



Ivan Muraid Nardi dos Reis

**REDUÇÃO DO ÍNDICE DE RETORNO DE APARELHOS
CELULARES DEFEITUOSOS DENTRO DE UMA
ASSISTÊNCIA TÉCNICA UTILIZANDO O SEIS SIGMA**

Monografia apresentada para obtenção do certificado de Especialização pelo Curso Pós-Graduação Engenharia da Qualidade Lean SeisSigma do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Taubaté.

Área de Concentração: Qualidade e Produtividade

Orientado por: Prof. Álvaro Azevedo Cardoso

**Taubaté – SP
2019**

SIBi – Sistema Integrado de Bibliotecas / UNITAU

R375r Reis, Ivan Muraid Nardi dos
Redução do índice de retorno de aparelhos celulares defeituosos dentro de uma assistência técnica utilizando o Seis Sigma / Ivan Muraid Nardi dos Reis. -- 2019.
91 f. : il.

Monografia (Especialização) – Universidade de Taubaté, Departamento de Engenharia Mecânica e Elétrica, 2019.

Orientação: Prof. PhD. Álvaro Azevedo Cardoso, Departamento de Engenharia Mecânica.

1. Qualidade. 2. Seis Sigma. 3. DMAIC. 4. Pós-Vendas. 5. Celular.
I. Título. II. Especialização em Engenharia da Qualidade Lean Seis Sigma Green Belt.

CDD – 658.56

Ficha catalográfica elaborada por Shirlei Righeti – CRB-8/6995

Ivan Muraid Nardi dos Reis

**REDUÇÃO DO ÍNDICE DE RETORNO DE APARELHOS
CELULARES DEFEITUOSOS DENTRO DE UMA
ASSISTÊNCIA TÉCNICA UTILIZANDO O SEIS SIGMA**

Monografia apresentada para obtenção do Certificado de Especialização pelo Curso Pós-Graduação Engenharia da Qualidade Lean SeisSigma do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Taubaté.

Área de Concentração: Qualidade e Produtividade

Orientado por: Prof. Álvaro Azevedo Cardoso

Data: 30/06/2019

Resultado: _____

Banca Examinadora:

Prof. Álvaro Azevedo Cardoso

Assinatura: _____

Prof. Wilson Barros Camargo

Assinatura: _____

DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho a Deus e minha família. Pais, irmãos, esposa e filho que em todos os momentos me apoiaram e incentivaram, sempre me motivando a novas conquistas.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus primeiramente, pois graças a Ele, tive condições de iniciar e finalizar mais uma etapa da minha vida.

Agradeço também a minha família, que com muito apoio e incentivo, pude ter condições de concluir mais esse trabalho.

A todos também que ajudaram direta e indiretamente a conclusão da monografia.

“O único lugar onde o sucesso vem antes do trabalho é no dicionário”.

Autor desconhecido

RESUMO

Título: Redução do índice de retorno de aparelhos celulares defeituosos dentro de uma assistência técnica utilizando o Seis Sigma.

Objetivo: Reduzir o número de retorno de aparelhos celular com defeito dentro de uma assistência técnica, pois a meta estipulada da empresa era de 6,1% e a assistência técnica em questão estava acima da meta nos meses de agosto, julho, junho, maio e abril de 2017. Esse índice de retorno o principal indicador de qualidade no serviço, pois indica que o reparo foi bem feito, e assim o aparelho celular do cliente não apresentaria mais defeito.

Metodologia: Através da metodologia Seis Sigma, e mais precisamente da ferramenta DMAIC, foram realizados estudos e medições de modo que indicasse quais seriam os causadores desse alto índice de retorno, e também quais seriam as ações necessárias para a redução do mesmo. As ferramentas utilizadas para medição dos dados foram Diagrama de Causa e Efeito, Matriz de Causa e Efeito, Gráfico de Pareto e o cálculo da DPMO. Após identificar os pontos que mais impactavam, houve ações corretivas que após a sua aplicação, também foram medidos para verificar sua eficácia.

Resultados: Antes da aplicação do DMAIC e outras ferramentas o índice de retorno estava em 10,87% no mês de agosto, e nos meses anteriores fechou com os valores de 7,59% em julho, 10,96% em junho, 8,93% em maio e 9,79% em abril do mesmo ano, e houve uma redução para 8,78% no mês de setembro, quando foi implantado a ferramenta. O DPMO estava acumulado em 103486,41 e após as melhorias caiu para 74846,82.

Conclusão: Com aplicação do DMAIC, houve uma redução do índice de retorno de aparelhos com defeito dentro da assistência que saindo da média de 9,57% dos meses de abril a agosto do ano para de 6% (contando 6 meses a partir do início do projeto). Se tratando do DPMO (Defeito por Milhão de Oportunidade), estava em 103486,41 e caiu para 74846,82 e o nível sigma a longo prazo era de 1,26 subiu para 1,44. Após identificar os pontos falhos e dar início às ações de melhorias, sobretudo com as ferramentas do DMAIC, e monitoramento dos dados, verificou-se sua efetividade já que houve uma melhora significativa nos índices.

Palavras chave: Qualidade, Seis Sigma, DMAIC, Pós-Vendas, Celular.

ABSTRACT

Title: Reduction of the return rate of defective cellular devices within technical assistance using Six Sigma.

Objective: Reduce the return number of defective handsets within a technical service because the company's stated goal was 6.1% and the technical assistance in question was above the target in the months of August, July, June, May and April of 2017. This rate of return is the main indicator of quality in the service, since it indicates that the repair was well done, and thus the cellular apparatus of the client would not present any more defect.

Methodology: Through the Six Sigma methodology, and more precisely of the DMAIC tool, studies and measurements were made in order to indicate what would be the cause of this high rate of return, and also what actions would be necessary to reduce it. The tools used to measure the data were Cause and Effect Diagram, Cause and Effect Matrix, Pareto Chart and the calculation of the DPMO. After identifying the points that most impacted, there were corrective actions that, after their application, were also measured to verify their effectiveness.

Results: Before the application of the DMAIC and other tools the return index was 10.87% in August, and in the previous months closed with the values of 7.59% in July, 10.96% in June, 8.93% in May and 9.79% in April of the same year, and there was a reduction to 8.78% in September, when the tool was implemented. The DPMO was accumulated at 103486.41 and after the improvements fell to 74846.82.

Conclusion: With application of the DMAIC, there was a reduction in the return rate of defective devices within the assistance that went from the average of 9.57% of the months of April to August of the year to 6% (counting 6 months from the beginning of the project). If it is the DPMO (Defect per Million Opportunity), it was at 103486.41 and fell to 74846.82 and the long-term sigma level was 1.26 rose to 1.44. After identifying the faults and initiating the improvement actions, especially with the DMAIC tools, and data monitoring, their effectiveness was verified since there was a significant improvement in the indices.

Keywords: Quality, Six Sigma, DMAIC, After Sales, Cellphone

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Funcionárias trabalhando em uma fábrica de tecido	18
Figura 2 – Fluxograma	21
Figura 3 – Lista de verificação	22
Figura 4 – Lista de verificação	23
Figura 5 – Diagrama de Causa e Efeito	24
Figura 6 – Gráfico de análise de tendências	26
Figura 7 – Gráfico de análise de tendências	27
Figura 8 – Carta de controle	28
Figura 9 – Gráfico de dispersão	29
Figura 10 – Ciclo PDCA	37
Figura 11 – Ciclo DMAIC	38
Figura 12 – SAC	45
Figura 13 – Estratégia e Execução do serviço	48
Figura 14 – Estágios de excelência nos serviços	49
Figura 15 – Principais motivos geradores de devoluções	51
Figura 16 – Motorola DynaTAC 8000x	55
Figura 17 – MicroTAC 9800X	55
Figura 18 – IBM Simon	56
Figura 19 – Nokia 9000 Communicator	57
Figura 20 – Siemens S10	58
Figura 21 – J-SH04	59
Figura 22 – iPhone	60
Figura 23 – T-Mobile G1	61
Figura 24 – Estrutura básica do Sistema Móvel Celular	62
Figura 25 – Arquitetura completa de um sistema celular	64

Figura 26 – Reclaim SP x Target	73
Figura 27 – Mapeamento do projeto	74
Figura 28 – Diagrama de Causa e Efeito	75
Figura 29 – Gráfico de Pareto	78
Figura 30 – DPMO Antes	79
Figura 31 – Placa com defeito	80
Figura 32 – DPMO Antes x DPMO Depois	83
Figura 33 – Resultados após implementações	83

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Conversão em Sigma	31
Tabela 2 – 99% qualidade x qualidade Seis Sigma	33
Tabela 3 – Semelhanças entre PDCA e DMAIC	39
Tabela 4 – 6M	76
Tabela 5 – Matriz de Causa e Efeito	77

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	14
1.1. Justificativa.....	14
1.2. Objetivo.....	15
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	16
2.1. Qualidade.....	16
2.1.1. Conceito de qualidade.....	16
2.1.2. Origem.....	16
2.1.3. Revolução Industrial.....	17
2.1.4. Gurus da Qualidade.....	19
2.1.5. Ferramentas Básicas da Qualidade.....	20
2.1.5.1. Fluxograma.....	21
2.1.5.2. Folha de verificação.....	22
2.1.5.3. Gráfico de Pareto.....	22
2.1.5.4. Diagrama de Causa e Efeito.....	24
2.1.5.5. Gráfico de tendências.....	26
2.1.5.6. Histograma.....	26
2.1.5.7. Carta de controle.....	27
2.1.5.8. Gráfico de dispersão.....	29
2.2. Seis Sigma.....	30
2.2.1. Definição.....	30
2.2.2. Origem.....	30
2.2.3. O que é.....	31
2.2.4. Benefícios.....	32
2.2.5. Metodologia.....	34
2.3. DMAIC.....	37
2.3.1. Origem.....	37
2.3.2. Fases do projeto.....	39
2.3.2.1. Definir – Seleção dos projetos.....	39
2.3.2.2. Medir – Desempenho do processo atual.....	40
2.3.2.3. Analisar – Analisar as causas.....	41
2.3.2.4. Melhorar – Melhorando o processo.....	42
2.3.2.5. Controlar – mantendo o processo sob controle.....	43

2.4. Pós-Vendas.....	44
2.4.1. Objetivo.....	44
2.4.2. Motivação.....	45
2.4.3. Estratégia.....	46
2.4.4. Importância.....	51
2.5. Aparelho Celular.....	54
2.5.1. História.....	54
2.5.2. Evolução dos aparelhos.....	54
2.5.2.1. 1983 – O primeiro telefone Móvel.....	54
2.5.2.2. 1989 – Flip.....	55
2.5.2.3. 1994 – Primeiro Smartphone.....	56
2.5.2.4. 1996 – Acesso à internet.....	56
2.5.2.5. 1998 – LED Colorido.....	57
2.5.2.6. 2000 – Câmera.....	58
2.5.2.7. 2007 – Apple.....	59
2.5.2.8. 2008 – Android.....	60
2.5.2.9. 2011 – Assistentes pessoais.....	61
2.5.3. Sistema Celular.....	62
2.5.4. Funcionamento.....	62
2.5.5. Evolução das gerações.....	65
2.5.5.1. Primeira Geração (1G)	65
2.5.5.2. Segunda Geração (2G)	65
2.5.5.3. Terceira Geração (3G)	66
2.5.5.4. Quarta Geração (4G)	67
2.5.5.5. Quinta Geração (5G)	68
3. METODOLOGIA.....	70
3.1. Fase Definir.....	70
3.2. Fase Medir.....	70
3.3. Fase Analisar.....	71
3.4. Fase Implementar.....	71
3.5. Fase Controlar.....	71
4. RESULTADOS.....	72
4.1. Fase Definir.....	73
4.2. Fase Medir.....	75

4.3. Fase Analisar.....	80
4.3.1. X1 – Placas defeituosas do estoque.....	80
4.3.2. X2 – Testes incompletos.....	80
4.3.3. X3 – Análise incorreta do defeito.....	81
4.4. Fase Implementar.....	82
4.4.1. X1 – Placas defeituosas do estoque.....	82
4.4.2. X2 – Testes Incompletos.....	82
4.4.3. X3 – Análise incorreta do defeito.....	82
4.4.4. DPMO.....	82
4.5. Fase Controlar.....	84
4.5.1. X1 – Placas defeituosas do estoque.....	84
4.5.2. X2 – Testes Incompletos.....	84
4.5.3. X3 - Análise incorreta do defeito.....	84
5. Conclusão.....	85
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	86

1. Introdução

Quando pensamos em uma empresa e em seu objetivo, logo ligamos esse objetivo ao lucro da empresa, ou seja, quanto maior for sua receita e menor forem seus gastos, melhor é o seu lucro. Porém, se tratado de qualquer empresa, a satisfação do seu cliente sempre deve ser prioridade, existem diversas maneiras de gerar essa satisfação ao cliente, mas as principais delas estão ligadas ao tempo, preço e principalmente qualidade. Quando falamos de tempo, o cliente sempre quer o seu produto o mais rápido possível; se tratado de custos, o cliente quer o produto o mais barato que puder; porém, sempre querem produtos de qualidade, e a maior satisfação possível é mensurar tempo, custo e qualidade, de forma que exista um balanceamento entre esses tópicos.

