

FERNANDO CUNHA DE LIMA

**ANÁLISE PARA REDUÇÃO DOS CUSTOS DE FALHAS DE
QUALIDADE EM UMA FÁBRICA DE IMPRESSORAS ATRAVÉS DA
APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS DA QUALIDADE**

Monografia apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para obtenção do certificado de Especialista em Gestão e Engenharia da Qualidade – MBA/USP.

São Paulo
2016

FERNANDO CUNHA DE LIMA

**ANÁLISE PARA REDUÇÃO DOS CUSTOS DE FALHAS DE
QUALIDADE EM UMA FÁBRICA DE IMPRESSORAS ATRAVÉS DA
APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS DA QUALIDADE**

Monografia apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para obtenção do certificado de Especialista em Gestão e Engenharia da Qualidade – MBA/USP.

Orientador: Professor Doutor Adherbal Caminada Netto

São Paulo

2016

Dedico este trabalho a minha
esposa que me apoia
incondicionalmente em todos
os momentos.

RESUMO

Os custos de falhas da qualidade são provenientes de eventos indesejáveis que não agregam nenhum valor ao produto, portanto podem ser considerados como desperdícios que devem ser foco de redução constante. O presente estudo objetivou a apresentação de uma metodologia que prevê a aplicação de ferramentas da qualidade para identificar quais problemas mais contribuem para os resultados negativos dos custos de falhas da qualidade, assim como identificar suas causas e planejar ações de melhoria para reduzi-los. A metodologia aplica em uma sequência lógica a ferramenta da qualidade Diagrama de Pareto para a priorização dos problemas, as ferramentas Diagrama de Causa e Efeito e 5 Porquês para a identificação de causas raiz e a ferramenta 5W2H para a elaboração de plano de ações. Esta metodologia se mostrou adequada ao cenário fabril a qual foi implementada.

Palavras-Chave: Custos da Qualidade. Diagrama de Pareto. Diagrama de Causa e Efeito. 5 Porquês. 5W2H.

ABSTRACT

Quality failure costs are from undesirable events that do not add any value to the product, and should be considered as waste, which must be focus of constant reduction. This study aimed to present a methodology that foresees the application of quality tools to identify problems that most contribute to the negative results of quality failure costs, and identify their causes and plan improvement actions to reduce them. The methodology applies in a logical sequence the quality tool Pareto diagram for the prioritization of problems, the tools Cause and Effect Diagram together with 5 Whys to identify root causes and 5W2H tool for the preparation of the action plan. This methodology was found to be adequate to the factory scenery in which has been implemented.

Keywords: Quality Costs. Pareto Diagram. Cause and Effect Diagram. 5 Whys. 5W2H.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Categorias de custos da qualidade.....	18
Figura 2 – Diagrama de Pareto para os defeitos de peças plásticas injetadas.....	22
Figura 3 – Diagrama de Causa e Efeito.....	23
Figura 4 – Custo de falhas da qualidade período entre Jan e Mai/2016.....	27
Figura 5 - Etapas do estudo de caso.....	27
Figura 6 – Diagrama de Pareto de 1º nível – Custo total Jan a Mai/2016.....	29
Figura 7 – Diagrama de Pareto de 2º nível – Custo de retrabalho.....	30
Figura 8 – Diagrama Pareto de 2º nível – Custo de descarte de peças.....	31
Figura 9 – Diagrama de Pareto de 3º nível – Custo de descarte de peças importadas.....	32
Figura 10 – Diagrama de Pareto de 3º nível – Custo de descarte de componentes eletrônicos.....	32
Figura 11 – Diagrama de Pareto de 4º nível – Custo de descarte de peças importadas devido à problema de fornecedor.....	33
Figura 12 – Diagrama de Pareto de 4º nível – Custo de descarte de componentes eletrônicos devido à problema de processo.....	34
Figura 13 – Diagrama de causa e efeito do problema custo devido à seleção de peças plásticas defeituosas na linha de montagem.....	36
Figura 14– Diagrama de causa e efeito do problema custo devido à substituição de selo fiscal.....	36
Figura 15 – Diagrama de causa e efeito do problema custo devido a retrabalho de impressora que não corta o papel.....	37
Figura 16 – Diagrama de causa e efeito do problema custo de retrabalho devido a parafuso espanando.....	37

Figura 17 – Diagrama de causa e efeito do problema custo devido ao sucateamento de componentes eletrônicos.....	38
Figura 18 – Diagrama de causa e efeito do problema custo de sucateamento de peças importadas devido a problemas de fornecedores.....	38
Figura 19 – Diagrama de Pareto de 1º nível – Custo total Jun/2016.....	47

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Defeitos de peças plásticas injetadas.....	22
Tabela 2 – Aplicação do "5 Porquês" para o defeito mancha.....	24
Tabela 3 – Classificação dos custos de falhas de qualidade.....	26
Tabela 4 – Custo por causa por mês.....	28
Tabela 5 – Resultado obtido com a ferramenta Diagrama de Pareto.....	35
Tabela 6 – Confirmação da causa do problema custo devido à seleção de peças plásticas defeituosas na linha de montagem.....	39
Tabela 7 – Confirmação da causa do problema custo devido a substituição de selo fiscal.....	39
Tabela 8 – Confirmação da causa do problema custo devido a retrabalho de impressora que não corta o papel.....	40
Tabela 9 – Confirmação da causa do problema custo de retrabalho devido a parafuso espanando.....	40
Tabela 10 – Confirmação da causa do problema custo de descarte de componentes eletrônicos devido a problemas de processo.....	41
Tabela 11 – Confirmação da causa do problema custo de descarte de peças importadas devido a problemas de fornecedores.....	41
Tabela 12 – 5 Porquês para o problema custo devido à seleção de peças plásticas defeituosas na linha de montagem.....	42
Tabela 13 – 5 Porquês para o problema custo devido a substituição de selo fiscal..	42
Tabela 14 – 5 Porquês para o problema custo devido a retrabalho de impressora que não corta o papel.....	43
Tabela 15 – 5 Porquês para o problema custo de retrabalho devido a parafuso espanando.....	43
Tabela 16 – 5 Porquês para o problema custo de descarte de componentes eletrônicos devido a problemas de processo.....	44

Tabela 17 – 5 Porquês para o problema custo de descarte de componentes eletrônicos devido a problemas de processo.....	44
Tabela 18 – Relação entre problema e causa raiz.....	44
Tabela 19 - Plano de ações 5W2H.....	45

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- 5W2H *What* (O que), *Why* (Por quê), *Where* (Onde), *Who* (Quem). *When* (Quando), *How* (Como), *How Much* (Quanto)
- 6Ms Mão de obra, Matéria prima, Método, Medição, Meio Ambiente e Máquina.
- PDCA P- *Plan* "Planejar"; D- *Do* "Executar"; C- *Check* "Verificar"; A- *Action* "Atuar".

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	15
1.1 Objetivos.....	16
1.2 Escopo.....	16
2. REVISÃO DA LITERATURA.....	18
2.1 Custos da Qualidade.....	18
2.1.2 Custo de Prevenção.....	19
2.1.3 Custo de Avaliação.....	20
2.1.4 Custo de Falha Interna.....	20
2.1.5 Custo de Falha Externa.....	21
2.2 Ferramentas da Qualidade.....	21
2.2.1 Diagrama de Pareto.....	21
2.2.2 Diagrama de Causa e Efeito.....	23
2.2.3 5 Porquês.....	23
2.2.4 Plano de ação (5W2H).....	24
3. CARACTERIZAÇÃO DA ORGANIZAÇÃO.....	25
4. ESTUDO DE CASO.....	26
4.1 Apresentação do cenário.....	26
4.2 Metodologia.....	27
4.3 Desenvolvimento do estudo.....	28
4.3.1 Aplicação da ferramenta Diagrama de Pareto.....	29
4.3.2 Aplicação da ferramenta Diagrama de Causa e Efeito.....	35

4.3.3 Aplicação da ferramenta 5 Porquês.....	42
4.3.4 Elaboração do plano de ações.....	45
4.3.5 Analise dos resultados obtidos.....	47
5. CONCLUSÃO.....	49
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	51

1. INTRODUÇÃO

Os custos da qualidade são uma preocupação constante nas empresas do setor de manufatura eletroeletrônica, tendo em vista que, em um mercado globalizado, onde a concorrência é crescente e os processos produtivos são cada vez mais eficientes e enxutos, qualquer redução de custo pode ser o diferencial na busca pela competitividade.

Segundo Robles (2009) os custos da qualidade são normalmente classificados nas categorias prevenção, avaliação, falhas internas e falhas externas. Os custos de prevenção e avaliação visam respectivamente evitar a geração de itens defeituosos e identificar itens defeituosos antes da remessa ao cliente. Ambos são fundamentais para a obtenção de um desempenho de qualidade satisfatório.

Entretanto, os custos de falhas internas ou externas são provenientes de eventos indesejáveis que não agregam nenhum valor ao produto, portanto podem ser considerados como desperdícios; tais custos indesejados devem ser foco de análises para a constante redução.

Tendo em vista a importância de se controlar e reduzir os custos de falhas da qualidade, faz-se necessário a utilização de métodos e ferramentas que permitam identificar suas origens, além de mecanismos de priorização e implementação de ações de melhoria com o intuito de reduzi-los. Neste contexto, as ferramentas da qualidade se encaixam perfeitamente.

As ferramentas da qualidade são técnicas estatísticas e gerenciais que auxiliam na obtenção, organização e análises das informações necessárias para a resolução de problemas, utilizando dados quantitativos (Trivellato, 2010, p. 13).

Este trabalho apresenta uma metodologia para a análise dos custos de falhas de qualidade resultantes das operações de uma fábrica de impressoras, a metodologia proposta prevê a implementação das ferramentas da qualidade Diagrama de Causa e Efeito, Diagrama de Pareto, 5 Porquês e Plano de ação em uma sequência lógica, visando à identificação das origens de tais custos, priorização e implementação de ações de forma a obter reduções.

O estabelecimento de metodologias para a análise e redução de custos de falhas da qualidade torna-se relevante no atual cenário econômico brasileiro, pois fornece subsídios para a identificação de áreas da organização que geram os maiores desperdícios e consequente onde a aplicação de esforços trará maiores benefícios.

1.1. Objetivos

Pretende-se apresentar uma metodologia para a identificação e priorização dos problemas que mais contribuem negativamente para os resultados e por fim definir ações de melhoria através da análise dos resultados dos indicadores de custo da qualidade da organização em questão e da aplicação das seguintes ferramentas da qualidade Diagrama de Causa e Efeito, Diagrama de Pareto, 5 porquês e Plano de ação (5W2H).

Ao término deste trabalho espera-se concluir que através da análise crítica dos custos das falhas internas e externa e com o auxílio das ferramentas da qualidade é possível identificar problemas e suas causas e priorizar ações com o intuído de eliminar falhas e consequentemente reduzir custos.

1.2. Escopo

Este trabalho apresenta uma análise dos custos originados em falhas de qualidade resultantes das operações de uma fábrica de impressoras.

Na empresa em questão, os custos de falhas de qualidade internas são monitorados através de indicadores específicos cujas metas são estabelecidas por sua matriz uma multinacional de origem japonesa, com base no histórico de desempenho.

Para o cálculo dos custos de falhas da qualidade, são considerados os gastos com sucateamento de peças, horas de trabalho adicionais para retrabalho ou inspeção de peças, manutenção corretiva de equipamentos e ferramentas,

transporte, atendimento a garantia, dentre outros desde que resultantes de problemas de qualidade.

