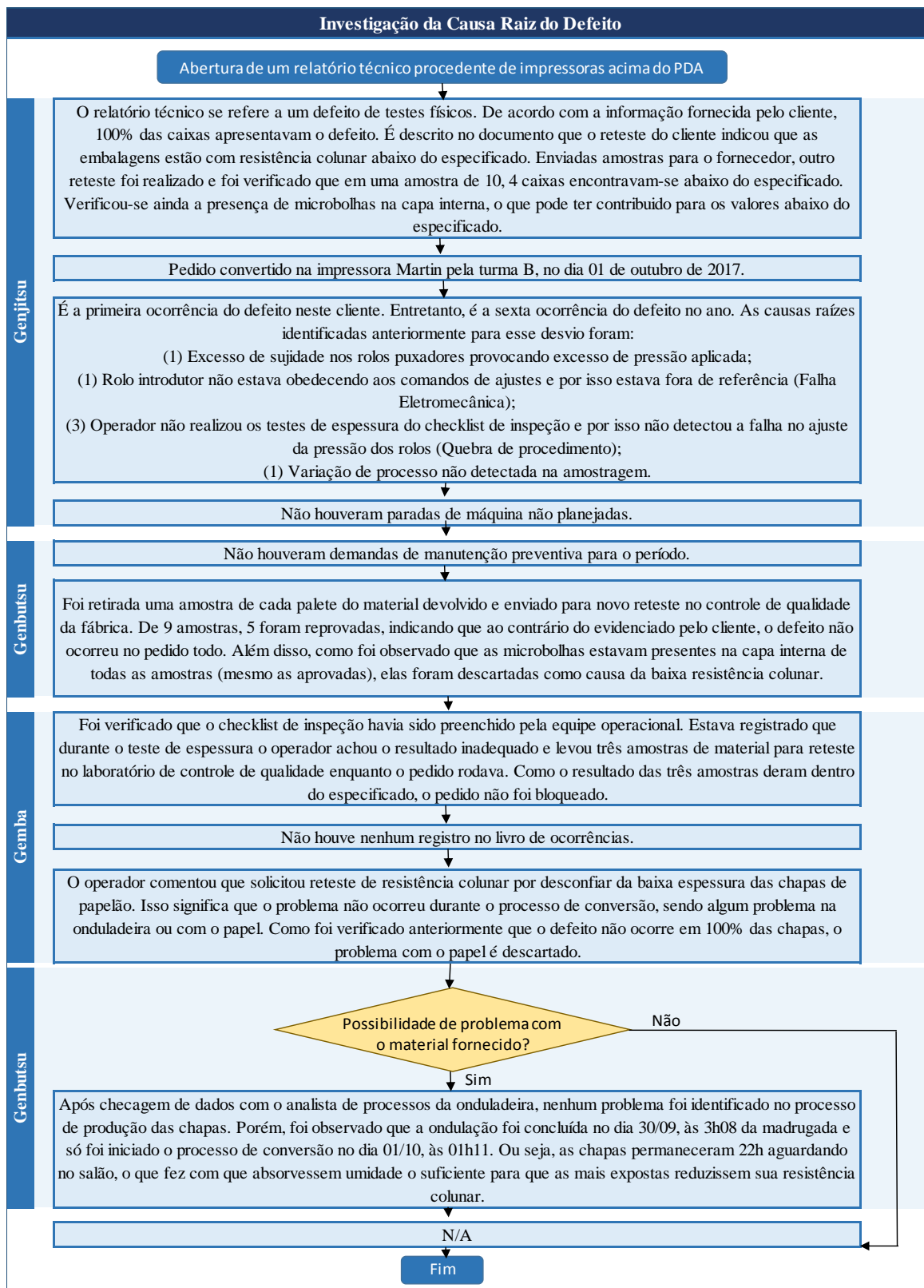
Quadro 9 - Pontos de verificação pré plano de ação

A partir de então, deve-se seguir a estrutura comum de um plano de ação, com a descrição da atividade, definição do responsável, prazos. Torna-se imprescindível a explicação das ações e sua importância para os todos os envolvidos, uma vez que os resultados são mais satisfatórios quando todos entendem os objetivos com clareza.

4.4.1 Aplicação do modelo de investigação desenvolvido em um caso real

A Figura 7 a seguir exibe a aplicação do fluxograma proposto na Figura 6. O defeito analisado foi de testes físicos (baixa resistência colunar). A investigação ocorreu em tempo satisfatório e seus resultados apontam para alta a absorção de umidade do ambiente pelas chapas de papelão devido ao tempo excessivo de espera no salão.