Hoje, com as exigências do mercado, todas as empresas devem buscar formas de melhorar o serviço ou produto que é oferecido de modo a fidelizar seu atual cliente e também conquistar clientes novos. No mercado atual, essa disputa é muito acirrada, e as empresas para se manterem no mercado, e até mesmo buscarem o seu crescimento, devem analisar e investir nas áreas que julgarem necessárias. Hoje, uma das áreas que vem crescendo e cada vez mais se tornando um diferencial, é o ramo de serviço, principalmente o pós-venda. O cliente busca informações em todos os lugares e procuram produtos de empresas que oferecem um atendimento de qualidade sempre que for necessário.

Um dos serviços de pós-vendas que pode fazer um diferencial na compra de um produto é o serviço de assistência técnica. Caso aconteça a infelicidade do produto apresentar algum defeito, o cliente deve procurar o serviço especializado e, diante dos seus direitos, ter o reparo feito com qualidade. Uma das maneiras de mensurar essa qualidade é o índice de retorno dos defeitos, ou seja, uma vez reparado o produto, o mesmo apresenta uma nova garantia de que não apresentará novas falhas.

1.1. Justificativa

O tema do trabalho foi escolhido foi definido pela ótica da empresa, em que se tem ciência de que a qualidade do produto deve sempre estar presente na hora da compra e também quando se faz necessário no reparo. Tendo uma visão de custo, todo defeito que apresenta o produto, estando ele dentro do período de garantia legal, o mesmo gera um gasto para a empresa, pois deve-se pensar no custo de produção

de uma peça nova que não será vendida, o custo logístico para envio da peça a ser substituída, o custo da mão de obra para reparar o produto defeituoso além dos custos não mensuráveis, como cliente insatisfeito, má reputação da empresa, entre outros aspectos negativos que se associam a marca.

1.2. Objetivo

Reduzir o número de retorno de aparelhos celular com defeito dentro de uma assistência técnica utilizando ferramentas Seis Sigma a partir da metodologia DMAIC, pois a meta estipulada dentro da empresa era de 6,1% e a assistência técnica em questão estava com o índice acima da meta nos meses de agosto, julho, junho, maio e abril do mesmo ano. Esse índice de retorno o principal indicador de qualidade no serviço, pois indica que o reparo foi bem feito, e assim o aparelho celular do cliente não apresentaria mais defeito.

2. Revisão bibliográfica

2.1. Qualidade

2.1.1. Conceito de qualidade

Lins (1993) define qualidade como um conjunto de atributos que tornam um bem ou serviço plenamente adequado ao uso para o qual foi determinado, atendendo a diversos fatores, como: operabilidade, segurança, tolerância a falhas, conforto, durabilidade, facilidade de manutenção e entre outros.

Para Lins (1993), a qualidade de um produto está diretamente ligada a qualidade do processo de produção. No final de todo o processo, para se obter um produto de qualidade, é necessário acompanhar todo o ciclo de vida, desde o nascimento do projeto até o uso na mão do cliente final. Devem ser identificados aqueles atributos que irão determinar a qualidade do produto, de modo que o projeto atenda aos seus atributos, também que a produção esteja dentro das especificações e fazer um acompanhamento do uso, conferindo se o projeto foi bem executado e o produto foi bem produzido.

Lins (1993) conclui que a qualidade é o resultado de um esforço a fim de desenvolver o produto ou serviço de modo que atenda a determinadas especificações inicialmente pré-estabelecidas. A qualidade não será atingida se não tiver um objetivo determinado a ser atingido.

2.1.2. Origem

Ainda seguindo Lins (1993), as principais atividades de produção durante o século XVII eram desempenhadas por artesões, seguindo inúmeras especificações e denominações, como: pintores, escultores, marceneiros, vidraceiros, sapateiros, arquitetos, armeiros e outros.

O mestre artesão recebia aprendizes, para estudarem o ofício. Estes permaneciam na oficina por um período de até quinze anos, aprendendo a dominar as técnicas da profissão. Auxiliavam o mestre em seus trabalhos, realizando tarefas que eram posteriormente inspecionadas com cuidado. Quando suficientemente qualificados, eram registrados e poderiam, só então, exercer o ofício de forma autônoma. Do ponto de vista da qualidade, os bons artesãos eram capazes de realizar obras com alto grau de complexidade e detinham o domínio completo de todo ciclo de produção, já que negociavam com o cliente o serviço a ser realizado, executavam

estudos e provas, selecionavam os materiais e as técnicas mais adequadas, construíam o bem e o entregavam. Essa situação pouco mudaria durante o século XVII, quando o crescimento do comércio europeu alavancou o aumento da produção e o surgimento das primeiras manufaturas, nas quais um proprietário, em geral um comerciante, dava emprego a um certo número de artesãos que trabalhavam por um salário e a produção era organizada sob o princípio da divisão do trabalho.

Toda essa cronologia é muito similar ao processo de manufatura de hoje, onde um empregador, no caso uma empresa, contrata um funcionário para produzir o bem determinado. Todo o processo de manufatura passa por cenários similares aos executados pelos artesãos do século XVII, pois os mesmos tinham conhecimento de todo o processo, desde a ordem do serviço solicitado pelo cliente, a compra da matéria prima, a elaboração do produto, testes de qualidade, e entrega do mesmo de forma a atender a expectativa do cliente.

2.1.3. Revolução Industrial

Para Lins (193), com o desenvolvimento da máquina a vapor por James Watt em 1776, o homem passou a possuir um recurso prático para substituir o trabalho humano ou a tração animal por outro tipo de energia. A produção passou a ser mais rápida e intensa, e os equipamentos poderiam se adequar ao serviço solicitado. Nascia assim as fábricas e indústrias. A máquina passou a fazer o serviço do homem, antes artesão, e agora operário, e com isso, diversas mudanças começaram a acontecer no cenário: produtos padronizados ao invés de produtos diversificados feitos sob necessidade do cliente; trabalho rotineiro e padronizado substituiu o contato direto ao cliente para atender as suas necessidades de forma exclusiva a fim de atender os objetivos e visão da empresa; houve uma divisão do trabalho entre os cargos de alta direção e os que executam, antes determinados como mestre artesão e aprendiz de artesão.

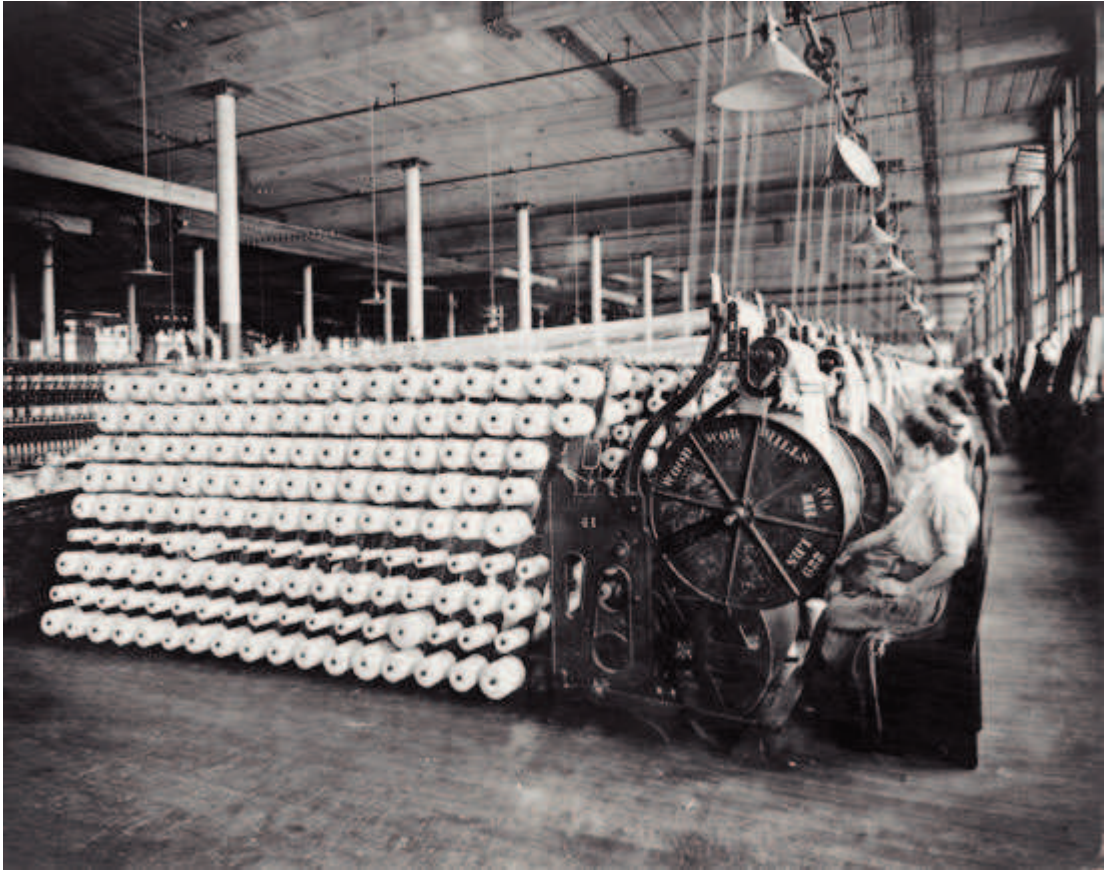


Figura 1 – Funcionárias trabalhando em uma fábrica de tecido.

Fonte: MANUFATURA (2019)

Com o início de todo esse novo processo, a qualidade dos produtos e serviços prestados era baixa, pois diversas falhas aconteciam dada a limitação das máquinas, despreparo dos operários e poucas técnicas administrativas. Começou então a implantar a inspeção final dos produtos e supervisão do trabalho executado. Viu-se uma necessidade de estruturar as indústrias de modo a organizar todo o processo, melhorando a eficiência e produtividade, e então, deram início a estudos sobre o funcionamento, iniciativa para criação de sistemas de medidas e normas a serem seguidas. Apenas no século XX, com os trabalhos de Fayol e de Taylor, que a moderna administração de empresas se consolidou.