Dentro da organização, os indicadores e respectivas metas são estabelecidas por famílias de produtos. Serão foco deste trabalho os custos relativos às falhas internas e externas relacionados com as famílias de impressoras térmica e jato de tinta.

2. REVISÃO DA LITERATURA

Neste capítulo é realizada uma revisão da literatura e serão apresentados conceitos e exemplos.

2.1. Custos da qualidade

Os custos da qualidade foram discutidos inicialmente por Juran em 1951, em seu livro *Quality Handbook* (Wernke, 2000).

Segundo Juran (1998), o estudo dos custos relacionados à qualidade forneceu vocabulário para a comunicação entre os departamentos de qualidade e a alta direção e foi usado para justificar propostas de melhorias de qualidade, tendo em vista que a principal linguagem da alta direção é o dinheiro.

“Os custos da qualidade são os custos associados com a obtenção e manutenção da qualidade em uma organização, tanto em manufatura quanto em serviços” (Coral, 1996, p.61).

Robles (2009) agrupou os custos da qualidade em categorias como descrito na figura 2.1.

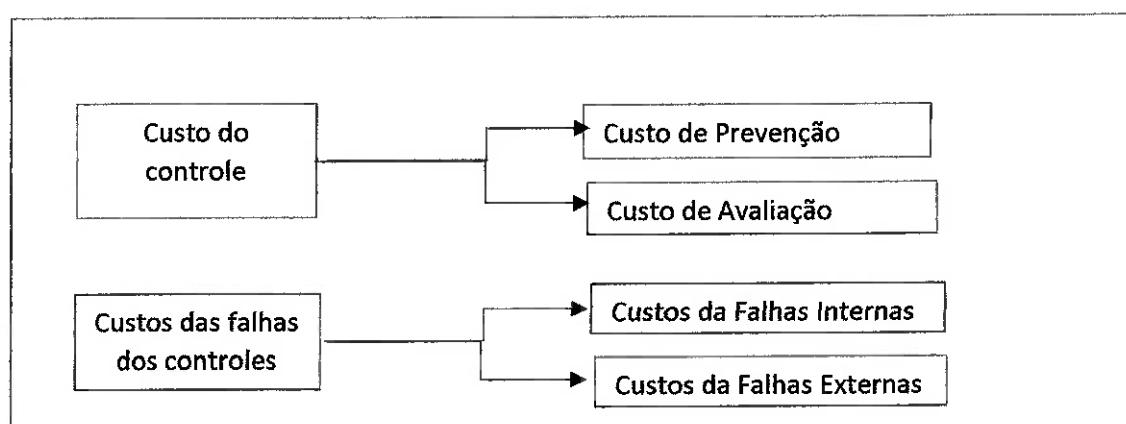


Figura 1 – Categorias de custos da qualidade

Robles (2009) descreve que existe uma relação entre as categorias de custos e que através de análises procura-se inferir um ponto ótimo desta relação, onde,

aumentando-se os custos com prevenção espera-se obter uma redução nos custos de falhas.

A seguir serão discutidos com mais detalhes as categorias de custos da qualidade.

2.1.1 Custo de prevenção

Os custo de prevenção são os custos relacionados às atividades, para garantir que apenas produtos sem defeitos sejam produzidos.

Segundo Wernke (2000), prevenção de defeitos consiste na implementação do princípio “fazer certo dá primeira vez”, previnindo assim problemas em todas as etapas do processo de manufatura.

Tomando como base o princípio do PDCA¹, custos de prevenção são os custos associados com a etapa de planejamento.

Os seguintes custos estão relacionados com a prevenção:

- Planejamento da qualidade;
- Auditoria de qualidade;
- Treinamento relacionado a qualidade;
- Manutenção preventiva de equipamentos;
- Equipe de engenharia da qualidade;
- Controles e processo;
- Avaliação de novos produtos;

Segundo Juran (1998) experimentos sugerem que o monitoramento contínuo destes custos podem ser excluídos, pois, permitem que esforços sejam aplicados a problemas maiores por exemplo “Custo de falhas” e para evitar o tempo gasto discutindo o que deve ser considerado como custo de prevenção.

¹PDCA é uma metodologia de gestão que se baseia nas etapas planejar, executar, verificar e atuar.

2.1.2 Custo de avaliação

Os custos de avaliação estão associados às atividades para medir o grau de conformidade com os requisitos, e assim, segregar componentes e/ou produtos defeituosos antes do envio para os clientes internos ou externos.

Os seguintes custos estão relacionados com a avaliação:

- Testes e inspeções no recebimento de materiais;
- Inspeções de processo;
- Auditoria de produtos acabados;
- Manutenção de equipamentos utilizados em testes e inspeções;
- Testes realizados por laboratórios externos.

2.1.3 Custo de falhas internas

Os custos de falhas internas são custos decorrentes de falhas detectadas antes do envio de itens aos clientes. As falhas internas podem ocorrer nas diversas etapas do fabricação, desde, o projeto até a própria produção.

Os seguintes custos estão relacionados com falhas internas:

- Sucateamento de componentes;
- Horas gastas com retrabalho;
- Custo com transporte excepcional;
- Inspeções de lotes rejeitados;
- Hora extra para recuperar atrasos de produção;
- Manutenção corretiva;

De acordo com Juran (1998) estes custos cesam quando a deficiências desaparecem.

2.1.4 Custo de falhas externas

O custo de falhas externas está associado a ineficiências detectadas após a entrega do produto ao cliente.

Segundo Robles (2009) falhas externas estão associadas às devoluções, queixas e reclamações de clientes.

Os seguintes custos estão relacionados a falhas externas:

- Custos associados a devolução de produtos;
- Reparos em garantia;
- Vendas perdidas;
- *Recall*;
- Estrutura de assistência técnica;

2.2. Ferramentas da qualidade

2.2.1 Diagrama de Pareto

Segundo Rotondaro (2015) o diagrama de Pareto é instrumento que apresenta os dados através de uma descrição gráfica de forma que seja possível identificar e priorizar onde esforços devem ser aplicados para obter maiores ganhos.

Para Aguiar (2006) o objetivo desta ferramenta é priorizar situações específicas em relação às características de interesse.

Resumidamente, o diagrama de Pareto consiste em um gráfico de barras verticais. O eixo horizontal apresenta as características de interesse que se deseja comparar, o eixo vertical principal apresenta a frequência de ocorrência de cada característica de interesse e o eixo vertical secundário apresenta a porcentagem acumulada das ocorrências. As barras são dispostas em ordem decrescente, de forma a facilitar a visualização da característica com maior ocorrência.

A frequência de ocorrência pode ser substituída por outros elementos como, por exemplo, o custo ou a gravidade.

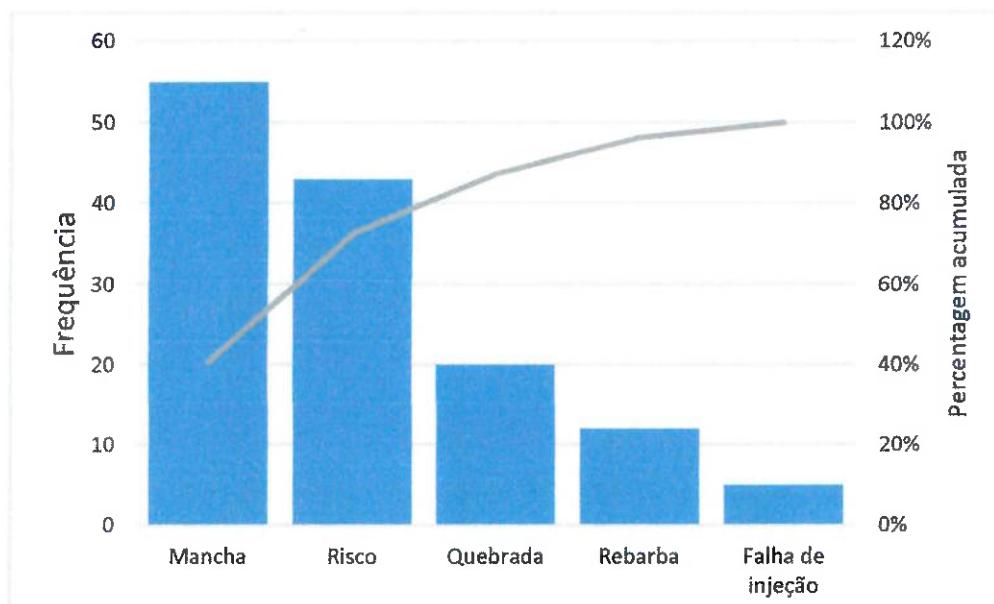
Rotondaro (2015) prevê as seguintes etapas para a constuição do diagrama de pareto:

- a) Definir o tipo de problema a ser estudado;
- b) Listar as categorias de estratificação;
- c) Realizar a coleta de dados;
- d) Elaborar uma planilha com os seguintes dados:
- e) Traçar o diagrama e alinha de percentagem acumulada
 - Categorias;
 - Frequência;
 - Percentagem do total geral;
 - Percentagem acumulada

Tabela 1 – Defeitos de peças plásticas injetadas

Categorias	Frequências	% do total	% acumulada
Mancha	55	41%	41%
Risco	43	32%	73%
Quebrada	20	15%	87%
Rebarba	12	9%	96%
Falha de injeção	5	4%	100%
Total	135	100%	100%

Figura 2 – Diagrama de Pareto para os defeitos de peças plásticas injetadas



2.2.2 Diagrama de Causa e Efeito

Segundo Aguiar (2006) o Diagrama de Causa e Efeito fornece o relacionamento entre a causa e o efeito de um problema de interesse.

De acordo com Dalvechio (2012) esta ferramenta é utilizada para visualizar causas principais e secundárias de um problema, além de ampliar sua visão e enriquecer sua análise de processos para a identificação de melhorias.

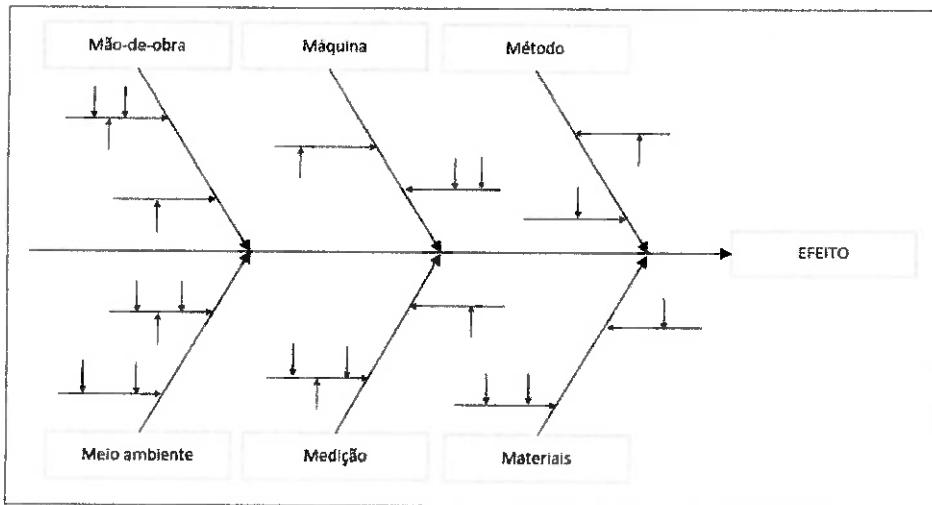
Rotondaro (2015) ressalta as seguintes etapas para a construção do Diagrama de Causa e Efeito:

- Determinar o efeito a ser analisado (Espinha dorsal);
- Definir os fatores Principais (Ramos);

Um dos critérios mais utilizados é a utilização dos chamados 6Ms: Mão-de-obra, máquinas, métodos, materiais, meio ambiente e medição.