Figura 13 – Aplicação do fluxograma de investigação da causa raiz



Para o desenvolvimento do plano de ação, os itens de verificação propostos no Quadro 10 foram seguidos e apresentam seus resultados no Quadro 11.

Quadro 10 - Aplicação dos pontos de verificação pré plano de ação

Princípio	Item de Verificação
<i>Kaizen</i>	É a primeira vez que o defeito ocorre por essa causa raiz.
Tendência	Chapas de composição mais simples absorvem mais umidade do ambiente, tendo uma menor tolerância para exposição no salão. Dias chuvosos são mais críticos.
<i>Genri</i>	O PCP deve programar a produção de modo que as chapas passem o menor tempo possível no salão. Não existe um limite.
<i>Gensoku</i>	O PCP programa de acordo com o princípio de curto tempo de espera no salão. Conforme mencionado, não existe um padrão.
<i>Poka Yoke</i>	Não há.

A ação desenvolvida foi a definição de um limite de espera das chapas no salão junto ao PCP. Esse limite deve ser estabelecido considerando as composições mais simples. Também ficou definido que em caso de reincidência, um *Poka Yoke* deve ser desenvolvido para indicar chapas com tempo indevido no salão.

4.5 Controlar

Nesta etapa, explora-se controles globais e específicos. O monitoramento dos resultados permite melhorias graduais, a partir da adaptabilidade das ações às modificações do meio. Desta forma, soluções sustentáveis são inseridas num processo de melhoria contínua *kaizen*. Dessa forma, o Quadro 10 a sugere indicadores que refletem o progresso atingido. Destaca-se que a carta de controle mencionada deve assumir limites superiores e inferiores diferentes daqueles utilizados na etapa medir, sendo fixados em 0,0041 para o LSC e 0 para o LIC. A mudança se dá ao fato de o controle ser medido em relação aos objetivos aspirados (redução de 40% do número de RTs). Já na fase medir, é importante que aqueles limites sejam considerados porque a medição deve ser feita com base na situação atual. Certamente, é a partir dos novos limites que o índice de capacidade deve ser encontrado.

Quadro 11 - Indicadores

Item de Verificação	Indicadores
Relatórios Técnicos	Número de relatórios técnicos por mês
	Carta de controle da fração de lotes defeituosos
	Índice de capacidade do processo
Defeito	Frequência de cada modo de defeito (Diagrama de Pareto)
Mão de Obra	Número de reclamações provenientes de falha de mão de obra por equipe (Máquina/Turma)
<i>Kaizen</i>	Frequência de cada modo de defeito por causa raiz

Visando uma redução mínima de 40%, o indicador de RTs por mês deve continuar sendo monitorado tanto em quantidade absoluta quanto em porcentagem em relação aos pedidos expedidos. Adicionalmente, o Diagrama de Pareto utilizado na fase de definição (Gráfico 3) deve ser atualizado e controlado, visto a partir da análise da frequência de cada modo de defeito é possível a rápida percepção de padrões de falha que podem refletir problemas de grande proporção.

Torna-se desejável a atualização do Diagrama de Ishikawa, uma vez que permite uma noção mais ampla da categoria dos problemas. Para o controle nesse sentido, a causa raiz dos problemas devem ser incorporadas ao esquema a medida que forem sendo descobertas através do plano de investigação proposto (Figura 6). Assim, pode-se identificar a necessidade de ações gerais, como treinamentos envolvendo toda a equipe operacional ou a necessidade de ajuste nos planos de manutenção, por exemplo.

Para controle da mão de obra, o número de reclamações provenientes de falha humana devem ser acompanhados para cada equipe. Dessa forma, medidas adequadas poderão ser tomadas com o foco aqueles que apresentarem um nível maior de indisciplina ou baixo conhecimento do processo. Além disso, conforme mencionado, é necessário um plano especial para o treinamento da mão de obra temporária contratada.

Deve ainda ser realizado o controle isolado de cada melhoria aplicada, que devem ser registradas e acompanhadas regularmente para a garantia de sua continuidade. Atualmente, quando um plano de ação é desenvolvido nessas condições, não há nenhum tipo de acompanhamento para verificação de sua eficácia, necessária para saber quando uma ação requer modificações. Sugere-se, portanto, a constante verificação dos seguintes pontos:

- Os benefícios da ação ainda são claros? Quais são eles?
- Sua eficácia foi reduzida ou aumentada desde sua implantação?
- Todos os envolvidos entendem os objetivos da ação e estão colaborando?
- O que pode ser feito para a melhoria dos resultados?