Lins (1993) cita em seu artigo que Fayol lançou os conceitos de unidade de comando (cada funcionário tem apenas um supervisor), unidade de direção (cada equipe tem apenas um líder e um plano de trabalho), centralização (concentração da autoridade no topo da hierarquia) e cadeia escalar (organização hierárquica da empresa), distinguindo as funções de linha e as funções de assessoramento. Lins

(1993) também menciona que Taylor divulga sua obra *Princípios da Administração Científica*, em que focaliza a estruturação global da empresa e defende a aplicação dos princípios da supervisão funcional, da padronização de procedimentos, ferramentas e instrumentos, do estudo de tempos e movimentos, do planejamento de tarefas e de cargos e dos sistemas de premiação por eficiência. Formalizou os conceitos de divisão do trabalho, de especialização profissional e de administração pela exceção.

2.1.4. Gurus Da qualidade

Wood Jr. e Urdan (1994) descrevem aspectos do pensamento de Philip Crosby, Edward Deming, Armand Feigenbaun, Kaoro Ishikawa e Joseph Juran, considerados como os gurus da qualidade.

Em seu artigo, Wood Jr. e Urdan (1994), os mesmos relatam que o método de Deming aprimora a qualidade de bens e serviços e também de fazer suas vidas melhores. As prescrições de Deming têm caráter filosófico e revolucionário, pois subentendem profundas transformações no relacionamento entre a empresa e seus clientes, fornecedores e empregados. Deming alertava sobre as dificuldades e o longo tempo necessário à implementação de suas recomendações. Seu método possui catorze pontos, descritos em seu livro "Out of the crisis".

Para Wood Jr. e Urdan (1994) Crosby criou a concepção "zero defect" (zero defeito) e popularizou o conceito de fazer certo da primeira vez. Crosby é o único entre os mestres que considera a qualidade um conceito de razoável simplicidade.

Juran, segundo Wood Jr. e Urdan (1994), contribuiu decisivamente no movimento japonês em prol da qualidade. Segundo ele, a administração da qualidade compreende três processos básicos: planejamento, controle e melhoria. Para Juran, as abordagens conceituais necessárias ao gerenciamento dos três processos são similares àquelas empregadas na administração financeira. Juran sugere a administração da qualidade pouco difere de práticas já longamente adotadas pela função financeira das empresas. Juran define qualidade como adequação ao uso - produto adequado ao uso é o que atende às necessidades de seu consumidor.

Feigenbaun, para Wood Jr. e Urdan (1994), originou o conceito de controle da qualidade total, tratando-o como questão estratégica que demanda profundo envolvimento de todos dentro da organização. A qualidade seria um modo de vida

para as empresas, uma filosofia de compromisso com a excelência. Mas, pragmático, empregando a noção de custo da qualidade, procurou mostrar aos administradores que os investimentos feitos em qualidade geravam retornos maiores do que os realizados em outras áreas. O pensamento de Feigenbaun está condensado em dezenove passos para melhoria da qualidade. “Total Quality Control” é sua principal publicação.

Ainda para Wood Jr. e Urdan (1994), Ishikawa criou os famosos círculos de controle da qualidade. Além dos CCQ, as Sete ferramentas de Ishikawa constituem importante instrumental de auxílio nos processos de controle da qualidade. Ao contrário de outras metodologias, que colocam a qualidade nas mãos de especialistas, Ishikawa acreditava que as sete técnicas podiam ser utilizadas por qualquer trabalhador. Ishikawa redefiniu o conceito de cliente, para incluir qualquer funcionário que recebe como insumo os resultados do trabalho executado anteriormente por um colega. Seu pensamento está exposto em “What is total quality control?”.

2.1.5. Ferramentas básicas da qualidade

Para Lins (1993) um dos objetivos básicos da cultura da qualidade é que o profissional trabalhe com os dados, e para tratar e identificar esses dados, uma lista de ferramentas auxiliares são propostas para a análise do problema.

Lins (1993) traz as seguintes ferramentas básicas da qualidade:

- Fluxograma
- Folha de verificação
- Gráfico de Pareto
- Diagrama de Causa e Efeito
- Gráfico de tendências
- Histograma
- Carta de controle
- Gráfico de dispersão

2.1.5.1. Fluxograma

Em 1921, Frank e Lillian Gilbreth, engenheiros industriais apresentaram o “gráfico de fluxo de processos” à Sociedade Americana de Engenheiros Mecânicos (ASME, em inglês). No início dos anos 1930, o engenheiro industrial Allan H. Morgensen utilizou as ferramentas de Gilbreth para dar palestras sobre como deixar o trabalho mais eficiente para pessoas de negócios em sua empresa. Na década de 1940, dois alunos de Morgensen, Art Spinanger e Ben S. Graham, difundiram os métodos. Spinanger apresentou os métodos de simplificação de trabalho à Procter and Gamble. Graham, diretor da Standard Register Industrial, adaptou gráficos de fluxo de processos ao processamento de informações. Em 1947, a ASME adotou um sistema de símbolos para gráficos de fluxo de processos, conforme ilustrado pela figura 2, inspirado no trabalho do casal Gilbreth.

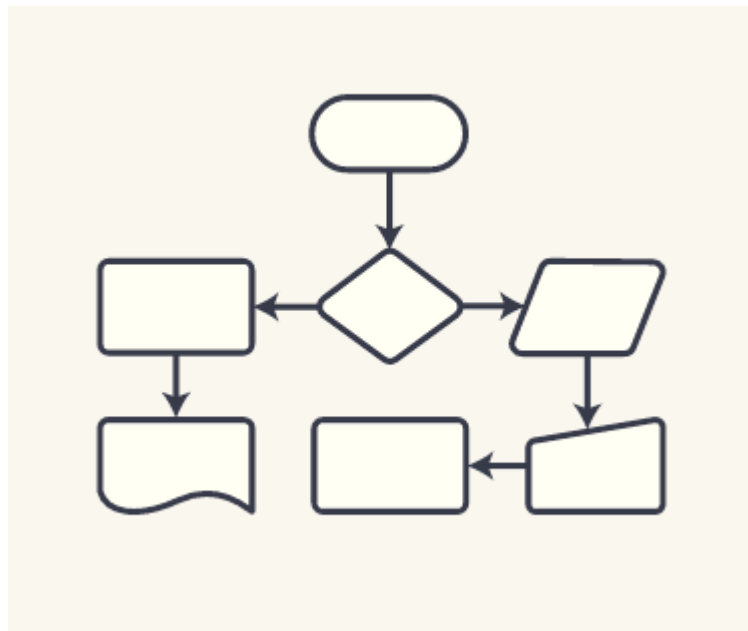


Figura 2 – Fluxograma

Fonte: LUCIDCHART (2019)

Para Lins (1993), fluxograma destina-se à descrição sequencial de processos, sendo processo uma certa combinação de equipamentos, pessoas, métodos, ferramentas e matéria-prima, que gera um produto ou serviço com determinadas características. É uma ferramenta de análise e de apresentação gráfica do método ou procedimento envolvido no processo. Uma das vantagens do uso do fluxograma é a

de identificar claramente os passos da execução do processo, ou seja, de tornar visível o método.

2.1.5.2. Folha de verificação

Para Coutinho (2019) a folha ou lista de verificação é a ferramenta mais simples da qualidade. Basicamente, ela visa padronizar e organizar a coleta desses dados, podendo ser por meio de tabelas, planilhas ou quadros. Com essa folha, a pessoa responsável vai até o local real para poder entender o funcionamento das atividades, verificar onde está o problema e coletar os dados para identificar a causa raiz do mesmo. A figura 3 ilustra um exemplo de folha ou lista de verificação.

Lista de Verificação												
Data:							Seção:					
Estágio de Verificação:							Máquina:					
Produto:							Inspetor:					
Total Inspeccionado:							Turno:					
Lote:												
Especificação (peso)	Variação	Verificações										Frequência
	menor que -0,03	X										
	-0,03	X										
	-0,02	X	X	X								
	-0,01	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
5,20	0	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	0,01	X	X	X	X	X	X					
	0,02	X	X	X								
	0,03	X	X									
	maior que 0,03	X										
											TOTAL	

Figura 3 – Lista de verificação

Fonte: COUTINHO (2019)

Segundo Lins (1993), folha de verificação é um quadro para o lançamento do número de ocorrências de um certo evento. A sua aplicação está relacionada com a observação de fenômenos. Observa-se o número de ocorrências de um problema ou de um evento e anota-se na folha a sua frequência. Outra aplicação comum da folha de verificação é como "folha de votação" onde é utilizada para que os participantes de uma reunião, após o trabalho de identificação e do agrupamento das causas de um problema ou de alternativas para a sua solução, indiquem aquelas que pareçam ser as mais significativas.

2.1.5.3. Gráfico de Pareto

Lins (1993) relata em seu artigo que o economista italiano Vilfredo Pareto desenvolveu um gráfico que levou seu nome já que o mesmo identificou as seguintes características nos problemas sócio econômicos: poucas causas principais influíam

fortemente no problema e um grande número de causas triviais influíam marginalmente no problema. Nos processos industriais e na administração em geral, comprovou-se que o comportamento dos problemas é semelhante. Assim, é importante identificar quais as causas principais e atacá-las efetivamente, de modo a obter o máximo ganho em termos de solução para o problema em estudo. Para o Minitab (2019) seu princípio da "regra 80/20". Ou seja, 20% das pessoas controlam 80% da riqueza; ou 20% da linha de produção pode gerar 80% dos resíduos; ou 20% dos clientes podem gerar 80% das reclamações, e assim por diante.

Lins (1993) menciona que o gráfico de Pareto tem o aspecto de um gráfico de barras. Cada causa é quantificada em termos da sua contribuição para o problema e colocada em ordem decrescente de influência ou de ocorrência. As causas significativas são, por sua vez, desdobradas em níveis crescentes de detalhe, até se chegar às causas primárias, que possam ser efetivamente atacadas (vide exemplo da figura 4). Esta técnica de se quantificar a importância das causas de um problema, de ordená-las e de desdobrá-las sucessivamente é denominada estratificação.

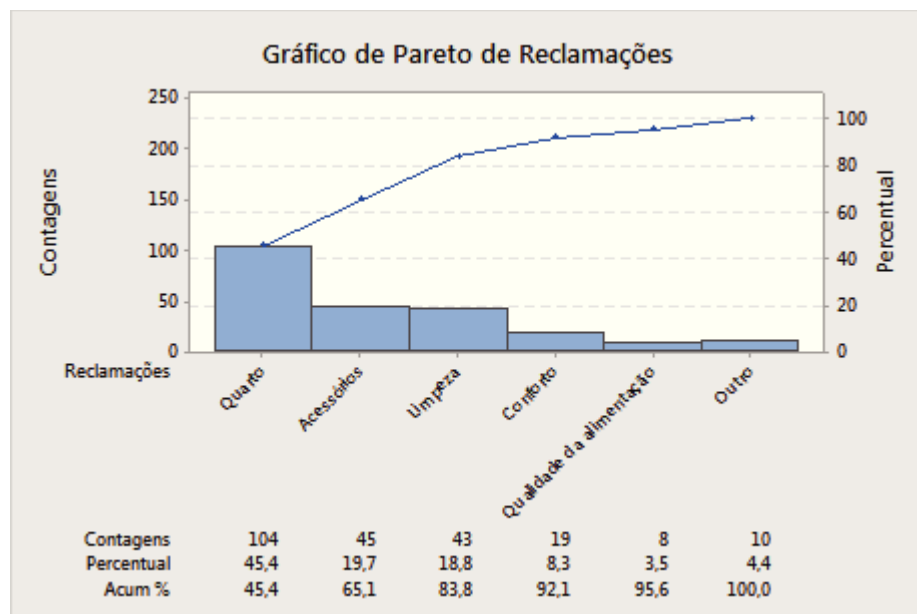


Figura 4 – Gráfico de Pareto.