- Listar causas relacionadas com o ramos;

Figura 3 – Diagrama de Causa e Efeito



2.2.3 5 Porquês

O “5 Porquês” é uma técnica para encontrar a causa raiz de um problema ou um defeito.

A aplicação da ferramenta 5 Porquês consiste em formular sucesivas perguntas usando o “Por quê” até 5 vezes, com a intenção de identificar a causa raiz.

Como forma de descrever a aplicação desta técnica, a seguir é apresentado a análise do defeito mancha citado no item 2.2.1.

Tabela 2 – Aplicação do “5 Porquês” para o defeito mancha

Ocorrência	1º Porquê	2º Porquê	3º Porquê	4º Porquê	5º Porquê
Alta incidência de manchas	Por que o índice de manchas está alto?	Por que foi utilizado matéria prima está com umidade?	Por que não foi realizado o processo de desumidificação?	Por que o desumidificador estava quebrado?	Por que não foi realizada a manutenção preventiva do desumidificador?
	Foi utilizado matéria prima com humidade.	Não foi realizado o processo de desumidificação.	Desumidificador quebrado.	Não foi realizada manutenção preventiva do desumidificador.	O desumidificador não foi inserido no plano de manutenção preventiva

2.2.4 Plano de ação (5W2H)

Após a identificação e priorização dos principais fatores que afetam os custos da qualidade é necessário definir e implementar ações corretivas para eliminar as causas raízes, para tanto a criação de um plano ação é fundamental.

A ferramenta 5W2H fornece um cronograma de planejamento da implementação das ações a serem executadas (Aguiar 2006).

O que: Qual ação deve ser realizada?

Quando: Quando a ação será realizada?

Por que: Por que foi estabelecida esta ação? (Resultado esperado)

Quem: Quem será responsável pela implantação da ação?

Onde: Onde a ação será implementada?

Como: Como a ação deve ser implementada? (Passos da ação)

Quanto: Quanto será gasto?

3. CARACTERIZAÇÃO DA ORGANIZAÇÃO

O estudo de caso apresentado neste trabalho é baseado em uma fábrica de impressoras situada na região da Grande São Paulo com aproximadamente 350 funcionários.

Subsidiária de uma Multinacional japonesa, líder mundial em produtos de imagem de alta precisão, atualmente possui mais de 75 mil colaboradores em 97 empresas localizadas em diversos países. Por conta de suas tecnologias próprias está entre as 10 companhias que mais registram patentes no cenário mundial.

A unidade fabril localizada em São Paulo foi fundada em 1996; esta unidade obteve a certificação ISO 9001 em janeiro de 2000.

Dentre os processos produtivos principais estão a montagem de impressoras térmica e jato de tinta, montagem de placas de circuito impresso e embalagem de cartuchos de tinta.

4. ESTUDO DE CASO

4.1 Apresentação do cenário

O presente estudo de caso apresenta uma análise dos custos de falhas de qualidade para o segmento de impressoras térmicas. Através deste estudo pretende-se identificar as causas de problemas associados ao desempenho insatisfatório e propor ações de melhoria.

Por definição, para a organização, custo de falha de qualidade é a soma dos custos de falhas relacionados a problemas de qualidade, tais como compensação de reclamações de clientes, retrabalho, custo de manutenção e custo de descarte de produtos e peças devido a problemas de qualidade.

A tabela 3 apresenta a classificação de custos utilizada na empresa.

Tabela 3 – Classificação dos custos de falhas de qualidade

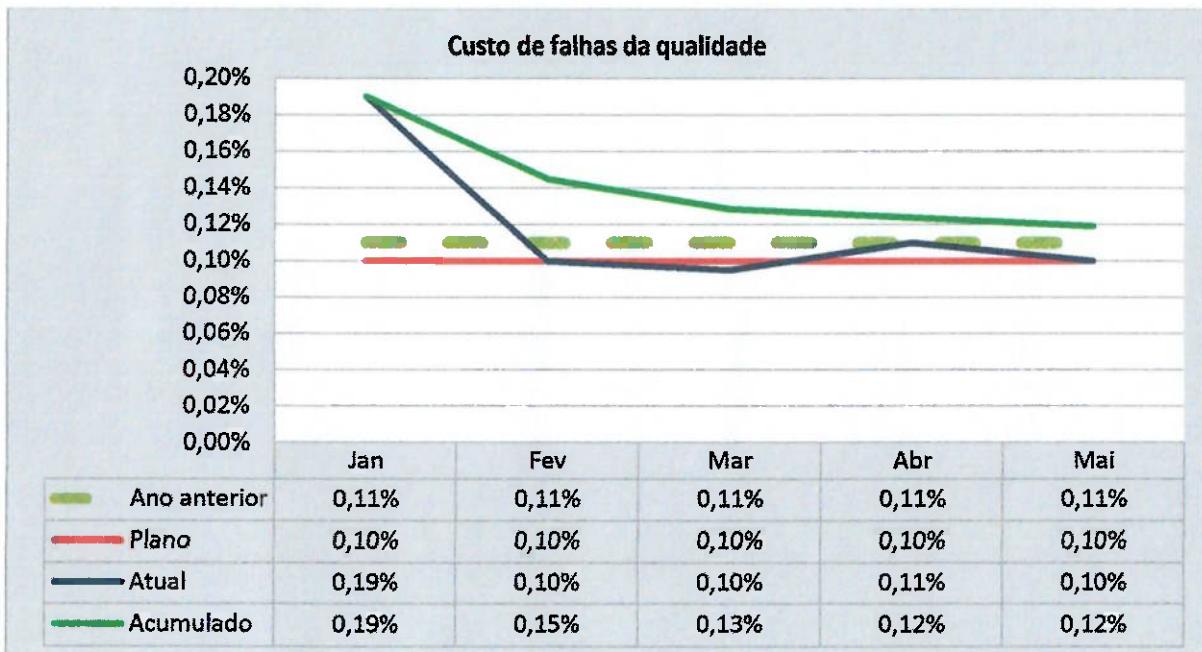
Causa
A. Custo de descarte de peças
B. Custo de retrabalho
C. Custo para compensação de problemas de qualidade
D. Custo excepcional de transporte
E. Custo de reparo de moldes
F. Custo de reparo de máquinas

Para a elaboração do presente estudo foram utilizados dados do período de janeiro a maio de 2016, os dados utilizados no estudo são provenientes do sistema de gestão da organização.

O segmento de produtos analisado neste estudo apresentou no período em questão um índice de 0,12% de custo de falhas de qualidade, um desempenho insatisfatório para o período tendo em vista a meta planejada $\leq 0,10\%$.

O gráfico 1 apresentado a seguir ilustra a evolução dos resultados ao longo do período analisado.

Figura 4 – Custo de falhas da qualidade período entre Jan e Mai/2016



O desempenho insatisfatório obtido no período indica a necessidade de uma análise detalhada dos dados para subsidiar a implementação de ações corretivas.

4.2 Metodologia

O processo de análise do cenário apresentado acima foi realizado através da implementação de ferramentas da qualidade em uma sequência lógica conforme descrito na figura 5. O detalhamento das quatro etapas é apresentado a seguir.

Figura 5 - Etapas do estudo de caso



Na etapa 1, para a análise dos dados, inicialmente, foi utilizada a ferramenta da qualidade Diagrama de Pareto, com o intuído de isolar as componentes que mais influenciaram para o desempenho negativo.

Na segunda etapa, a ferramenta Diagrama de Causa e Efeito foi aplicada para identificar as possíveis causas envolvidas; por fim, a ferramenta 5 Porquês foi aplicada para identificar as causas raízes.

Para o tratamento das causas identificadas na etapa anterior, um plano de ação foi elaborado utilizando a metodologia 5W2H.

Na etapa 4 foi realizada uma análise dos resultados obtidos.

4.3 Desenvolvimento do estudo

Os dados utilizados correspondem a um período de 5 meses, entre janeiro e maio de 2016, conforme apresentado na tabela 4. Para preservar as informações da empresa os valores apresentados foram ajustados através de um fator aleatório, porém, suas proporções foram preservadas.

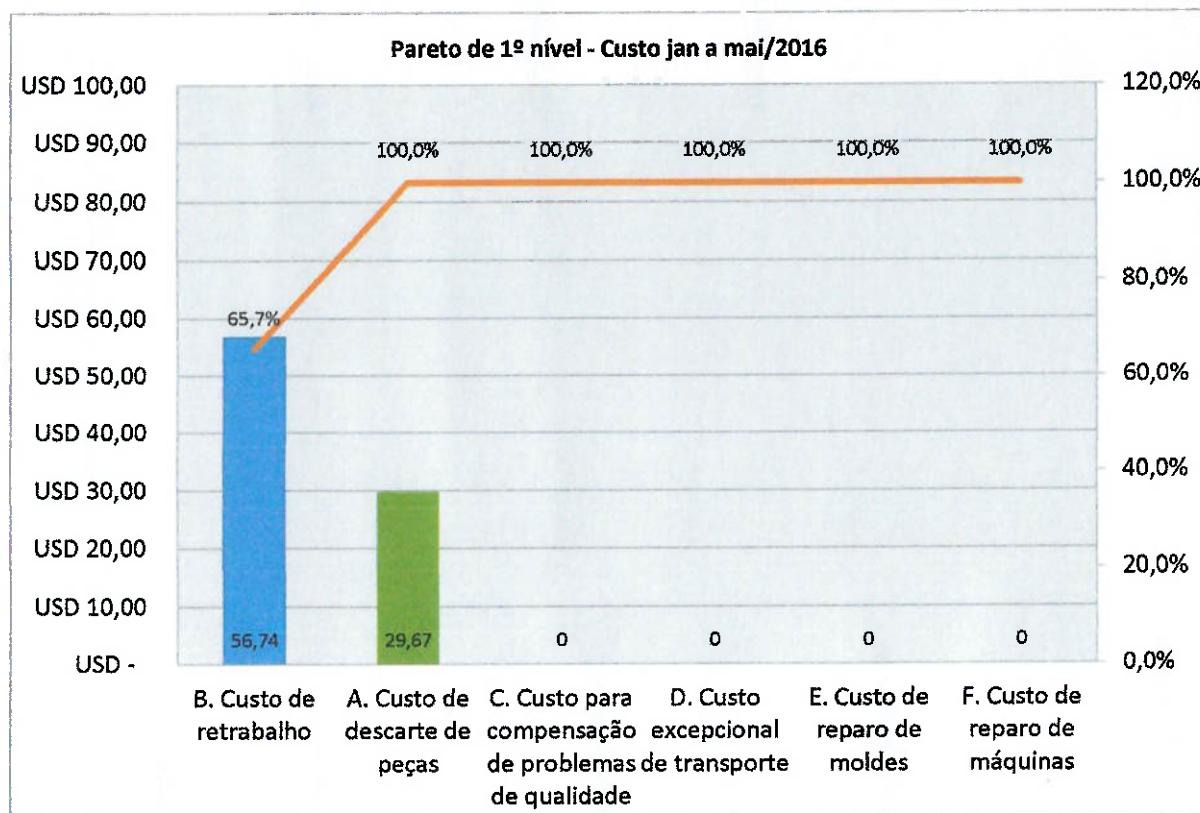
Tabela 4 – Custo por causa por mês

Causa	jan/16	fev/16	mar/16	abr/16	mai/16	Acumulado
A. Custo de descarte de peças	8,15	5,06	3,47	5,64	7,33	29,67
B. Custo de retrabalho	20,87	8,30	11,43	8,57	7,58	56,74
C. Custo para compensação de problemas de qualidade	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
D. Custo excepcional de transporte	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
E. Custo de reparo de moldes	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
F. Custo de reparo de máquinas	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TOTAL	29,02	13,36	14,90	14,21	14,91	86,41

4.3.1 Aplicação da ferramenta Diagrama de Pareto

Com o intuito de identificar os problemas que tiveram maior influência e priorizar as ações subsequentes a ferramenta Diagrama de Pareto foi utilizada. A partir dos dados apresentados na tabela 4, foi gerado o digrama de Pareto de 1º nível, conforme apresentado a seguir na figura 6.