Como um indicador de funcionamento do *kaizen*, o Quadro 10 apresenta a frequência de cada modo de defeito por causa raiz. Altos valores desse indicador podem indicar erros na identificação das causas raízes ou ineficácia das ações de melhoria e necessidade de sua revisão.

Como conclusão da aplicação do DMAIC, espera-se que os benefícios comecem a se mostrar a curto prazo a medida que os procedimentos propostos sejam cumpridos e os indicadores acompanhados.

5. CONCLUSÃO

Os tópicos abaixo apresentam uma sumarização do que foi atingido com este estudo. Os objetivos são resgatados e são expostas as limitações da pesquisa e sugestões para futuros trabalhos.

5.1 Atendimento aos objetivos

Desenvolvido em uma indústria de embalagens de papelão ondulado, o presente estudo utilizou o método DMAIC como uma orientação a busca de solução para o número de reclamações por itens defeituosos na área de impressoras. Ao longo do estudo, os processos de conversão e paletização foram detalhados, proporcionando um reconhecimento do contexto antes da aplicação do método. Os defeitos mais comuns e suas principais causas raízes foram identificadas e por fim, foram definidos indicadores para auxiliar no monitoramento da melhoria contínua. Contemplou-se o desenvolvimento de um método para sistematização do processo de investigação e identificação de causas de defeitos com base em alguns conceitos da qualidade. O estudo também estabeleceu rotinas de desenvolvimento de planos de ação e acompanhamento das melhorias como um complemento da estrutura proposta. Por fim, foi criado um método de controle para reclamações por defeito de conversão e paletização, promovendo a melhoria contínua. Assim, observa-se que todos os objetivos propostos foram atingidos.

A partir do observado até o momento, com a aplicação do modelo de tratativa em um caso real, a metodologia escolhida se mostrou de fato satisfatória. Suas etapas bem definidas proporcionaram a divisão do trabalho de forma lógica e eficiente. A fase de definição proporcionou o entendimento do processo para o problema. Após o mapeamento dos processos, uma análise dos dados históricos de ocorrências de RTs serviu de evidência da necessidade identificada. Já a fase medir possibilitou o entendimento das proporções do problema ao expor a parcela de reclamações face ao número total de pedidos expedidos. Adicionalmente, o Diagrama de Pareto priorizou os modos de defeito mais frequentes. Na análise dos dados, o FMEA permitiu o estudo das falhas. Utilizou-se a priorização do Diagrama de Pareto como parâmetro para suas pontuações. Os resultados expõem a quebra de procedimento como uma das causas de defeito de maior probabilidade de ocorrência, evidenciando o perigo da indisciplina dos operadores. Além disso, o índice de risco permitiu a priorização das etapas em relação a sua criticidade, colocando a segregação de embalagens pós *setup* em primeiro lugar. Destaca-se,

portanto, o forte papel da inspeção antes, durante e após o processo. O Diagrama de Ishikawa, também desenvolvido na fase de análise dos dados, apontou as possíveis causas dos defeitos mais recorrentes.

A etapa de aplicação das melhorias utilizou conceitos japoneses para o desenvolvimento de um fluxograma de investigação da causa raiz do defeito no caso da abertura de um relatório técnico, seguido de diretrizes para a elaboração do plano de ação. Por fim, a última fase de controle estabeleceu indicadores para o acompanhamento e controle do processo de forma a garantir a melhoria contínua.

Com a conclusão do estudo, observa-se ganhos para a empresa visto que houve a exploração das principais causas dos defeitos e desenvolvimento do FMEA. Porém, a maior colaboração seria a estruturação de um processo de tratativa de RTs eficiente e embasado em princípios japoneses. Um vez aplicado, espera-se a diminuição do número de itens defeituosos e consequentemente de reclamações de cliente.

O tempo foi considerado o fator limitante deste estudo, uma vez que o trabalho não contemplou os resultados da aplicação do modelo de investigação e monitoramento proposto. Assim, a prospectiva de redução do número de RTs em 40% não pôde ser testada.

5.2 Sugestões de futuros trabalhos

Os tópicos a seguir apresentam propostas para futuros trabalhos.