Fonte: MINITAB (2019)

Para o Minitab (2019) um Gráfico de Pareto é um tipo especial de gráfico de barras onde os valores representados são organizados do maior para o menor. O uso do Gráfico de Pareto para identificar os defeitos que ocorrem mais frequentemente,

as causas mais comuns de defeitos, ou as causas mais frequentes de reclamações de clientes, por exemplo.

2.1.5.4. Diagrama de Causa e Efeito

Conforme também identificado em seu artigo, Lins (1993) informa que o Diagrama de Causa e Feito, também conhecido como Diagrama de Ishikawa, já que quem o desenvolveu pôs o seu nome no mesmo, ou espinha de peixe, dado a semelhança com a forma gráfica. Utilizado quando necessário identificar as causas de um problema, o diagrama permite, a partir dos grupos básicos de possíveis causas, desdobrar as mesmas até os níveis de detalhe adequados à solução do problema. Esses grupos básicos podem ser definidos em função do tipo de problema que está sendo analisado. Para problemas de natureza operacional, sugere-se os seguintes grupos básicos (6M):

- Máquinas;
- Materiais;
- Mão-de-obra;
- Métodos;
- Meio ambiente.
- Medição

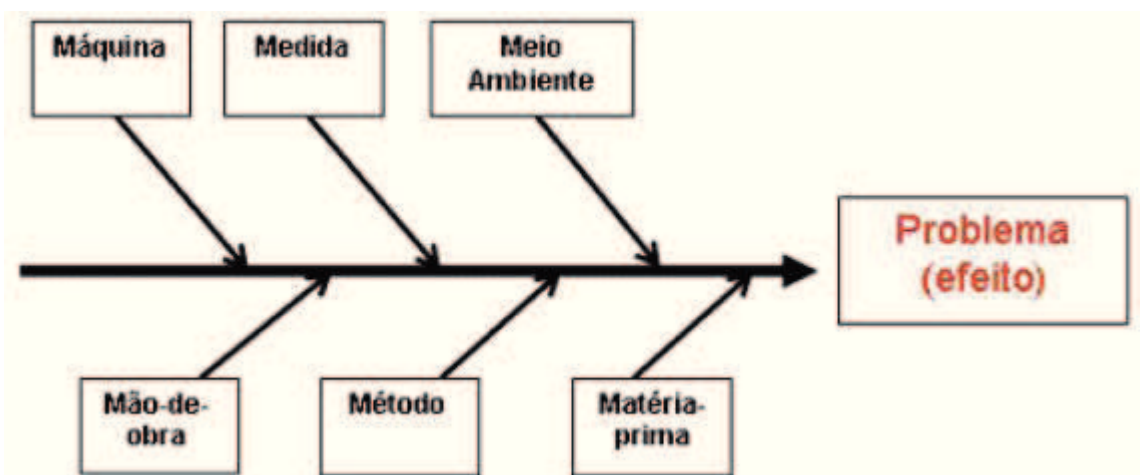


Figura 5 – Diagrama de Causa e Efeito

Fonte: TAVARES (2012)

Tavares (2019) diz que o Diagrama de Causa e Efeito também é conhecido como:

- Diagrama Espinha-de-peixe
- Diagrama de Ishikawa
- Diagrama 6M

A autora ainda diz que é uma representação gráfica que permite a organização das informações possibilitando a identificação das possíveis causas de um determinado problema ou efeito. Mostra-nos as causas principais de uma ação, as quais dirigem para as subcausas, levando ao resultado final. Ishikawa usou isto para explicar como vários fatores poderiam ser comuns entre si e estar relacionados. Embora não identifique, ele próprio, as causas do problema, o diagrama funciona como um “veículo para produzir com o máximo de foco possível, uma lista de todas as causas conhecidas ou presumíveis, que potencialmente contribuem para o efeito observado.”

Lins (1993) diz que entre as vantagens de se usar uma ferramenta formal de análise de causa e efeito, em vez de fazer um levantamento não estruturado das causas, podemos citar:

a) a própria montagem do diagrama é educativa, na medida em que exige um esforço de hierarquização das causas identificadas de uma agregação em grupos. É desejável que a montagem do diagrama seja feita por uma equipe de pessoas envolvidas com o problema, através de um brainstorming;

b) o foco passa a ser no problema, levando à conscientização de que a solução não se restringirá a atitudes simplistas (substituir pessoas, adquirir equipamentos), mas exigirá uma abordagem integrada, atacando-se as diversas causas possíveis;

c) conduz a uma efetiva pesquisa das causas, evitando-se o desperdício de esforços com o estudo de aspectos não relacionados com o problema;

d) identifica a necessidade de dados, para efetivamente comprovar a procedência ou improcedência das diversas possíveis causas identificadas. Assim, o diagrama é o ponto de partida para o uso adequado de outras ferramentas básicas;

e) identifica o nível de compreensão que a equipe tem do problema. Quando o problema não é adequadamente entendido, a elaboração do diagrama conduz

naturalmente à troca de ideias entre as pessoas envolvidas e à identificação dos conflitos;

f) o seu uso é genérico, sendo aplicável a problemas das mais diversas naturezas.

2.1.5.5. Gráfico de tendências

Para o Minitab (2019), o gráfico de análise de tendência mostra as observações em função do tempo. O gráfico inclui os ajustes que são calculados a partir da equação de tendência ajustada, as previsões e as medidas de precisão. Abaixo, a figura 6 ilustra um exemplo.

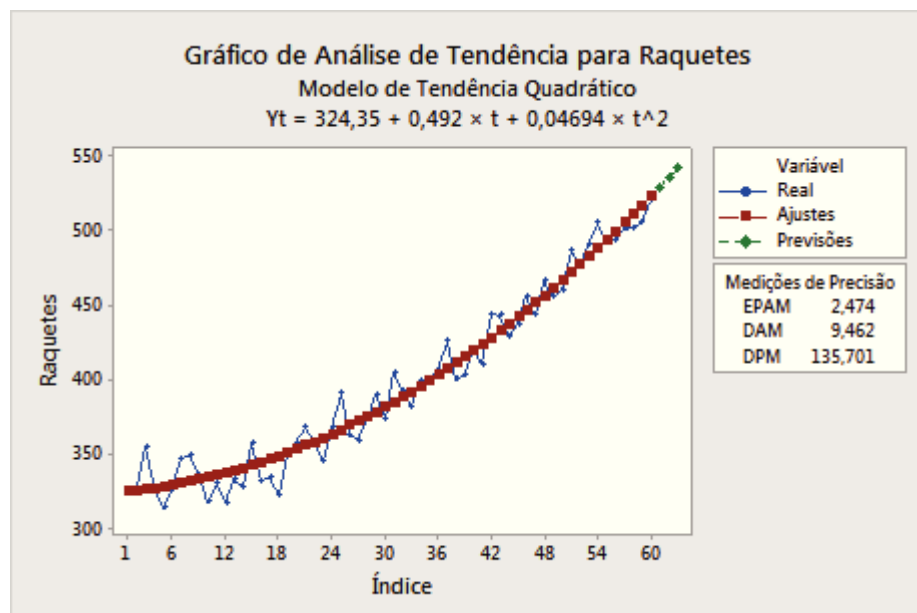


Figura 6 – Gráfico de análise de tendências

Fonte: MINITAB (2019)

Lins (1993) cita que é um gráfico simples, em coordenadas cartesianas, que descreve o comportamento de uma variável ao longo do tempo ou em função de outra variável de referência. A sua utilidade é a identificação de tendências de comportamento, facilitando a identificação de eventos ou a compreensão do problema em estudo.

2.1.5.6. Histograma

Lins (1993) menciona que o histograma é um gráfico de barras verticais que apresenta valores de uma certa característica agrupados por faixas. É útil para identificar o comportamento típico da característica. Usualmente, permite a

visualização de determinados fenômenos, dando uma noção da frequência com que ocorrem, como exemplo na figura 7.

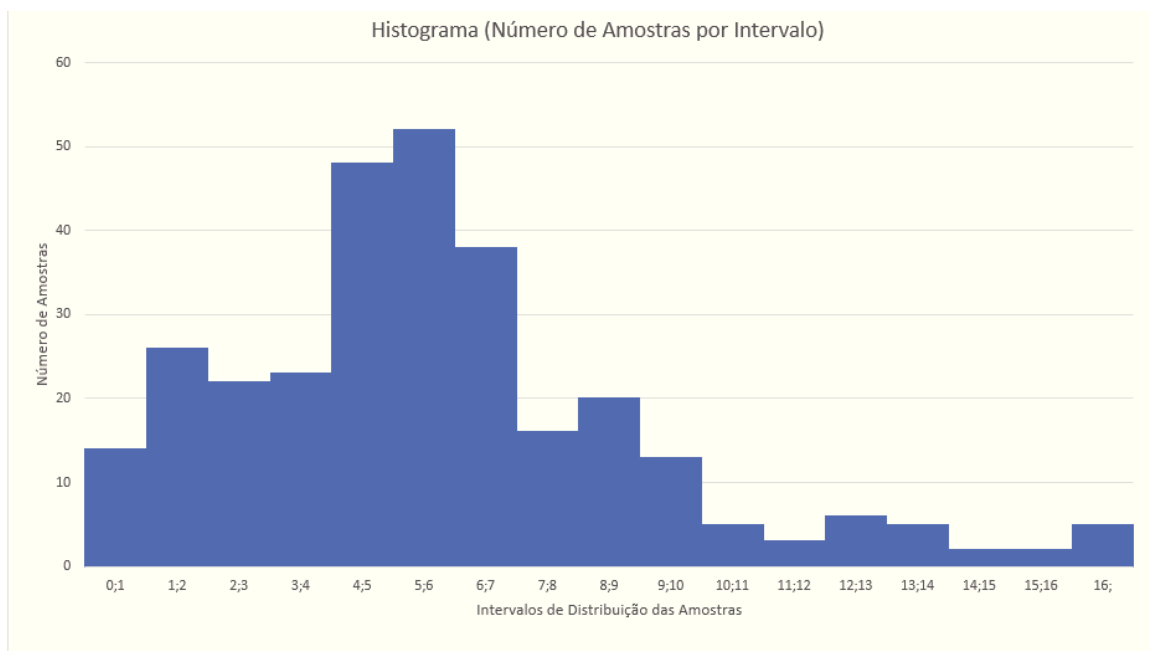


Figura 7 – Histograma

Fonte: Santiago (2019)

Para Santiago (2019) o histograma é uma ferramenta da qualidade muito importante para análises estatísticas. É um gráfico que mostra a distribuição de acontecimentos registrados em todo o espectro. Esses acontecimentos registrados são chamados de amostras e são dados coletados de um processo que se queira analisar o comportamento. Cada nova amostra coletada é somada a sua determinada “Classe”, que nada mais é do que a sua faixa da escala. Ela irá compor uma barra que representa a quantidade de amostras coletadas do sistema que também pertencem a mesma classe.