Figura 6 – Diagrama de Pareto de 1º nível – Custo total Jan a Mai/2016



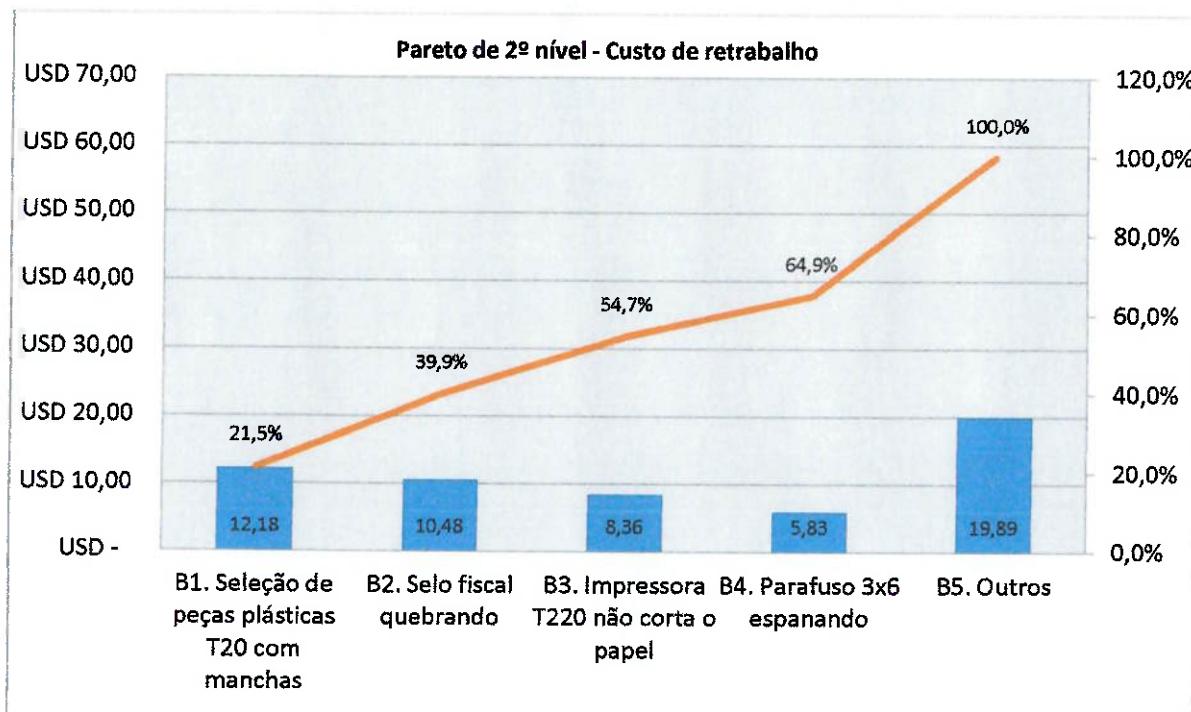
Plotando os dados no Diagrama de Pareto de 1º nível é possível observar que para o período analisado apenas duas origens de custos estão presentes, sendo que, o custo de retrabalho representa 65,7% do total e o custo de descarte de peças 32,5%, ou seja, o custo de retrabalho apresenta o pior resultado seguido do custo de descarte de peças. Portanto, se desejamos obter melhorias, estes custos devem ser analisados com mais detalhes. Assim sendo, faz-se necessário estratificar os dados

de "Custo de retrabalho" e "Custo de descarte de peças". Esta estratificação é apresentada a seguir nas figuras 7 a 11.

Para facilitar a compreensão, foi utilizada uma padronização de cores, ou seja, toda estratificação referente ao custo de retrabalho foi apresentada na cor azul e toda estratificação referente ao custo de descarte de peças foi apresentada na cor verde. Além disso, o prefixo composto por letra e números permite identificar o nível de estratificação do Pareto e o custo relacionado.

A primeira estratificação foi realizada nos dados de Custo de retrabalho, conforme apresentado na figura 7. Nesta etapa, os apontamentos diários realizados pelo líder de produção foram fundamentais para associar problemas semelhantes. Os problemas cujo percentual não excederam 5% do total dos custos foram agrupados na classe outros, isto foi feito levando em consideração o caráter de priorização do Pareto, estes problemas agrupados na classe outros serão desconsideradas devido ao retorno reduzido que se pode esperar.

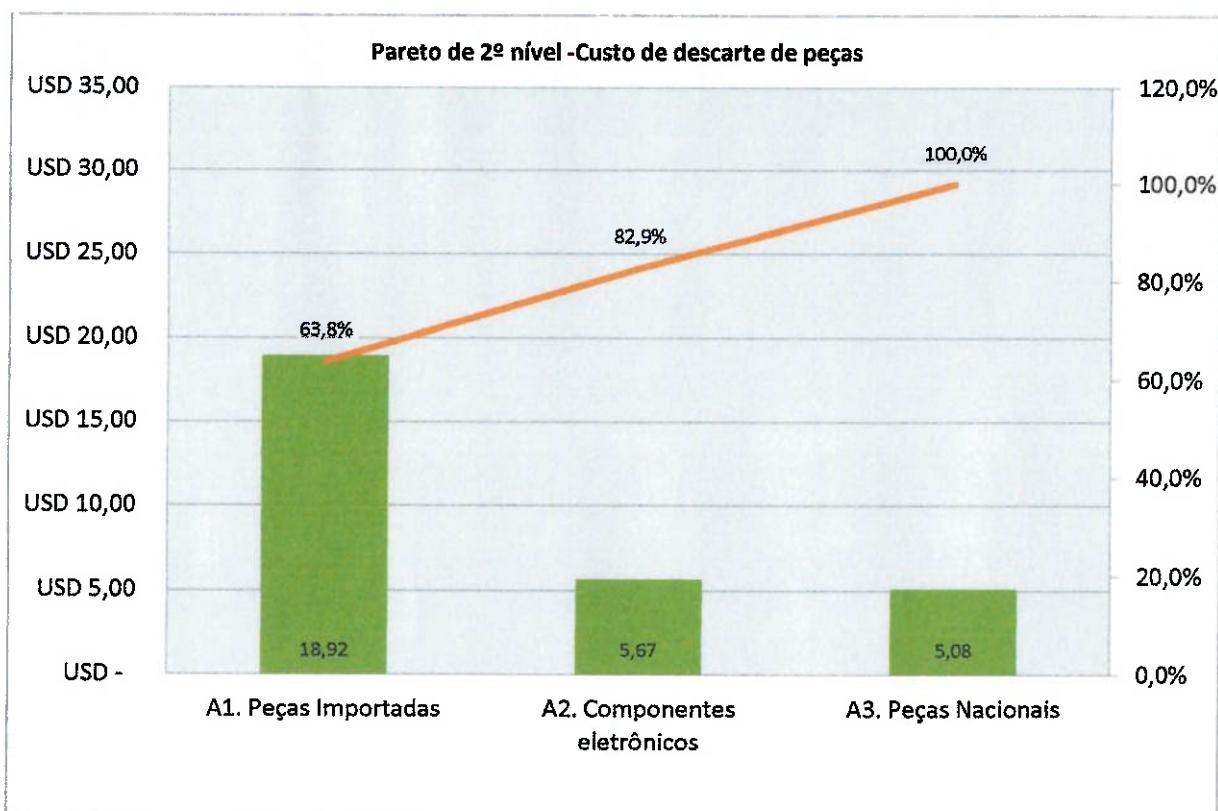
Figura 7 – Diagrama de Pareto de 2º nível – Custo de retrabalho



Através da análise do Pareto de 2º nível do custo de retrabalho, é possível concluir que quatro problemas somados representam 64,9% do custo associado, neste caso como os quatro itens representam problemas específicos não foram necessárias estratificações adicionais para o custo de retrabalho. Portanto, os problemas “Seleção de peças plásticas T20 com manchas”, “Selo fiscal quebrando”, “Impressora T220 não corta papel” e “Parafuso 3x6 espanando” foram definidos como críticos e suas causas serão analisadas nas próximas etapas.

Para o custo de descarte de peças, inicialmente a estratificação agrupou os valores de acordo com o tipo de peça, conforme apresentado na figura 8.

Figura 8 – Diagrama Pareto de 2º nível – Custo de descarte de peças



Através da análise do Pareto de 2º nível do custo de descarte de peças, foi possível identificar os dois tipos de peças com maior representatividade, os dois somados contém 82,9% do custo, com isso, o custo de descarte de peças nacionais foi

descartado e o custo de descarte de peças importadas juntamente com o custo de descarte de componentes eletrônicos foram estratificados.

Os dados referentes às peças importadas e aos componentes eletrônicos foram estratificados com base na origem do problema, ou seja, a estratificação leva em consideração o causador da rejeição, seja ele o fornecedor ou o próprio processo de montagem. Os resultados destas estratificações são apresentados nas figuras 9 e 10.

Figura 9 – Diagrama de Pareto de 3º nível – Custo de descarte de peças importadas

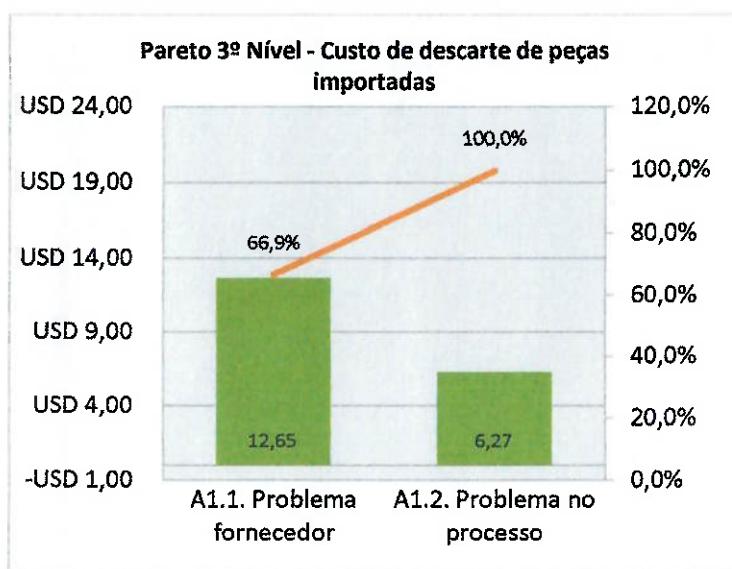
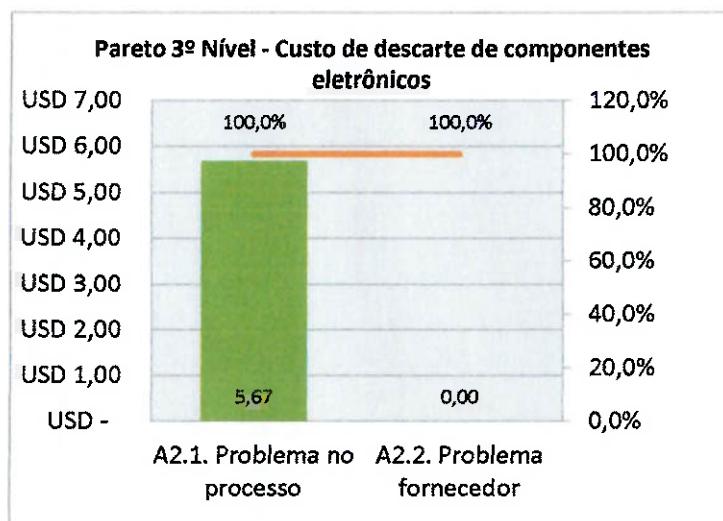


Figura 10 – Diagrama de Pareto de 3º nível – Custo de descarte de componentes eletrônicos



Analizando os Paretos de 3º nível é possível concluir que, para as peças importadas, 66,9 % da rejeição é devido a alguma falha do fornecedor, já para os componentes de placas 100% da rejeição é devida a alguma falha interna.