- Acompanhamento dos resultados pós implementação do fluxograma de investigação proposto: A validação do procedimento proposto só poderá ser realizada a partir da verificação dos ganhos provenientes de sua implementação. Assim, esta é a primeira sugestão para um próximo estudo.
- Mapeamento de evidências que comprovam causas raízes específicas: Um estudo para verificação de características nos defeitos que sejam específicas de certas causas raízes. Por exemplo, em caso de descolamento, um aspecto esbranquiçado no resíduo de cola indica a não gelatinização, refletindo a aplicação de uma temperatura inadequada. Quando conhecidos, esses aspectos peculiares eliminam a necessidade de uma investigação mais profunda.
- Realização do estudo na área de ondulateiras: O processo de produção das embalagens contempla a ondulação, na qual é fabricada a chapa de papelão, e a conversão, que

transforma as chapas em caixas. Assim, o desenvolvimento deste trabalho na área de ondulateiras completaria a análise do setor de engenharia de processos.

- Cálculo do valor financeiro do desperdício por itens defeituosos: Um relatório técnico pode se referir a um ou mais lotes de tamanhos variados. Por esse motivo, o valor financeiro do desperdício por itens defeituosos torna-se interessante. Este tipo de conhecimento reflete o tamanho do prejuízo, sendo mais uma motivação para a melhoria de processo.
- Realização de estudo para verificação da capacidade da equipe operacional de realizar as inspeções requisitadas e acompanhar as metas de produtividade: O estudo da capacidade da mão de obra permitirá a verificação da necessidade de alocação de mais pessoas para o cumprimento dos procedimentos de inspeção de forma ideal. Salienta-se que caso verificada a necessidade, os custos de ambos os cenários devem ser considerados.
- Estudo para desenvolvimento de cultura de defeito zero: Conforme fora observado, o fator humano dá margem a diversos desperdícios. Atualmente, verifica-se que o excesso de confiança e a falta de comprometimento da equipe operacional são grandes fontes de defeito. Para correção, uma cultura de defeito zero deve ser estabelecida de maneira gradual.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, G. E. V. *et al.* Análise da aplicação conjunta das técnicas SIPOC, fluxograma, e FTA em uma empresa de médio porte. **ENEGEP–Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, 2012.
- 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, p. 203-219, 2007.
- ARAUJO, C. A. C.; RENTES, A. F. A Metodologia Kaizen na Condução de Processos de Mudança em Sistemas de Produção Enxuta. **Revista de Gestão Industrial**. v. 2, n. 2, p. 126-35, 2006.
- BADWAN, J. A. M. **A gestão da qualidade na administração pública**: o estudo de caso do DAEB à luz do modelo de excelência em gestão pública do programa GESPÚBLICA, Porto Alegre, 2010.
- BORGES, L. M; WALTER, F.; SANTOS, L. C. Análise e redesenho de processos no setor público: identificação de melhorias em um processo de compra. **HOLOS**, v. 1, p. 231-252, 2016.
- CAMPOS, V. F. **Gerenciamento da rotina do trabalho do dia a dia**. 8. ed. Belo Horizonte: Editora de Desenvolvimento Gerencial, 2002.
- CARPINETTI, L. C. R. **Gestão da qualidade**: conceitos e técnicas. São Paulo: Atlas, 2012.
- CARVALHO, M.M.; PALADINI, E.P. **Gestão da Qualidade**: teoria e casos. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005.
- CHAKRABORTTY, R.K.; BISWAS, T.K.; AHMED, I. Reducing Process Variability by using DMAIC model: A case study in Bangladesh. **International Journal for Quality Research**. v.7, n.1, 2013
- CUTRIM, S. S. *et al.* Seis Sigma na Operação e Logística Portuária da Vale: Estudo de Caso no Terminal Marítimo Ponta da Madeira. **Revista Eletrônica de Estratégia & Negócios**, v. 10, n. Ed. Especial 1, p. 186-210, 2017.
- DE OLIVEIRA, C.C. *et al.* Manual para elaboração de cartas de controle para monitoramento de processos de medição quantitativos em laboratórios de ensaio. **Instituto Adolfo Lutz, 1ª edição, São Paulo**, 2013.
- DE QUEIROZ, A. B.; DE OLIVEIRA, L. B. A Ferramenta Kaizen na Solução de Problemas Em Uma Indústria Automobilística. **Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada**, v. 3, n. 2, 2018.
- DOOLEN, T. L. *et al.* Kaizen events and organizational performance: a field study. **International Journal of Operations & Production Management**. v.57, n.8, p.637-658, 2008.