2.1.5.7. Carta de controle

Para o Minitab (2019), uma carta de controle indica quando o seu processo está fora de controle e o ajuda a identificar a presença de variação de causa especial. Quando a variação de causa especial está presente, seu processo não é estável e a ação corretiva é necessária. As cartas de controle são gráficos que representam os dados do seu processo em sequência ordenada pelo tempo. A maioria das cartas de controle incluem uma linha central, um limite de controle superior e um limite de controle inferior. A linha central representa a média do processo. Os limites de controle

representam a variação do processo. Por padrão, os limites de controle são traçados em distâncias de 3 sigma acima e abaixo da linha central. Os pontos que se encaixam aleatoriamente dentro dos limites de controle indicam que seu processo está sob controle e exibem apenas variação de causa comum. Os pontos que se encaixam fora dos limites de controle ou exibem um padrão não-aleatório, indicam que seu processo está fora de controle e que a variação de causa especial está presente.

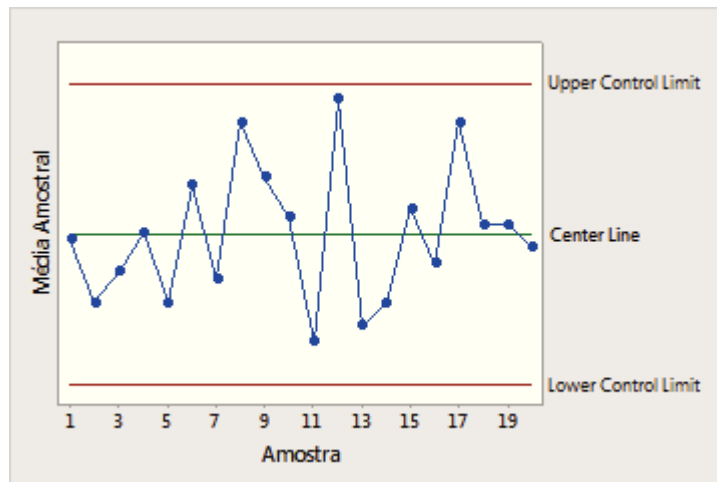


Figura 8 – Carta de controle

Fonte: MINITAB (2019)

A carta de controle, também denominada carta de Shewhart, por ter sido desenvolvida pelo estatístico norte-americano Walter Shewhart, mencionado por Lins (1993), é utilizada para o acompanhamento de processos definido como combinação de equipamentos, pessoas, métodos, ferramentas e matéria-prima, que gera um produto ou serviço com determinadas características. As características do produto ou serviço resultante dependem do processo adotado. Assim, se desejarmos modificar algumas dessas características, devemos alterar o processo. Para que tais alterações possam ser estudadas e implementadas, gerando resultados previsíveis, o processo deverá estar sob controle. Para colocar um processo sob controle, é necessário analisar todos os desvios significativos de comportamento que venham a ocorrer no mesmo, identificar claramente as suas causas e resolvê-las sempre que possível. Quando o processo estiver sob controle, esses problemas terão sido eliminados e ocorrerão apenas algumas variações eventuais, não sistemáticas ou aleatórias, em seu comportamento. Só então, torna-se adequado estabelecer um ciclo

em que esse processo é observado e comparado com um padrão desejado de desempenho.

2.1.5.8. Gráfico de dispersão

Para o Minitab (2019) Gráfico de dispersão para investigar a relação entre um par de variáveis contínuas. Um gráfico de dispersão exibe pares ordenados de variáveis x e y em um plano coordenado.

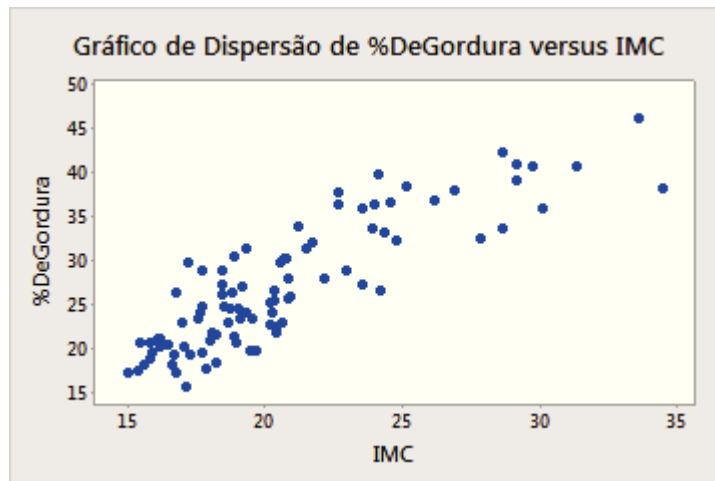


Figura 9 – Gráfico de dispersão

Fonte: MINITAB (2019)

O gráfico de dispersão permite visualizar a correlação entre duas grandezas, conforme citado por Lins (1993). Tal correlação poderá ser:

- Inexistente – não será possível identificar qualquer tipo de comportamento típico no gráfico.
- Linear – no gráfico, os pontos tenderão a se distribuir ao longo de uma reta;
- Não linear – no gráfico, os pontos tenderão a se distribuir ao longo de uma curva, ou de várias curvas similares que se repetem periodicamente;
- Outras distribuições, como, por exemplo, em agrupamentos bem delimitados.

2.2. Seis Sigma

2.2.1. Definição

Pande, Neuman, Cavanagh (2007) definem Seis Sigma de várias maneiras: forma de medir processos; meta de quase perfeição, representado por 3,4 defeitos por milhão de oportunidade (DPMO); abordagem para mudar a cultura de uma organização. Mais precisamente, Seis Sigma se define como um sistema amplo e abrangente para construção e sustentação de desempenho, do sucesso e da liderança em negócios. Em outras palavras, é um contexto dentro do qual é possível integrar “melhores práticas” e conceitos de gerência que incluem o pensamento sistêmico, a melhoria contínua, a gestão do conhecimento, customização em massa e gestão baseada em atividades.

2.2.2. Origem

Em seu livro, Pande, Neuman e Cavanagh (2007) mencionam que a metodologia Seis Sigma nasceu em 1987 pelo setor de comunicações da Motorola, sendo esse chefiado por George Fisher, com o objetivo de reduzir a quantidade de falhas durante a produção de seus produtos eletrônicos visando a confiabilidade de seu produto e, também, a redução de produtos defeituosos que eram descartados. O que o Seis Sigma ofereceu a Motorola foi uma maneira de acompanhar o desempenho, compará-los com a exigência do cliente e uma meta de qualidade praticamente perfeita. Vendo o sucesso da Motorola, outras empresas também adotaram a metodologia Seis Sigma a fim de obterem ganhos de qualidade e, principalmente, financeiros.

Os autores Pande, Neuman e Cavanagh (2007) ainda dizem que outro um exemplo de empresas que adotou a cultura Seis Sigma foi a GE (General Electric). Durante um discurso em 1997, o então presidente John Welch mencionou que a empresa obteve o maior faturamento nos 105 anos da empresa dois anos depois de implementar a metodologia Seis Sigma. De acordo com Campos (2019) Seis Sigma foi “a mais importante iniciativa que a General Electric já empreendeu” (Welch).

“O Seis Sigma mudou para sempre a GE. Todos – desde os fanáticos pelo Seis Sigma surgindo de seus tours como Black Belts, aos engenheiros, os auditores e cientistas, à alta gerencia, que levará esta empresa ao novo milênio – acreditam

realmente no Seis Sigma, que é a maneira pela qual esta empresa funciona agora.” (PANDE; NEUMAN; CAVANAGH, p.4 2007 apod Welch, 1999)

2.2.3. O que é

Rotondaro (2008) diz que o termo Seis Sigma significa uma redução na variação do resultado entregue a uma taxa de 3,4 falhas por milhão de oportunidades, ou seja, uma taxa de 99,99966% de perfeição. Esse valor pode ser considerado como irrisório, já que, se levarmos como exemplo a produção de um item, a cada 1.000.000 de itens produzidos, entre 3 ou 4 peças apresentarão defeito. Isso não significa dizer que o processo é perfeito, já que não existe nenhum processo perfeito. Todos os processos são suscetíveis a falhas e a metodologia Seis Sigma traz consigo esse objetivo de melhoria e busca ao processo ideal. A tabela 1 indica o rendimento em %, o DPMO ao seu respectivo nível Sigma.

Tabela 1: Conversão em Sigma

Rendimento em %	Defeitos por Milhão de Oportunidade (DPMO)	Nível de Qualidade
30,9	690.000	1 Sigma
69,2	308.000	2 Sigma
93,3	66.800	3 Sigma
99,4	6.210	4 Sigma
99,98	320	5 Sigma
99,9997	3,4	6 Sigma

Fonte: PANDE, NEUMAN, CAVANAGH (2007)

A tabela acima descreve o nível sigma de cada projeto ou processo baseado em sua quantidade de defeitos em um milhão de oportunidade ou porcentagem de aproveitamento. Em um projeto ou processo 1 Sigma, significa dizer que a cada 1.000.000 de oportunidade, 690.000 seriam de itens falhos, o que corresponde a um aproveitamento de 30,9%, indicando a falta de qualidade, que que mais da metade do trabalho não foi aproveitando em um primeiro momento, o que significa gasto, e

consequentemente, perda de dinheiro, já que o item em questão foi retrabalhado ou até mesmo descartado. Obviamente cada projeto tem o seu objetivo, porém, todos eles têm em comum o melhor aproveitamento possível.

Para Rotondaro (2008), Seis Sigma é uma metodologia rigorosa que utiliza ferramentas e métodos estatísticos para definir os problemas e situações a melhorar, medir para obter a informação e os dados, analisar a informação coletada, incorporar e empreender melhorias nos processos e finalmente, controlar os processos ou produtos existentes, com a finalidade de alcançar etapas ótimas, o que por sua vez gerará um ciclo de melhoria contínua.

2.2.4. Benefícios

Dos diversos exemplos de empresas que obtiveram sucesso após aderirem a estratégia Seis Sigma, os autores Pande, Neuman e Cavanagh (2007) destacam 6 benefícios que atraíram as empresas à essas estratégias. São eles:

1. Gera sucesso sustentado

A única maneira de continuar com crescimento e reter o controle sobre o mercado é inovar e reformular a organização constantemente. O Seis Sigma cria as habilidades e cultura para um revigoramento constante.

2. Determina uma meta de desempenho para todos

Fazer com que funcionários de uma empresa trabalhem na mesma direção e focalizem uma meta em comum é uma tarefa difícil. Cada função, setor e indivíduo possuem diferentes metas e alvos, porém possuem o mesmo fornecimento de produtos, serviços e informações ao cliente. O Seis Sigma utiliza essa mesma base comum a todos e cria uma meta consistente, que é um desempenho Seis Sigma (99,99966% de conformidade) ou um nível que seja próximo do perfeito. A tabela 2 abaixo indica os problemas que seriam encontrados com um objetivo de 99% de qualidade versus um objetivo de desempenho Seis Sigma (99,99966%).

Tabela 2: 99% qualidade x qualidade Seis Sigma

Meta	99%	Seis Sigma
Entrega de 300.000 cartas	3.000 erros	1 erro
Reiniciar o computador 500.000 vezes	4.100 falhas	< 2 falhas
Para 500 anos de fechamento do mês	60 meses não estaria no balanço	0,18 mês não estaria no balanço
1 semana de transmissão de TV	1,68 horas de problemas	1,8 segundo de problema

Fonte: PANDE, NEUMAN, CAVANAGH (2007)

3. Intensifica o valor para os clientes

Ao iniciar com a estratégia Seis Sigma, John Welch afirmou: “Queremos tornar nossa qualidade tão especial, tão valiosa para nossos clientes, tão importante para seu sucesso que nossos produtos se tornem sua única escolha de real valor” (1996). O foco maior do Seis Sigma sempre será o cliente. Saber o que e como oferecer os produtos aos clientes.