De forma a identificar quais peças ou componentes tiveram a maior contribuição para o resultado, uma nova estratificação foi realizada conforme apresentado nas figuras 11 e 12. Os problemas cujo percentual não excederam 0,5% do total dos custos foram agrupados na classe outros.

Figura 11 – Diagrama de Pareto de 4º nível – Custo de descarte de peças importadas devido à problema de fornecedor

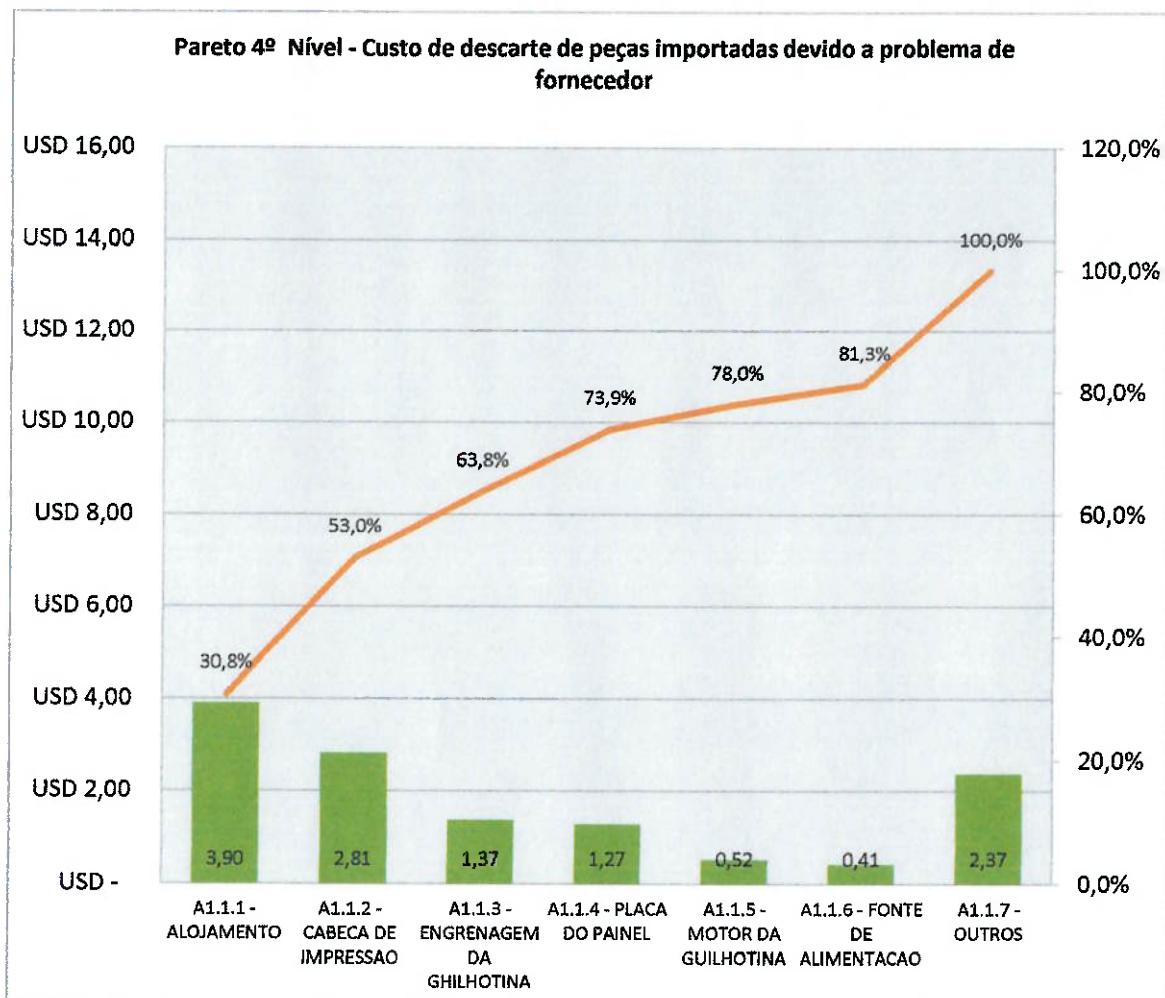
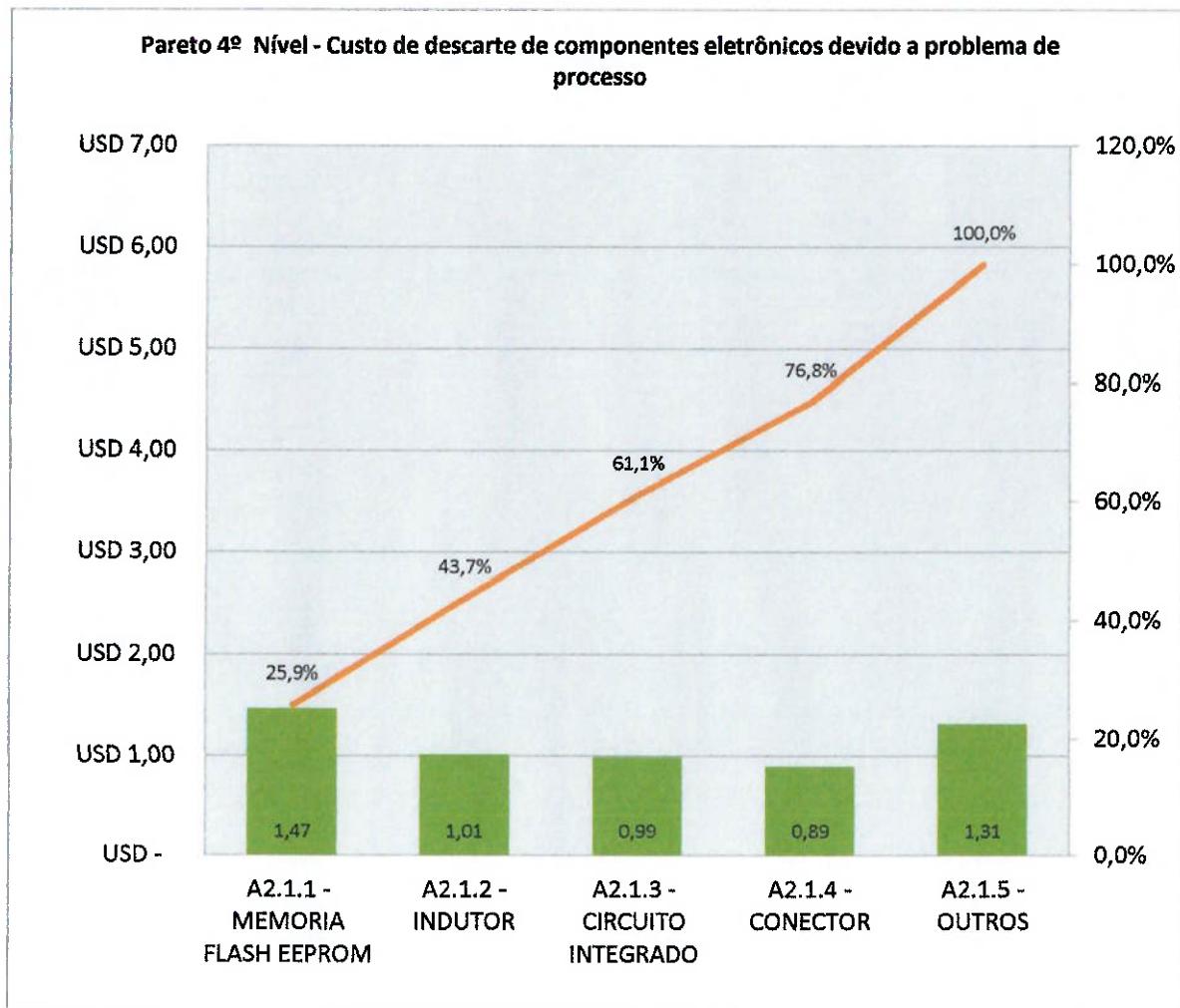


Figura 12 – Diagrama de Pareto de 4º nível – Custo de descarte de componentes eletrônicos devido à problema de processo



A estratificação através dos Paretos de 4º nível permitiu a identificação de quais peças importadas e quais componentes eletrônicos apresentaram a maior rejeição. Esta informação será útil para análises e ações posteriores, como resultado da priorização do Pareto serão considerados os problemas “Custo devido ao sucateamento de componentes eletrônicos” e “Custo de sucateamento de peças importadas devido a problemas de fornecedores” e suas causas serão analisadas nas próximas etapas.

A tabela 5 apresenta um resumo dos resultados obtidos com a aplicação da ferramenta diagrama de Pareto, com a aplicação desta ferramenta foram identificados seis problemas cujo custo representa 60% do custo total.