FEITOSA, G. M.; PIMENTEL, R. C. O impacto da adoção no Modelo de Excelência de Gestão (MEG) no desempenho financeiro das empresas. In: ENCONTRO DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM ADMINISTRAÇÃO, 37., 2013, Rio de Janeiro/RJ. **Anais...** Rio de Janeiro/RJ: ANPAD, 2013.

GARVIN, D. **Gerenciando a qualidade: a visão estratégica e competitiva**. Trad. Eng. João Ferreira Bezerra de Souza. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1992.

JURAN, J. M. **Juran na Liderança pela Qualidade**. São Paulo: Pioneira, 1993.

LEITE, L. G. *et al.* Controle de qualidade. **Produção de fungos entomopatogênicos**, 2003.

LEMOS, C. M. **Metodologia Lean Six Sigma: um modelo para implementação**. 2010.

LIN, C. *et al.* Continuous improvement of knowledge management systems using Six Sigma methodology. **Robotics and Computers-Integrated Manufacturing**, v.29, p. 93-103, 2013.

LIN, T.; HORNYAK, C. **Quality Assurance Manuscript**. Flint, MI: Kettering University, 2012.

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

MAICZUK, J.; JÚNIOR, P.P.A. Aplicação de ferramentas de melhoria de qualidade e produtividade nos processos produtivos: um estudo de caso. **Qualitas Revista Eletrônica**, v. 14, n. 1, 2013.

MARIANI, C. A. Método PDCA e ferramentas da qualidade no gerenciamento de processos industriais: um estudo de caso. **Revista de Administração e Inovação**, v. 2, n. 2, p. 110-126, 2005.

MONTGOMERY, D.C. **Introduction to Statistical Quality Control**. 6. ed. New York: John Wiley & Sons, Inc., 2009.

MONTGOMERY, D. C.; WOODALL, W. H. An Overview of Six Sigma. **International Statistical Review**, v. 76, n. 3, p. 329–346, 2008.

MOOSAA, K.; SAJIDB, A. Critical analysis of Six Sigma implementation. **Total Quality Management**, v. 21, n. 7, p. 745-759, 2010.

NOGUEIRA, L. J. M. **Melhoria da qualidade através de sistemas Poka-Yoke**. Dissertação de Mestrado. FEUP, 2010.

RAMOS, V. R. *et al.* Gestão de projetos através do DMAIC. **ENEGEP–Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, 2014.

RAMOS, E.M.L.S.; DE ALMEIDA, S. S.; ARAÚJO, A. R. **Controle estatístico da qualidade**. Bookman, 2013.

RATHILALL, R.; SINGH, S. A Lean Six Sigma framework to enhance the competitiveness in selected automotive component manufacturing organisations. **South African Journal of Economic and Management Sciences**. v. 21, n. 1, p. 1-13, 2018.

SANTOS, A. B. **Modelo de Referência para estruturar o programa de qualidade seis sigma: proposta e avaliação**. Tese de doutorado. Universidade Federal de São Carlos, 2006.

SANTOS, A. B.; MARTINS, M. F. Modelo de referência para estruturar o Seis Sigma nas organizações. **Gestão da Produção**. v. 15, n. 1, p. 43-56, 2008.

SCHROEDER, R. G. et al. Six Sigma: Definition and underlying theory. **Journal of Operations Management**, v. 26, n. 4, p. 536–554, 2008.

SHANKAR, R. **Process improvement using six sigma: a DMAIC guide**. ASQ Quality Press, 2009.

SILVA, S. S. F. **Impacto do Programa de Qualidade Total no Controle Organizacional da Cooperativa Regional Triticola Serrana Ltda – Cotrijuí - Unidade de Dom Pedrito –RS**. Dissertação de Mestrado. PPGA/UFRGS, Porto Alegre, 2001.

SILVA, B. B. *et al.* Identificação dos Fatores de Implantação do Seis Sigmas em Empresas no Brasil. **GESTÃO.Org - Revista Eletrônica de Gestão Organizacional**, v. 15, n. 2, p. 519-529, 2017.

SILVA, E. A.; ZANINI, D. S.; NAZARENO, E. Programa nacional da gestão pública e desburocratização - gspública: comparações pertinentes, possibilidades de aplicação. **VIII CONGRESSO NACIONAL DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO**, 8 e 9 de junho de 2012.

SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert. **Administração da produção**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

SOKOVIC, M.; PAVLETIC, D.; PIPAN K.K. Quality improvement methodologies–PDCA cycle, RADAR matrix, DMAIC and DFSS. **Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering**. v.43, n.1, p. 476-83, 2010.

TOLEDO, J. C.; AMARAL, D. C. FMEA-Análise do Tipo e Efeito de Falha. **GEPEQ–Grupo de Estudos e Pesquisa em Qualidade-DEP–UFSCar. Apostila**, 2006.

TRKMAN, P. The critical success factors of business process management. **International journal of information management**, v. 30, n. 2, p. 125-134, 2010.

GURGEL JUNIOR, Garibaldi Dantas; VIEIRA, Marcelo Milano Falcão. Qualidade total e administração hospitalar: explorando disjunções conceituais. **Ciênc. saúde coletiva**. v. 7, n. 2, p. 325-334, 2002.

VOM BROCKE, J. *et al.* **Handbook on business process management**. Heidelberg: Springer, 2010.

WERKEMA, C. **Lean seis sigma**: introdução às ferramentas do lean manufacturing. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011.

WERKEMA, C. **Métodos PDCA e DMAIC e suas ferramentas analíticas**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.

WERKEMA, M.C.C. **Criando a cultura seis sigma**. Werkema Editora, 2004.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. **Lean thinking**: banish waste and create wealth for your corporation. New York: Free Press, 2003.

ANEXO

ANEXO A – GRAU DE SEVERIDADE, OCORRÊNCIA E DETECÇÃO

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

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

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

Fonte: Toledo e Amaral (2006)

ANEXO B – TABELA DE CONVERSÃO DPMO PARA NÍVEL SIGMA

TABELA DE CONVERSÃO PARA A ESCALA SIGMA									
ESCALA SIGMA	DPMO	ESCALA SIGMA	DPMO	ESCALA SIGMA	DPMO	ESCALA SIGMA	DPMO	ESCALA SIGMA	DPMO
0,00	933.193	1,20	617.912	2,40	184.060	3,60	17.865	4,80	483
0,05	926.471	1,25	598.706	2,45	171.056	3,65	15.778	4,85	404
0,10	919.243	1,30	579.260	2,50	158.655	3,70	13.904	4,90	337
0,15	911.492	1,35	559.618	2,55	146.859	3,75	12.225	4,95	280
0,20	903.199	1,40	539.828	2,60	135.666	3,80	10.724	5,00	233
0,25	894.350	1,45	519.939	2,65	125.072	3,85	9.387	5,05	193
0,30	884.930	1,50	500.000	2,70	115.070	3,90	8.198	5,10	159
0,35	874.928	1,55	480.061	2,75	105.650	3,95	7.143	5,15	131
0,40	864.334	1,60	460.172	2,80	96.800	4,00	6.210	5,20	108
0,45	853.141	1,65	440.382	2,85	88.508	4,05	5.386	5,25	89
0,50	841.345	1,70	420.740	2,90	80.757	4,10	4.661	5,30	72
0,55	826.944	1,75	401.294	2,95	73.529	4,15	4.024	5,35	59
0,60	815.940	1,80	382.088	3,00	66.807	4,20	3.467	5,40	48
0,65	802.338	1,85	363.169	3,05	60.571	4,25	2.980	5,45	39
0,70	788.145	1,90	344.578	3,10	54.799	4,30	2.555	5,50	32
0,75	773.373	1,95	326.355	3,15	49.471	4,35	2.186	5,55	26
0,80	758.036	2,00	308.537	3,20	44.565	4,40	1.866	5,60	21
0,85	742.154	2,05	291.160	3,25	40.059	4,45	1.589	5,65	17
0,90	725.747	2,10	274.253	3,30	35.930	4,50	1.350	5,70	13
0,95	708.840	2,15	257.846	3,35	32.157	4,55	1.144	5,75	11
1,00	691.463	2,20	241.964	3,40	28.717	4,60	968	5,80	9
1,05	673.645	2,25	226.627	3,45	25.588	4,65	816	5,85	7
1,10	655.422	2,30	211.856	3,50	22.750	4,70	687	5,90	5
1,15	636.831	2,35	197.663	3,55	20.182	4,75	577	5,95	4
								6,00	3

Nota: esta tabela, para todos os valores apresentados, foi construída com base na suposição de que a média do processo de interesse está deslocada em relação ao valor nominal em $1,5\sigma$, onde o σ é igual ao desvio-padrão do processo.

Fonte: Werkema (2004, p.149)