4. Acelera a taxa de melhoria

A empresa que melhorar mais rápido, tem mais chances de vencer a concorrência. O Seis Sigma ajuda a empresa a melhorar seu desempenho e também a aprimorar a melhoria.

5. Promove aprendizagem e polinização cruzada

O Seis Sigma é um método que pode acelerar e aumentar o compartilhamento e desenvolvimento de novas ideias para a organização. Ideias podem, e devem, ser compartilhadas com o intuito de melhorar o desempenho.

6. Executa mudanças estratégicas

Uma melhor compreensão dos processos e procedimentos da empresa trará uma maior capacidade de ajustes e mudanças que o sucesso nos negócios irá demandar.

2.2.5. Metodologia

Pande, Neuman e Cavanagh (2007) descrevem um Mapa Rodoviário Seis Sigma como um dos caminhos para a melhoria Seis Sigma. O que torna esse caminho “ideal” é que seguindo a ordem, as atividades constroem as fundações essenciais que apoiarão e sustentarão a melhoria Seis Sigma. Os autores trazem as seguintes vantagens do mapa:

1. Uma melhor compreensão da empresa como um sistema interligado de processos e clientes.
2. Melhores decisões e uso de recurso, para obter o maior número de benefícios possível de suas melhorias Seis Sigma.
3. Menores tempos de ciclo de melhorias, graças a melhores dados e melhor seleção de projetos.
4. Validação mais precisa de ganhos Seis Sigma, sendo esses em valores financeiros, defeitos satisfação do cliente ou outras medições.
5. Uma infraestrutura mais forte, para apoiar as mudanças e sustentar os resultados.

Para o estabelecimento do Seis Sigma, os autores Pande Neuman e Cavanagh (2007) sugerem 5 passos como “competências essenciais” para uma organização bem-sucedida:

1. Identificar processos essenciais e clientes chave

Criar uma compreensão clara das atividades transfuncionais mais críticas na organização e como fazem interface com clientes externos. É possível criar um mapa ou inventário de atividades que entregam valor na organização impulsionado por 3 perguntas: Quais são os processos essenciais ou agregadores de valor? Que produtos e/ou serviços é oferecido ao cliente? Como os processos fluem através da organização?

2. Definir necessidades dos clientes

Estabelecer padrões de desempenho baseados em informações efetivas de clientes, para que a eficácia ou capacidade de processos possa ser medida com precisão e a satisfação do cliente possa ser prevista. Também deve-se desenvolver ou realçar sistemas e estratégias dedicadas à coleta contínua de dados da “Voz do Cliente”. A partir disso, uma compreensão clara e completa dos fatores que impulsionam a satisfação dos clientes para cada saída e processo, também conhecidos como requisitos ou especificações em duas categorias: “saída”, sendo esse ligado ao produto ou serviço final que o fazem funcionar para o cliente e “serviços” descrevendo como a organização deve interagir com o cliente.

3. Medir o desempenho atual

Avaliar com precisão o desempenho de cada processo em relação às exigências de clientes e estabelecer um sistema para medir saídas e serviços. Como resultado, é possível criar: medições básicas, baseada em avaliações quantificadas de desempenho de processos; medições de capacidade, baseada na avaliação da capacidade de processos e saídas correntes para atender as exigências; sistemas de medições, que são os métodos e recursos novos ou realçados para a medição contínua em relação a padrões de desempenho focalizados em clientes.

4. Priorizar, Analisar e Implementar as melhorias

Identificar oportunidades de melhoria de alto potencial e desenvolver soluções voltadas para processos apoiadas por análise de fatos e pensamentos criativo. Implementar eficazmente novas soluções e processos e oferecer ganhos mensuráveis e sustentáveis. Essas ações darão prioridades para melhorias, com projetos Seis Sigma avaliados com base em seu impacto e viabilidade. Também trarão soluções de melhorias de processos objetivando causas raiz específicas, além de processos novos ou reprojatados visando novas atividades e fluxos de trabalho criados para atender novas demandas, incorporar tecnologias ou atingir aumentos de desempenho.

5. Expandir e Integrar o Sistema Seis Sigma

Iniciar práticas continuadas de negócios que impulsionem o desempenho melhorado e assegurem medição, reexame, e renovação constante de produtos, serviços, processos e procedimentos. Como resultado, a organização terá: controle de processos, pois medições e monitoramento para sustentar a melhoria de

desempenho; prioridade e gerência de processo, já que haverá supervisão transfuncional de processos de suporte, com informações da Voz do Cliente, Voz do Mercado, Voz do Funcionário e dos sistemas de medições dos processos; planos de resposta, que são os mecanismos para ação baseados em informações-chave para adaptar estratégias, produtos, serviços e processos; Cultura Seis Sigma, sendo uma organização posicionada para renovação contínua, com temas e ferramentas Seis Sigma como parte essencial do ambiente de negócios do dia-a-dia.

2.3. DMAIC

2.3.1. Origem

Pande, Neuman, Cavanagh (2007) mencionam que muitos modelos de melhoria têm sido aplicados aos processos ao longo dos anos desde o início do movimento da qualidade. A maioria desses movimentos são baseados pelo ciclo PDCA, Plan – Do – Check – Action (Planejar – Executar – Verificar – Agir), introduzido por Deming, que descrevem a lógica e ordem cronológica básica da melhoria dos processos baseada em dados.

- Planejar: avaliar o atual desempenho atual procurando pontos a serem melhorados. Colete dados sobre problema chave. Identifique e estabeleça uma meta relativa a causa raiz ou problemas. Invente soluções possíveis e planeje um teste de implementação da melhor solução potencial
- Executar: realizar um teste piloto da solução planejada inicialmente
- Verificar: Realize medições dos resultados obtidos a partir do piloto executado de modo a verificar se os resultados pretendidos estão sendo alcançados. Ao encontrar barreiras para atingir esses resultados, busque novas ações de melhorias.
- Agir: Baseado no teste piloto e nos resultados obtidos mediante a esses testes, é necessária uma nova avaliação e conseqüentemente melhoria nas ações de modo que os resultados sejam mais satisfatórios.



Figura 10 – Ciclo PDCA

Fonte: PERIARD (2019)

Periard (2019) ressalta que é importante lembrar que como o **Ciclo PDCA** é verdadeiramente um ciclo, e por isso deve “girar” constantemente. Ele não tem um fim obrigatório definido. Com as ações corretivas ao final do primeiro ciclo é possível (e desejável) que seja criado um novo planejamento para a melhoria de determinado procedimento, iniciando assim todo o processo do Ciclo PDCA novamente. Este novo ciclo, a partir do anterior, é fundamental para o sucesso da utilização desta ferramenta.

Rotondaro (2008) também diz em seu livro que desde que o movimento pela qualidade começou, muitos métodos de melhoria foram aplicados nos processos, cada um deles com um procedimento definido e utilizando-se de ferramentas clássicas da qualidade. Esses procedimentos são baseados simplesmente no método científico que tem as seguintes etapas: Observar, Medir, Analisar e Sintetizar. O autor ainda diz que o método conhecido como Ciclo PDCA (Planejar, Executar, Verificar e Agir) é um dos exemplos mais populares de metodologia que tem sido utilizada para melhoria de processos.

Rotondaro (2008) diz que o modelo MAIC (Medir, Analisar, Melhorar e Controlar) foi desenvolvido inicialmente pela Motorola como uma evolução do ciclo PDCA e depois adaptado pela D como modelo DMAIC, em que o D significa Definir. Esse método passou a ser a base operacional da ruptura do Seis Sigma para essas empresas, sendo fundamental para atingir o sucesso que alcançaram.

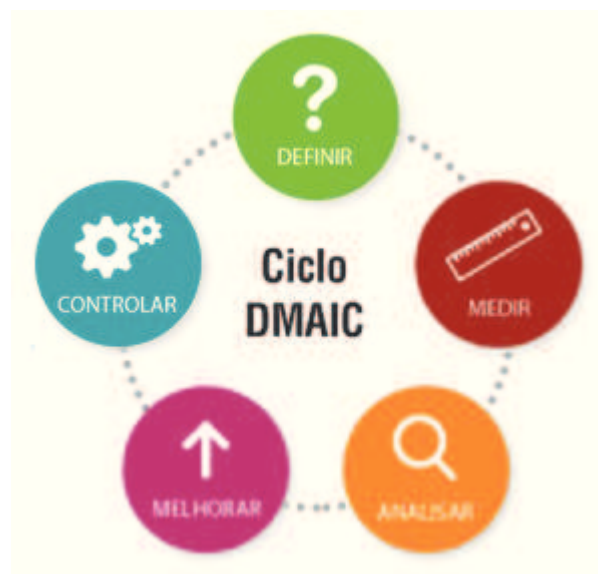


Figura 11 – Ciclo DMAIC

Fonte: MINETTO (2018)

Pande, Neuman, Cavanagh (2007) usam e se referem a um ciclo de melhoria de cinco fases que tem se tornado cada vez mais comum nas organizações Seis Sigma: Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar, ou DMAIC. Como outros métodos de melhoria, o DMAIC baseia-se no ciclo original PDCA, porém, os autores utilizam o DMAIC para aplicá-lo na melhoria de processos, projetos ou reprojotos.

Para Minetto (2018), as semelhanças entre essas duas ferramentas se estendem por seus passos também, pois ambas possuem as fases de planejamento, execução e controle. A semelhança pode ser confirmada apela tabela 3 abaixo:

Tabela 3 – Semelhanças entre PDCA e DMAIC

PDCA		DMAIC	
P	Planejar	D	Definir
		M	Medir
		A	Analisar
D	Executar/Fazer	I	Melhorar
C	Verificar	C	Controlar
A	Agir		

Fonte: Minetto (2018)

Rotondaro (2008) diz que o método está centrado na identificação dos problemas base para a seleção dos projetos a serem executados, na coleta de dados de forma honesta, que leva a conhecer o desempenho do processo atual, na determinação das causas dos problemas, que leva à análise das causas, na formulação de ações de melhoria, que leva à melhoria o processo, na consolidação e manutenção das melhorias conseguidas, que leva a manter o processo sob controle.

2.3.2. Fases do projeto

Rotondaro (2008) mostra quais são as principais atividades de cada passo da metodologia e quais são as ferramentas mais utilizadas em cada fase, e Minetto (2018) explica sobre cada passo do DMAIC e o que cada um deles significa.

2.3.2.1. Definir – Seleção dos projetos

Minetto (2018) diz que o primeiro passo é definir as oportunidades, escopo, objetivos e participantes. De maneira geral, nesse passo é definido o que será feito e qual é o resultado esperado ao final da execução do ciclo.

Para Rotondaro (2008) a primeira etapa da metodologia consiste em definir claramente qual o efeito indesejável de um processo que deve ser eliminado ou

melhorado. É fundamental que haja uma relação clara com um requisito especificado do cliente e que o projeto seja economicamente vantajoso.

Os principais passos da primeira fase são:

1. Definir quais são os requisitos do cliente (voz do cliente) e traduzir essas necessidades em características críticas para a qualidade (CPQ). Essa etapa é fundamental para a metodologia, pois parte da visão do cliente, levando-a para dentro da organização.
2. Montar uma equipe preparada para aplicar as ferramentas Seis Sigma.
3. Desenhar os processos críticos procurando identificar os que tem relação com os CPQs do cliente e os que estão gerando resultados ruins, como reclamações de clientes, problemas funcionais, problemas trabalhistas, altos custos de mão de obra, baixa qualidade de suprimentos, erros de forma, ajuste das ações da companhia.
4. Realizar uma análise custo-benefício.
5. Escrever a proposta do projeto e submeter à aprovação da gerência da empresa.