Tabela 5 – Resultado obtido com a ferramenta Diagrama de Pareto

Item	Descrição do problema
1	Custo devido à seleção de peças plásticas defeituosas na linha de montagem
2	Custo devido à substituição de selo fiscal
3	Custo devido a retrabalho de impressora que não corta o papel
4	Custo de retrabalho devido a parafuso espanando
5	Custo devido ao sucateamento de componentes eletrônicos devido a problemas no processo
6	Custo de sucateamento de peças importadas devido a problemas de fornecedores

4.3.2 Aplicação da ferramenta Diagrama de Causa e Efeito

Com base nos problemas identificados na etapa anterior, a ferramenta Diagrama de Causa e Efeito foi aplicada com o intuito de identificar as possíveis causas que levaram à ocorrência do problema, tendo como base o conceito de 6Ms (Mão de obra, Matéria prima, método, medição, meio ambiente e/ou máquina). Os resultados são apresentados nas figuras 13 a 18:

Figura 13 – Diagrama de causa e efeito do problema custo devido à seleção de peças plásticas defeituosas na linha de montagem

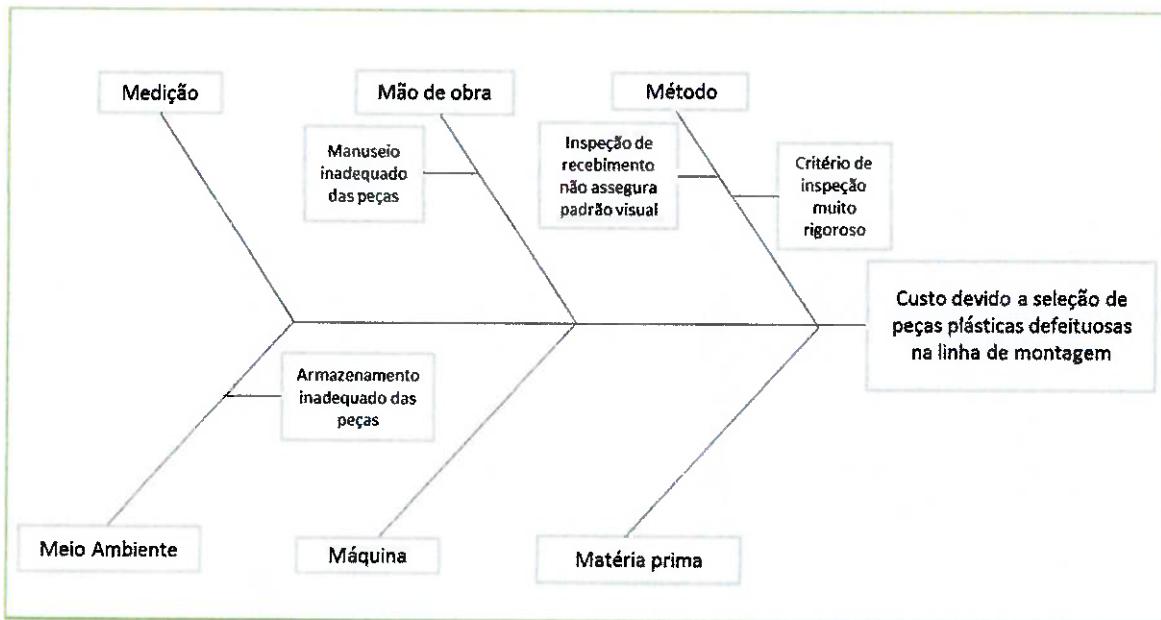


Figura 14 – Diagrama de causa e efeito do problema custo devido à substituição de selo fiscal

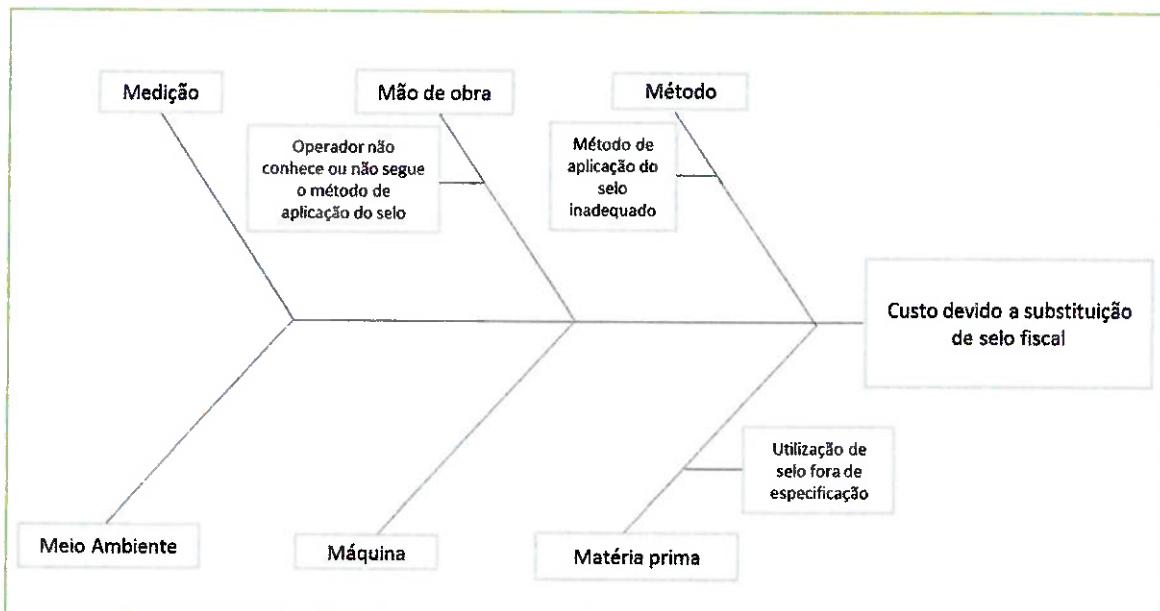


Figura 15 – Diagrama de causa e efeito do problema custo devido a retrabalho de impressora que não corta o papel

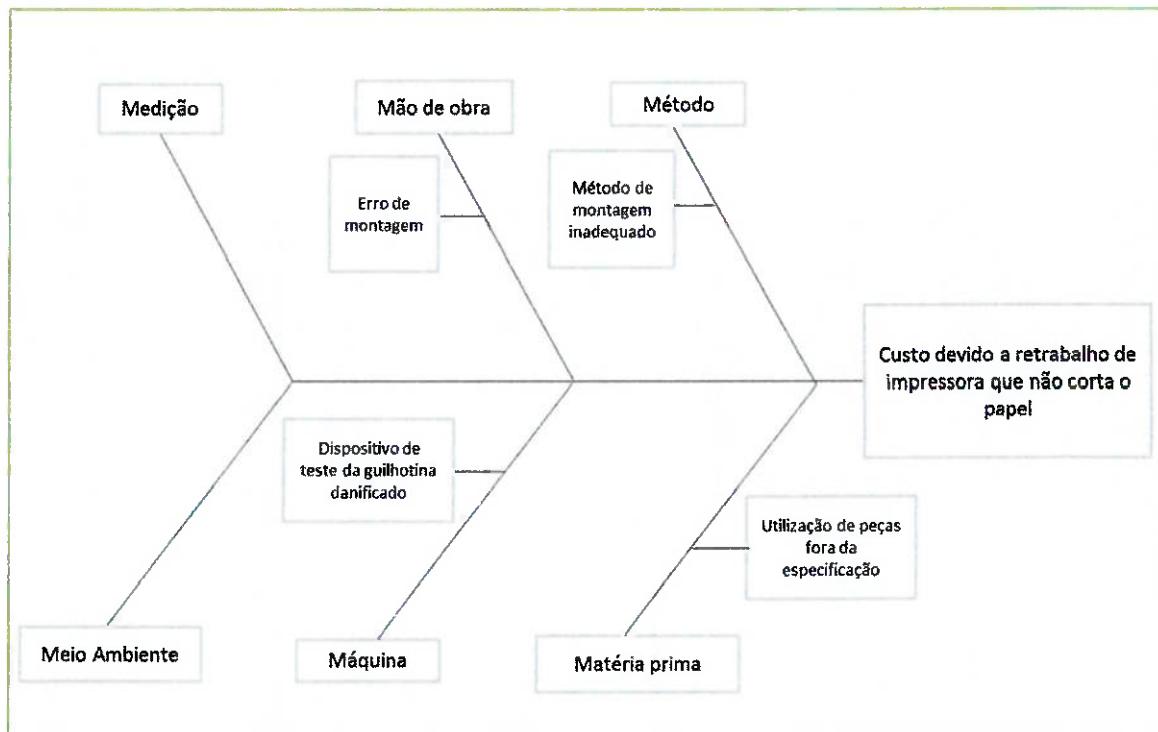


Figura 16 – Diagrama de causa e efeito do problema custo de retrabalho devido a parafuso espanando

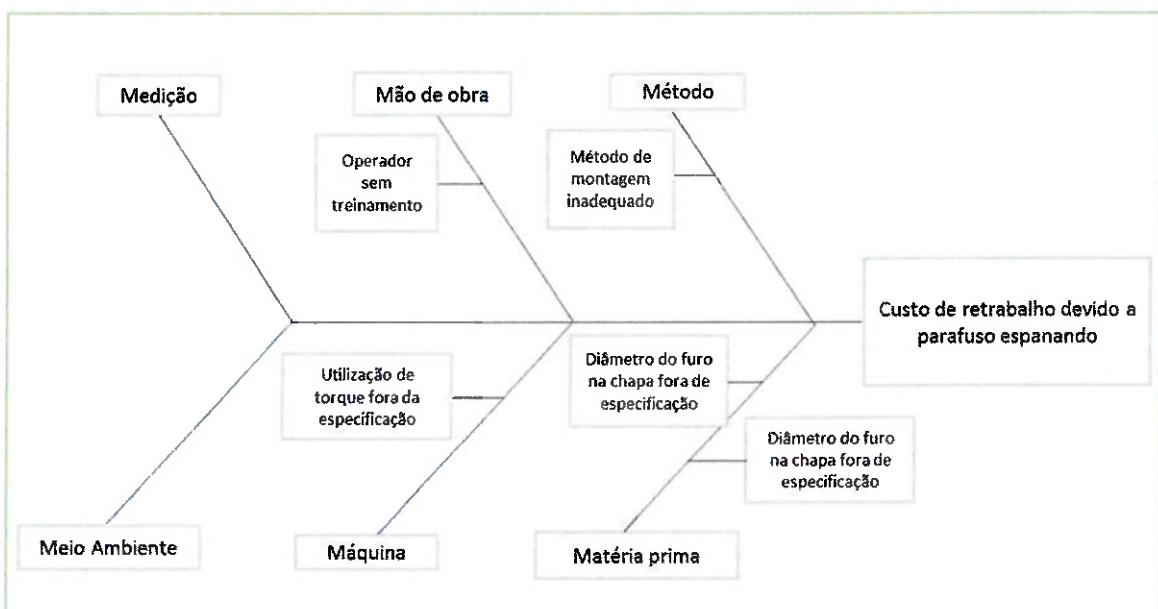


Figura 17 – Diagrama de causa e efeito do problema custo devido ao sucateamento de componentes eletrônicos