As ferramentas para a primeira fase são:

- Dados internos da empresa, objetivo, dados financeiros, metas, entre outros.
- Dados do cliente.
- Análise custo-benefício.
- Priorização dos processos críticos do negócio.
- Desenho dos macroprocessos prioritários.
- QFD

2.3.2.2. Medir – Desempenho do processo atual

Minetto (2018) cita que o objetivo desse passo é coletar dados e informações para analisar e avaliar o cenário atual, preferencialmente de forma quantitativa e estatística, para assim estabelecer baselines para as melhorias pretendidas e, ao final

do ciclo, você conseguir comparar o cenário atual com o resultado obtido e assim verificar se as melhorias implantadas foram satisfatórias.

Para Rotondaro (2008) a metodologia Seis Sigma trabalha com os fatos e dados. Nesta etapa o processo em estudo é desenhado e são medidas as variáveis principais. É necessário desenhar o processo e os subprocessos envolvidos com o projeto, definindo as entradas e saídas, estabelecendo as relações $Y=f(X)$. Também é necessário analisar o sistema de medição de modo a ajustá-lo às necessidades do processo, coletando os dados por meio de um sistema que produza amostras representativas e aleatórias.

As ferramentas da segunda fase são:

- Estatística base.
- Análise do sistema de medição.
- Cálculo de capacidade do processo.
- Ferramentas estatísticas básicas.
- Diagrama de Ishikawa
- Pareto
- Matriz de Causa e Efeito.

2.3.2.3. Analisar – Analisar as causas

Segundo Rotondaro (2008) a análise dos dados coletados é feita utilizando-se de ferramentas da qualidade e ferramentas estatísticas. As causas óbvias e não óbvias que influem no resultado do processo devem ser determinadas. Nessa etapa, é definido a capacidade Seis Sigma do processo atual e estabelecido os objetivos de melhoria dos processos.

Minetto (2018) diz que a etapa de análise é focada em identificar a causa raiz do problema. Geralmente ao analisar um processo, possíveis causas raízes são identificadas, mas a chave para o sucesso desse passo é priorizar e validar a causa raiz do problema a ser tratado. Como resultado desse passo, espera-se que oportunidades de melhorias sejam criadas.

As ferramentas da terceira fase são:

- FMEA.
- Teste de hipóteses.
- Análise de variância.
- Testes não paramétricos.
- Correlação e regressão simples.
- Testes qui-quadrado.

2.3.2.4. Melhorar – Melhorando o processo

Rotondaro (2008) diz que essa é a fase em que a equipe deve fazer as melhorias no processo existente. Os dados estatísticos devem ser traduzidos em dados o processo e a equipe deve modificar tecnicamente os elementos do processo atuando sobre as causas raízes. É nessa fase também que as melhorias se materializam no processo, onde a equipe interage com as pessoas que executam as atividades, sendo, portanto, uma fase crítica.

Segundo Minetto (2018) essa fase serve para tratar as oportunidades de melhorias identificadas no passo anterior. Deve-se identificar as possíveis soluções para corrigir e evitar a causa raiz do problema, em seguida, é recomendado testar para descobrir se a solução proposta é efetiva, caso não seja, ela deve ser repensada e replanejada; se o resultado do teste for promissor, a ação deve ser implementada. Entretanto, pode ser que nessa etapa você encontre várias soluções, não necessariamente todas precisam ser testadas e implementadas, muitas delas podem ser apenas identificadas e registradas para futuramente serem utilizadas

As ferramentas da quarta fase são:

- Planos de ação
- Manufatura enxuta.
- Cálculo da nova capacidade do processo.
- DOE – Delineamento de Experimentos.

2.3.2.5. Controlar – Mantendo o processo sob controle

Rotondaro (2008) menciona que nessa fase deve ser estabelecido e validado um sistema de medição e controle para medir continuamente o processo, de modo a garantir que a capacidade do processo seja mantida. O monitoramento dos Xs críticos é fundamental não só para manter a capacidade do processo estabelecida, mas também para indicar melhorias futuras.

Já para Minetto (2018) o foco desse passo é controlar as ações do plano de ação para que ele não se perca. Para isso, é fundamental que definir critérios de controle como, por exemplo, checklists, metas e estatísticas para servir como fonte de informação para o monitoramento da implementação das ações. Deve-se verificar o desempenho do plano de ação para garantir que os resultados pretendidos sejam alcançados e conseqüentemente, conseguir responder ao final desse passo se as ações de melhorias implementadas foram ou não eficazes. A ideia a ser fomentada nesse final de ciclo é buscar a melhoria contínua.

As ferramentas da quinta fase são:

- Elaboração dos novos procedimentos.
- Gráfico de controle por variáveis e atributos.
- CEP para pequenos lotes.
- Padronização dos procedimentos.

2.4. Pós-Vendas

2.4.1. Objetivo

Chauvel e Goulart (2007) definem satisfação como o resultado de um processo de avaliação, que envolve uma comparação efetuada pelo consumidor entre o resultado de uma transação ou negociação e uma referência anteriormente existente (as expectativas do cliente). Quando o resultado iguala ou supera o que o cliente espera, ocorre a satisfação, ou até mesmo o encantamento. Quando, inversamente, o resultado é inferior ao esperado, surge a insatisfação.

Inglis (2002) diz que empresas líderes alinham seus processos internos em torno das expectativas e da satisfação do consumidor. Elas criam um ambiente voltado para a lealdade e a retenção de clientes. Focam-se em ser as melhores em satisfação dos clientes, e, finalmente, desenvolvem parâmetros de negócios com base em relacionamentos e lucratividade de longo prazo, em vez de focalizar transações isoladas.

Os autores Giacobbo, Estrada e Ceretta (2003) mencionam que a satisfação do cliente está relacionada com a qualidade e níveis de serviços logísticos oferecidos. A meta da empresa é prover serviços que satisfaçam os clientes com maior efetividade e eficiência que seus concorrentes. O serviço logístico oferecido pode ser um dos instrumentos promocionais da mesma forma como são oferecidos os descontos de preços, a propaganda, as vendas personalizadas ou os termos de vendas favoráveis. Transporte especial, processamento de pedidos mais ágeis, tempo de entrega reduzido, embalagem padronizada, entre outros, afetam diretamente a venda, tornando a empresa mais competitiva, pois estão agregando valor ao serviço oferecido.

Giacobbo, Estrada e Ceretta (2003) apontam que para a avaliação do serviço e da satisfação dos clientes pode-se utilizar alguns critérios como a flexibilidade da empresa em atender as particularidades de cada cliente; o tempo de atendimento da empresa frente às solicitações de informações sobre seu pedido; mensurar, além do serviço a ser oferecido ao cliente, também, como o cliente está recebendo estes serviços. Neste ponto, é importante comparar o serviço oferecido pela empresa em relação aos serviços oferecidos pelos concorrentes e a percepção dos clientes em relação a ambos, procurando, assim, desenvolver um melhor planejamento dos serviços.

2.4.2. Motivação

Chauvel e Goulart (2007) dizem que a partir da década de 1990, os SAC (Serviços de Atendimento ao Consumidor) se multiplicaram no Brasil, se tornando quase que uma exigência nas empresas que lidam com o consumidor final. Esse movimento foi voltado visando dois temas: a satisfação do consumidor com o gerenciamento das reclamações e a atuação do SAC dentro das organizações. Por permitir que os consumidores entrem em contato com a empresa por sua própria iniciativa e para falar do que os interessa ou preocupa, os SACs são um instrumento potencialmente valioso para auxiliar na tarefa de oferecer um valor superior ao da concorrência e de integrar o cliente à empresa, como forma de criar e manter uma relação entre a empresa e o cliente. Eles podem ajudar a compreender e monitorar o que significa “valor” para os clientes: quais são os benefícios que eles esperam e em quais foram eventualmente decepcionados; quais são os custos com que eles se dispõem a arcar para adquirir o produto e usufruí-lo; como eles percebem e avaliam a relação entre o que deram e o que receberam na transação realizada com a empresa.



Figura 12 – SAC

Fonte: CQCS

Serviços de pós-venda podem garantir receita mais estável que a venda de produtos primários, mais incerta, podem trazer retorno de informação de desempenho e contribuir para a fidelização de clientes. Tais serviços têm potencial de crescimento pouco explorado e podem permitir a construção de vantagem competitiva por diferenciação e criação de valor para o cliente.

Para Borchardt, Sellitto e Pereira (2008), uma empresa que produz bens manufaturados é considerada de base tecnológica se produzir bens de capital e se o nível tecnológico presente for decisivo para o resultado do cliente final. São exemplos: equipamentos eletrônicos para uso industrial e em comunicações, máquinas operatrizes, veículos especiais fora de estrada e sistemas de condicionamento de ambiente.

Giacobo, Estrada e Cerreta (2003) definem o serviço ao cliente como sendo o processo utilizado pela empresa para acrescentar valor ao produto ou serviço. Este valor agregado pode ser com objetivos de curto prazo como, por exemplo, em uma única transação comercial, ou de longo prazo como, por exemplo, contratos comerciais. Com isto, busca-se prover benefícios ao cliente e, ao mesmo tempo, efetivar um retorno financeiro consistente para a empresa. Ainda destacam que o serviço ao cliente deve ser oferecido de forma equilibrada, buscando atender suas necessidades e expectativas. O atendimento ao consumidor pode ser, para muitas empresas, o melhor método de ganhar vantagem competitiva.

Para Abreu (1996), tradicionalmente, o marketing vinha negligenciando os serviços pós-venda. Sua preocupação sempre eram as atividades que antecedem a venda de um produto, e com a venda propriamente dita. De alguns anos pra cá, essa mentalidade vem sendo alterada, focando principalmente no marketing de relacionamento, visando serviços que podem ser oferecidos ao consumidor depois de efetuada a compra.

2.4.3. Estratégia

Inglis (2002) cita que algumas empresas conseguiram fazer com que o serviço pós-venda passasse de um centro de custo a uma vantagem competitiva. Cada vez mais o serviço pós-venda é reconhecido como parte integrante na cadeia de valor, ou seja, ele cria valor econômico, uma vez que representa a melhor oportunidade de maior margem de lucro. Também mostra ser um excepcional mecanismo para reunir informações sobre os clientes e acompanhar o desempenho dos produtos. E, quando ajustado apropriadamente, serve de plataforma sobre a qual as empresas podem alimentar fortes e crescentes relacionamentos com seus clientes. Empresas que também superam as expectativas em suas atividades de pós-venda conseguem aumentar a lealdade dos clientes e sua retenção de longo prazo, um benefício significativo, uma vez que o custo de conquistar um novo cliente é estimado em três a seis vezes o custo de manter um cliente. Apesar desse custo, muitas companhias perdem mais da metade de seus clientes a cada cinco anos. Pelo fato de os serviços serem menos suscetíveis à comoditização, eles oferecem às empresas a oportunidade de estancar a deserção dos clientes e promover a extensão da marca.

Inglis (2002) ainda cita que para formular uma estratégia de serviço correta, toda empresa deve tomar quatro providências principais:

- Segmentar o mercado de acordo com as qualidades que são importantes para atuais e potenciais consumidores.
- Comparar sua oferta e sua capacidade de serviços com as de seus concorrentes.
- Entender o poder e as limitações dos vários canais disponíveis para o marketing.
- Desenvolver um sistema de precificação de serviços que leve em conta tanto as estratégias baseadas em produtos como a economia do ciclo de vida.