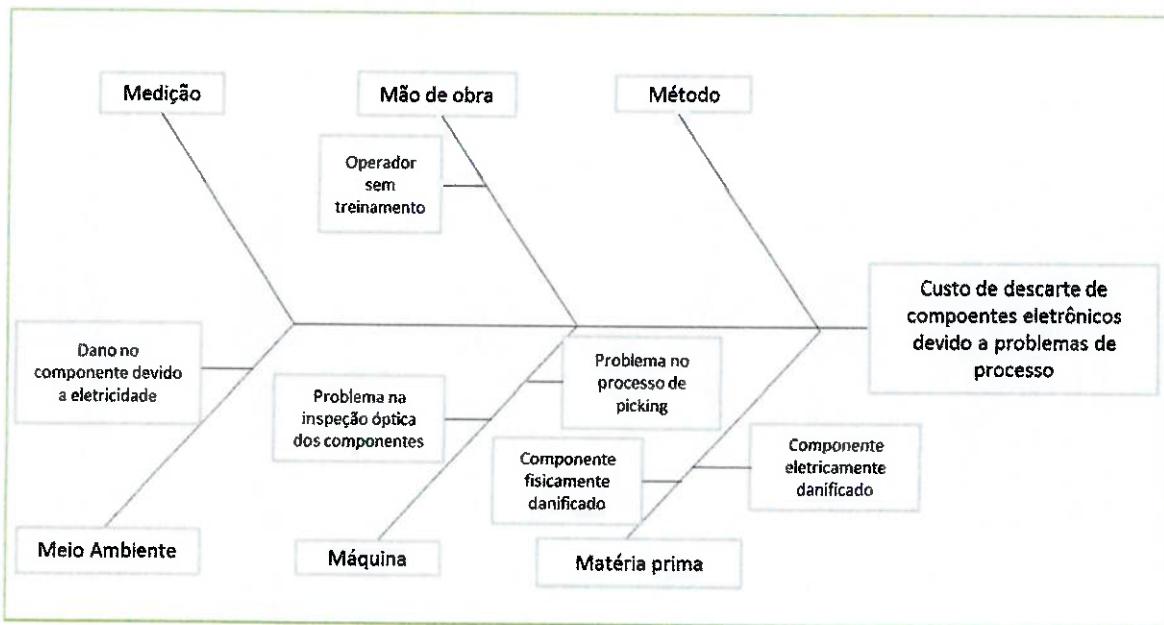
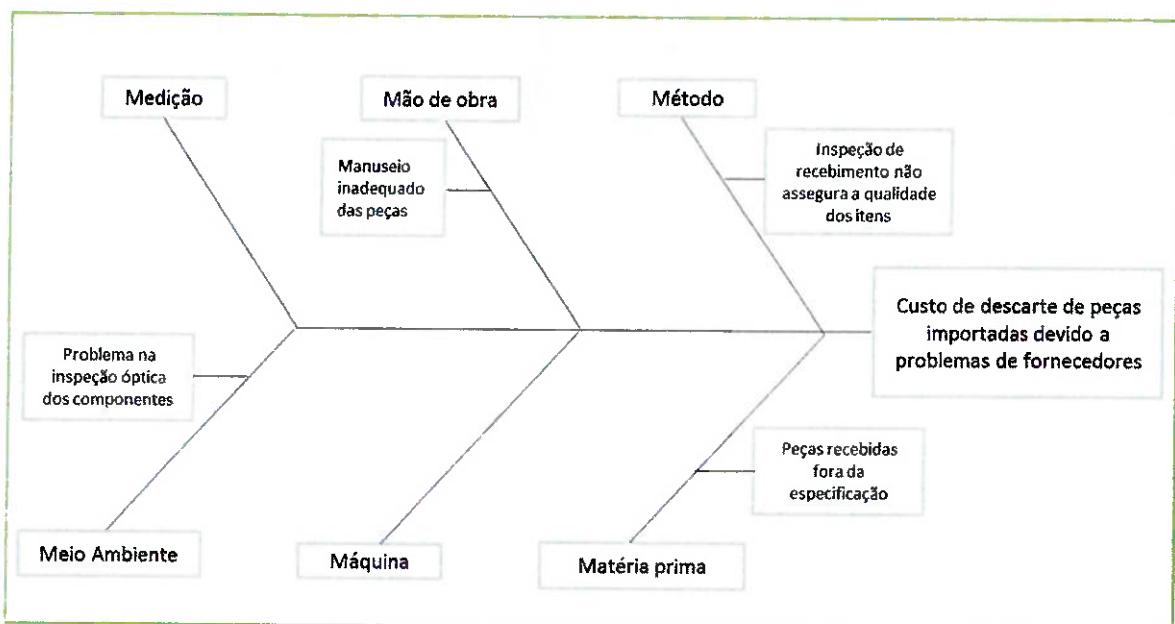


Figura 18 – Diagrama de causa e efeito do problema custo de sucateamento de peças importadas devido a problemas de fornecedores



Após o levantamento das causas potenciais, foi conduzido um processo de confirmação através de observação das atividades, entrevistas e análise de registros

para avaliar se estas causas estão realmente presentes. O resultado desta confirmação é apresentado nas tabelas 6 a 11.

Tabela 6 – Confirmação da causa do problema custo devido à seleção de peças plásticas defeituosas na linha de montagem

Descrição do problema		Custo devido à seleção de peças plásticas defeituosas na linha de montagem
6M	Causa potencial	Confirmação
Método	<i>Inspeção de recebimento não assegura padrão visual</i>	<i>Mesmo após inspeção, 100% pelo fornecedor ocorre rejeição</i>
Método	Critério de inspeção muito rigoroso	Evidenciado que as peças rejeitadas apresentavam anomalias
Mão de Obra	Manuseio inadequado das peças	Evidenciado através da observação das atividades que o manuseio é adequado
Meio Ambiente	Armazenamento inadequado das peças	Evidenciado que as peças não são retiradas de suas embalagens originais até o momento do uso

Tabela 7 – Confirmação da causa do problema custo devido à substituição de selo fiscal

Descrição do problema		Custo devido à substituição de selo fiscal
6M	Causa potencial	Confirmação
Método	Método de aplicação do lacre inadequado	Observado que o método de aplicação é adequado
Mão de Obra	Operador não conhece ou não segue o método de aplicação do lacre	Observado que o método de aplicação é seguido
Matéria prima	<i>Utilização de lacre fora de especificação</i>	<i>Evidenciado que o lacre se rompe mesmo sem a utilização do arame, o material não se expande o suficiente para a passagem da trava.</i>

Tabela 8 – Confirmação da causa do problema custo devido a retrabalho de impressora que não corta o papel

Descrição do problema		Custo devido a retrabalho de impressora que não corta o papel
6M	Causa potencial	Confirmação
Método	Método de montagem inadequado	Observado que o método de montagem é adequado
Mão de Obra	Erro de montagem	Sem evidências de montagem incorreta
Medição	Dispositivo de teste da guilhotina danificado	Manutenção preventiva foi realizada adequadamente
Matéria prima	Utilização de peças fora da especificação	Evidenciado lâminas com rebarba

Tabela 9 – Confirmação da causa do problema custo de retrabalho devido a parafuso espanando

Descrição do problema		Custo de retrabalho devido a parafuso espanando
6M	Causa potencial	Confirmação
Mão de Obra	Operador sem treinamento	Observado que o operador possui habilidade na aplicação.
Máquina	Utilização de torque fora da especificação	Evidenciado a utilização do torque especificado
Matéria prima	Diâmetro do furo na chapa fora de especificação	Evidenciado diâmetro do furo conforme especificação
Matéria prima	Parafuso fora da especificação	Observado através da comparação do parafuso atual com a amostra padrão que a altura do filete da rosca está menor

Tabela 10 – Confirmação da causa do problema custo de descarte de componentes eletrônicos devido a problemas de processo

Descrição do problema	Custo de descarte de componentes eletrônicos devido a problemas de processo	
6M	Causa potencial	Confirmação
Meio Ambiente	Dano no componente devido à eletricidade estática	Evidenciado registros de controle de ESD
Máquina	Problema na inspeção óptica dos componentes	Evidenciado rejeição elevada na inspeção óptica
Mão de Obra	Operador sem treinamento	Observado que o operador possui treinamento.
Máquina	Problema no processo de <i>picking</i>	Sem indícios de falha no processo de <i>picking</i>
Matéria prima	Componente eletricamente danificado	Após análise dos componentes rejeitados evidenciado que os componentes estavam bons
Matéria prima	Componente fisicamente danificado	Não identificado o dano físico

Tabela 11 – Confirmação da causa do problema custo de descarte de peças importadas devido a problemas de fornecedores

Descrição do problema	Custo de descarte de peças importadas devido a problemas de fornecedores	
6M	Causa potencial	Confirmação
Método	Inspeção de recebimento não assegura a qualidade dos itens	Itens importados possuem garantia assegurada pela filial do país de origem, estes são responsáveis pela homologação, inspeção, etc.
Mão de Obra	Manuseio inadequado das peças	Evidenciado através da observação das atividades que o manuseio é adequado
Meio Ambiente	Armazenamento inadequado das peças	Evidenciado que as peças são armazenadas corretamente.
Matéria prima	Peças recebidas fora da especificação	Após realização da inspeção, evidenciado peças fora de especificação

4.3.3 Aplicação da ferramenta 5 Porquês

As causas destacadas em negrito nas tabelas de confirmação da seção 4.3.2 tiveram confirmação positiva, ou seja, demonstraram estar presentes, e portanto, foram analisadas nesta etapa através da aplicação da ferramenta 5 Porquês. Esta ferramenta possibilitou identificar a causa raiz dos problemas.

Tabela 12 – 5 Porquês para o problema custo devido a seleção de peças plásticas defeituosas na linha de montagem

Problema	Custo devido a seleção de peças plásticas defeituosas na linha de montagem
1º Porquê	Inspeção de recebimento não assegura padrão visual
2º Porquê	Lotes reprovados não são devidamente aprovados
3º Porquê	Material reinspecionado pelo fornecedor não foi devidamente controlado
4º Porquê	Lotes 100% reinspecionadas pelo fornecedor são liberadas para uso sem nova inspeção do departamento da qualidade
5º Porquê	Não foi estabelecida em procedimento a necessidade de nova inspeção para lotes reinspecionados pelo fornecedor

Tabela 13 – 5 Porquês para o problema custo devido a substituição de selo fiscal

Problema	Custo devido a substituição de selo fiscal
1º Porquê	Lacre fora da especificação
2º Porquê	Foi utilizado lacre não homologado
3º Porquê	Não é realizada inspeção de recebimento para o lacre
4º Porquê	O lacre é fornecido pelo cliente
5º Porquê	Não foi prevista a inspeção de recebimento de itens fornecidos pelo cliente

Tabela 14 – 5 Porquês para o problema custo devido a retrabalho de impressora que não corta o papel

Problema	Custo devido a retrabalho de impressora que não corta o papel
1º Porquê	Utilizado lâmina com rebarba
2º Porquê	Processo de retirada de rebarba foi ineficaz
3º Porquê	Método de retirada da rebarba não garante repetitividade
4º Porquê	O processo é manual e não possibilita controlar a força e o ângulo de aplicação da pedra
5º Porquê	Inexistência de dispositivo adequado para retirar a rebarba de lâminas

Tabela 15 – 5 Porquês para o problema custo de retrabalho devido a parafuso espanando

Problema	Custo de retrabalho devido a parafuso espanando
1º Porquê	Parafuso fora da especificação
2º Porquê	Altura do filete da rosca menor que a do padrão
3º Porquê	Dimensional inadequado não foi identificado na inspeção de recebimento
4º Porquê	Altura do filete da rosca não é verificada na inspeção
5º Porquê	Altura do filete de rosca dos parafusos não definida como cota crítica para a inspeção de recebimento

Tabela 16 – 5 Porquês para o problema custo de descarte de componentes eletrônicos devido a problemas de processo

Problema	Custo de descarte de componentes eletrônicos devido a problemas de processo
1º Porquê	Problema na inspeção óptica dos componentes
2º Porquê	Falha na emissão de relatório de rejeição na inspeção óptica
3º Porquê	Componentes retrabalhados não eram desconsiderados no relatório emitido pelo equipamento
4º Porquê	Não foi definida metodologia para elaboração do relatório de sucata de componentes eletrônicos

Tabela 17 – 5 Porquês para o problema custo de descarte de componentes eletrônicos devido a problemas de processo

Problema	Custo de descarte de componentes eletrônicos devido a problemas de processo
1º Porquê	Peças recebidas fora de especificação
2º Porquê	Ocorreu uma falha no processo do fornecedor

A tabela 18 apresenta a relação entre a o problema e a causa raiz identificada.

Tabela 18 – Relação entre problema e causa raiz

Item nº	Problema identificado	Causa raiz
1	Custo devido a seleção de peças plásticas defeituosas na linha de montagem	Não foi estabelecida em procedimento a necessidade de nova inspeção para lotes reinspecionados pelo fornecedor
2	Custo devido a substituição de selo fiscal	Não foi prevista a inspeção de recebimento de itens fornecidos pelo cliente
3	Custo devido a retrabalho de impressora que não corta o papel	Inexistência de dispositivo adequado para retirar a rebarba de lâminas
4	Custo de retrabalho devido a parafuso espanando	Altura do filete de rosca dos parafusos não definida como cota crítica para a inspeção de recebimento
5	Custo devido ao sucateamento de componentes eletrônicos	Não foi definida metodologia para elaboração do relatório de sucata de componentes eletrônicos
6	Custo de sucateamento de peças importadas devido a problemas de fornecedores	Ocorreu uma falha no processo do fornecedor

4.3.4 Elaboração do plano de ações

Para a eliminação da causa raiz identificada para cada um dos problemas foi elaborado um plano de ações. Este plano de ações foi baseado na ferramenta 5W2H.

A eficácia das ações propostas está condicionada a preparação e execução de um plano bem estruturado, este plano deve definir claramente ações, prazos e principalmente responsáveis, a ferramenta 5W2H possibilita abranger todos aspectos relacionados à implementação do plano.

Tabela 19 - Plano de ações 5W2H

Item nº	Ação (O que)	Motivo (Porquê)	Etapas (como)	Responsável (Quem)	Prazo (Quando)	Área (Onde)	Quanto custa (R\$)
1	Criar Procedimento e definir registros de reinspeção de lotes	Para assegurar que todos os lotes reinspecionados pelo fornecedor sejam devidamente aprovados através de nova inspeção	1.1 Criar procedimentos e registros 1.2 Treinar inspetores 1.3 Verificar eficácia da ação	Eng. da qualidade Eng. da qualidade Sup. da qualidade	08/jun	Inspeção de recebimento	0
2	Incluir no procedimento de inspeção de recebimento a necessidade de inspeção de itens fornecidos pelo cliente	Para assegurar que todos os itens fornecidos pelo cliente sejam devidamente inspecionados no recebimento	2.1 Realizar levantamento dos itens fornecidos pelos clientes 2.2 Revisar procedimento de inspeção de recebimento 2.3 Treinar envolvidos 2.4 Verificar eficácia da ação	Analista da qualidade Eng. da qualidade Eng. da qualidade Sup. da qualidade	7/jun	Inspeção de recebimento	0

Continua

Continuação

item nº	Ação (O que)	Motivo (Porquê)	Etapas (como)	Responsável (Quem)	Prazo (Quando)	Área (Onde)	Quanto custa (R\$)
3	Adquirir dispositivo para retirar rebarba de lâminas	Assegurar que o processo de remoção de rebarbas das lâminas seja realizado de forma padronizada e estável	3.1 Elaborar esboço do projeto do dispositivo 3.2 Solicitar orçamentos 3.3 Obter aprovações 3.4 Emitir pedido de compra 3.5 fabricação do dispositivo 3.6 Treinamento/testes 3.7 Verificar eficácia da ação	Eng. da qualidade Eng. da qualidade Sup. da qualidade Comprador Fornecedor selecionado Eng. da qualidade Sup. da qualidade	15/jul	Linha B	R\$ 700,00
4	Definir altura do filete como cota crítica para a inspeção de recebimento	Para assegurar que anomalias no filete de rosca dos parafusos sejam identificadas na inspeção de recebimento	4.1 Realizar levantamento para identificar se outros parafusos estão na mesma situação 4.2 Revisar desenho do parafuso incluindo cota crítica 4.3 Treinar inspetores 4.4 Verificar eficácia da ação	Analista da qualidade Eng. de partes Eng. da qualidade Sup. da qualidade	07/jun	Inspeção de recebimento	0
5	Criar procedimento com a metodologia para emissão de relatório de rejeição de componentes	Para assegurar a acuracidade dos relatórios de rejeição de componentes	5.1 Criar procedimento 5.2 Treinar envolvidos 5.3 Verificar eficácia da ação	Eng. da qualidade Eng. da qualidade Sup. da qualidade	6/jun	Garantia da qualidade	0
6	Emitir notificação de defeito aos fornecedores envolvidos	Assegurar que as causas dos problemas sejam identificadas pelos fornecedores e que ações corretivas eficazes sejam implementadas.	6.1 Emitir notificação de defeito aos fornecedores 6.2 Verificar eficácia das ações implementadas pelos fornecedores	Eng. da qualidade Eng. da qualidade	03/jun	Garantia da qualidade	0

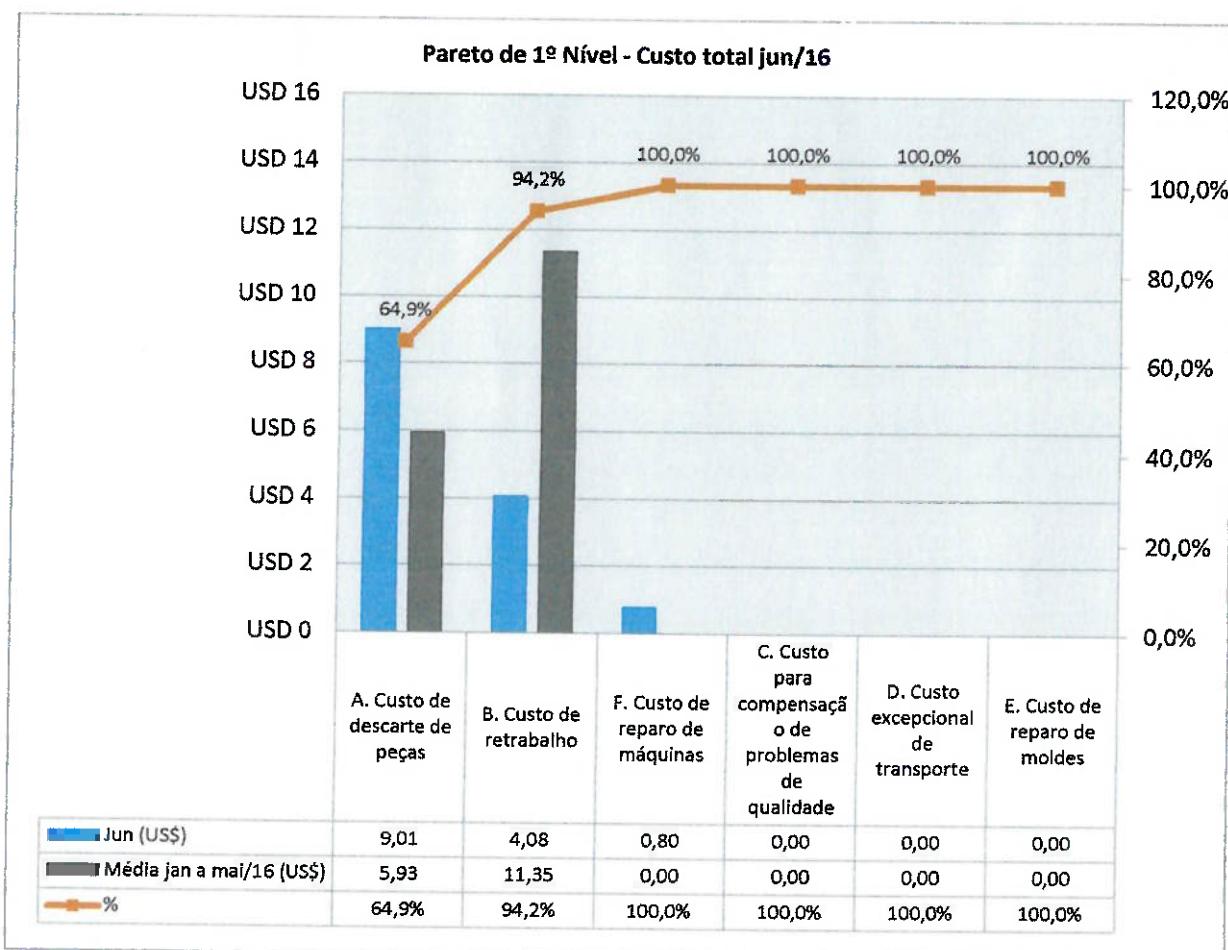
4.3.5 Análise dos resultados obtidos

A avaliação da eficácia das ações foi realizada através de auditoria nos processos e através da medição dos resultados obtidos para os custos de falhas.

O período de análise ocorreu no mês de junho de 2016, muito embora o tempo de avaliação de eficácia tenha sido reduzido e o fato da ação proposta 3 ainda não ter sido implementada, já foi possível visualizar um decréscimo no custo de falhas da qualidade para o seguimento de impressoras estudado.

O custo obtido no mês de junho quando comparado com o custo médio do período de janeiro a maio de 2016 apresentou uma redução de 20%. Este valor é relacionado a somatória de todas as possíveis causas. Separadamente, o custo de retrabalho apresentou uma redução expressiva de 64%.

Figura 19 – Diagrama de Pareto de 1º nível – Custo total Jun/2016



Com a redução, o custo de retrabalho atingiu o menor valor para o ano, sendo o resultado obtido de US\$ 4,08, um dos fatores que colaborou foi o fato de que 3 das 5 ações implementadas estavam relacionadas com este item.

5. CONCLUSÃO

A metodologia apresentada neste trabalho se mostrou adequada tendo em vista os objetivos propostos e o cenário descrito.

Durante a análise dos dados, a ferramenta diagrama de Pareto se apresentou estremamente eficaz no quesito priorização, com ela foi possível analisar os diversos fatores que contribuiram para o resultado negativo do indicador e com isso foi possível após a estratificação dos dados selecionar os seis problemas que proporcionamente mais afetaram o resultado, o custo atrelado a estes problemas representa 60% do custo total, ou seja, eliminando as causas destes problemas será possível eliminar 60% do custo total.

A aplicação da ferramenta Diagrama de Pareto permitiu avaliar de forma abrangente todas as potenciais causas envolvidas, notou-se, porém que é de extrema importância validar se as causas identificadas inicialmente estão realmente presentes ou possuem indícios de estarem presentes, isto pode ser realizado através de uma análise factual conduzida por meio de entrevistas, análise de registros e observação das atividades, esta confirmação introduz confiança de que o processo está sendo conduzido na direção correta.

Com a utilização da ferramenta 5 Porquês tornou-se evidente a necessidade do questionamento sucessivo em busca pela causa raiz, pode-se observar por exemplo que uma causa inicialmente relacionada a máquina culminou em uma causa raiz relacionada a método, da mesma forma que uma causa inicial relacionada a matéria prima culminou em uma causa raiz relacionada a máquina.

De nada vale uma análise detalhada tampouco a identificação da causa raiz se ações bem estruturadas não forem definidas e implementadas. Neste contexto, a ferramenta 5W2H se mostrou excelente, pois, permite agrupar todos os requisitos necessários para a implementação adequada das ações, que consequentemente terão uma maior probabilidade de serem eficazes.

Muito embora alguns resultados de melhoria já tenham sido observados, o objetivo macro deste estudo foi apresentar uma sistemática estruturada para a análise dos custos de falhas de qualidade que possibilite a identificação das causas

de problemas e subsequentemente a priorização das ações. Para este fim, conclui-se que este estudo foi eficaz.

Finalizando, conclui-se que através da implementação da metodologia apresentada neste trabalho empresas do segmento de eletrônica, assim como empresas de outros segmentos, poderão otimizar a utilização de seus recursos humanos através de uma análise factual e da priorização de ações em setores com pior desempenho, reduzindo desperdícios e consequentemente obtendo uma maior competitividade no mercado.