Inglis (2002) também menciona que para a execução eficaz dessa estratégia implica as seguintes ações-chave:

- Gerenciar os contatos com os clientes para aumentar a eficácia e a eficiência.
- Estruturar a organização para esta ser mais voltada para o cliente.
- Gerenciar a força de trabalho para atender à demanda de modo confiável e eficaz.
- Construir a competência de seu pessoal
- Gerenciar o desempenho para equilibrar custos, qualidade e atendimento.

Inglis (2002) diz que as empresas encaram o serviço pós-vendas do ponto de vista estratégico e lhes conferem atenção e o investimento necessários. No entanto, o maior desafio é a capacidade de fornecer ao consumidor os resultados prometidos. Em primeiro lugar, as empresas precisam criar uma estratégia de serviços voltada para o cliente que gere receitas e lucros significativos e crescentes. Em seguida, elas têm de executar essa estratégia de forma a ampliar significativamente a eficiência e aumentar a retenção de clientes a longo prazo. A figura 13 abaixo ilustra as estratégias e a execução do serviço por meio de perguntas críticas da ótica do negócio.

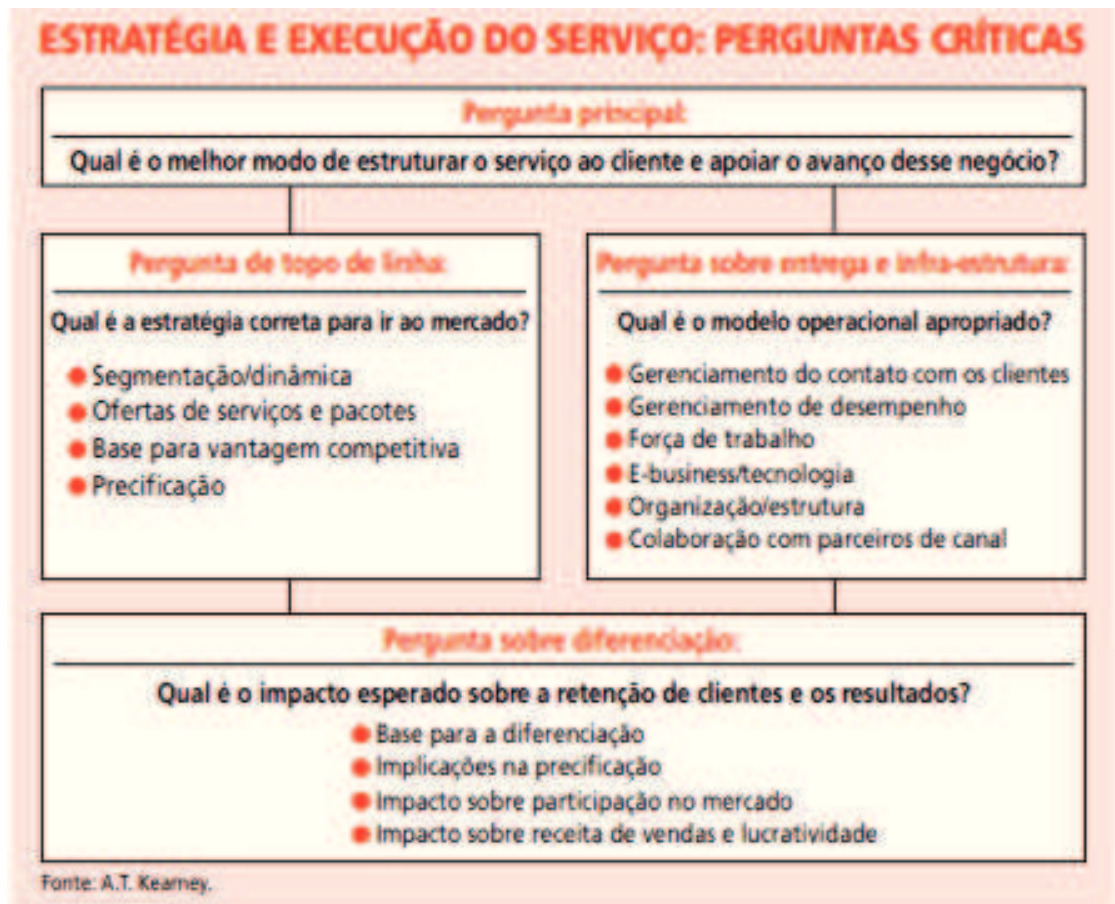


Figura 13 – Estratégia e Execução do serviço

Fonte: INGLIS (2002)

Inglis (2002) relata quatro estágios, conforme figura 14, de excelência para o cliente e suporte, que são tão relevantes para as empresas:

1. No primeiro estágio, a empresa se concentra em conter custos e em lidar com solicitações de serviços de rotina.
2. No segundo estágio, a empresa se volta para fornecer um bom serviço aos clientes e começa a incorporar o feedback destes.
3. No terceiro estágio, a empresa coloca seu foco em melhorar os relacionamentos com os clientes e em integrar e distribuir as informações sobre eles.
4. No quarto estágio, os processos internos estão alinhados em torno da satisfação do cliente, o ambiente está voltado para a lealdade e a retenção, o foco principal é ser o melhor em satisfação do cliente e a

mensuração do negócio se concentra em relacionamentos e lucratividade de longo prazo em vez de em transações isoladas.

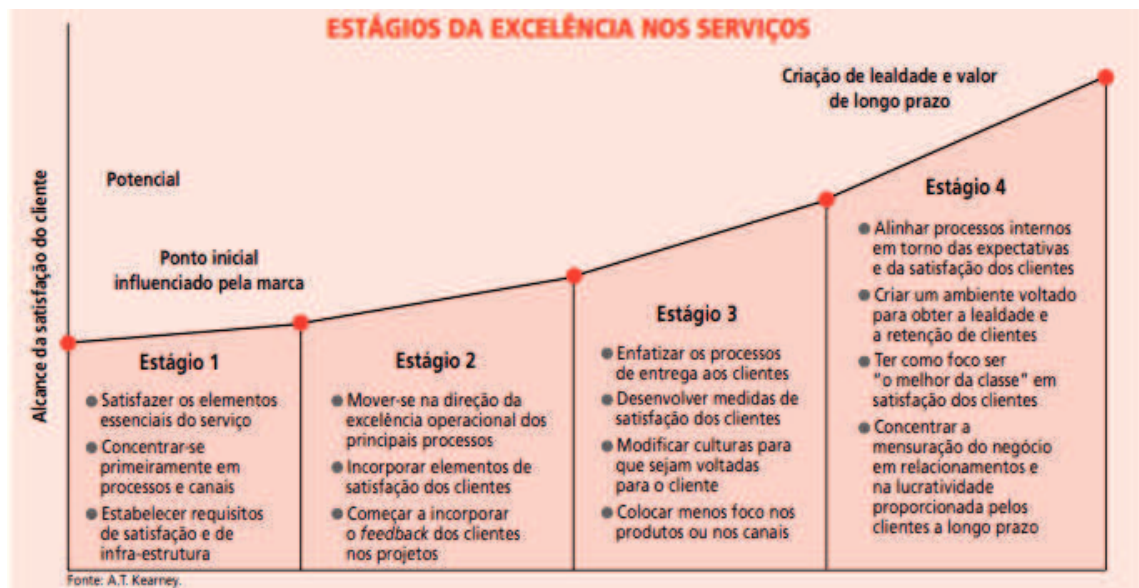


Figura 14 – Estágios de excelência nos serviços

Fonte: INGLIS (2002)

Abreu (1996) diz que os empresários parecem não perceber que os serviços constituem o grande diferencial de um negócio. O consumidor não tem uma clara distinção entre produto e empresa. Os serviços são lembrados e comentados, sejam eles bons ou ruins, e as imagens positivas de confiança, familiaridade e bons serviços ainda determinam a preferência do consumidor. Algumas empresas já têm programas formais destinados a realçar as relações com seus clientes, que podem se caracterizar por seu caráter passivo ou ativo. Quando a empresa participa ativamente, ela se antecede ao cliente para saber o nível de satisfação com o produto ou serviço adquirido. Nesse caso, a empresa costuma ter um padrão mais eficaz de serviço pós-venda. Já as que atuam de forma passiva, ficam esperando as chamadas dos clientes. Nessa situação, a empresa corre o risco de cometer mais erros, e o cliente, de ser mal atendido. Vender é manter um relacionamento. Um cliente satisfeito gera muitos outros, da mesma forma, um cliente insatisfeito tira da empresa clientes potenciais e, em alguns casos, já efetivos. Portanto, deve-se aumentar os esforços de marketing para os clientes existentes. Eles demonstram alto grau de lealdade quando compram pela segunda vez, por nenhuma outra razão maior de familiaridade e prazer. O

Abreu (1996) ainda cita uma analogia entre relacionamento entre empresa e consumidor com um relacionamento de um casal. A venda consuma o namoro; depois, começa o casamento. O quanto o casamento tem de bom depende do quão bem o relacionamento é administrado pelo vendedor. Isso determina se haverá negócios continuados e se serão expandidos, ou haverá problemas e divórcio. Em outras palavras, aumentam-se os custos ou os lucros. Em alguns casos o divórcio é impossível; por exemplo quando uma grande obra de construção ou instalação está em andamento, restando um casamento cheio de encargos e caro, que macula a reputação do vendedor. As empresas podem evitar problemas e realçar sua posição reconhecendo, logo de início, a necessidade de administrar seu relacionamento com os clientes. Para o vendedor, a venda é o fim de um processo; para o comprador, é o início. Essa visão exige do futuro comprador, nova orientação e nova estratégia.

Giacobo, Estrada e Ceretta (2003) destacam que a preocupação em oportunizar um bom atendimento aos clientes, buscando a retenção dos mesmos, tem influenciado as empresas na tarefa de identificar e quantificar fatores importantes e necessários para a elaboração de políticas de serviços a serem oferecidas aos seus clientes tais como:

- Prazo de execução e confiabilidade dos serviços;
- Tempo de processamento do pedido;
- Disponibilidade de pessoal e equipamentos para um melhor atendimento;
- Ferramentas para facilitar e agilizar o processo de resolução de erros e falhas do sistema;
- Ferramentas que possibilitem agilidade no rastreamento de cargas em processamento ou em trânsito;
- Estrutura tarifária fácil de entender e simples de aplicar;
- Entre outros.

Abreu (1996) relata que a estratégia de serviços pode ser considerada a essência de uma estratégia de diferenciação de produtos. Mas para ser bem-sucedida é preciso que ela esteja incluída na cultura da organização. Por isso é que a demanda de produtos de treinamento e informações sobre a gestão de serviços está se

expandindo rapidamente. Abreu (1996) ainda diz que o treinamento contínuo é importante para proporcionar a cultura e as habilidades necessárias para que todos os esforços da organização sejam focados no consumidor. Os funcionários devem aprender porque é importante mudar e reconhecer a excelência dos serviços. O treinamento precisa ocorrer em todos os níveis e para todas as funções da empresa, provendo um conhecimento detalhado.

2.4.4. Importância

Chauvel e Goulart (2007) mencionam para atentar para o que apontam os estudos realizados no Brasil sobre o comportamento dos consumidores e as experiências dos SACs em atividade no país.

Abaixo, os autores Giacobbo, Estrada e Ceretta (2003) destacam uma tabela ilustrada pela figura 15 com os principais motivos geradores de devoluções dos produtos.

Motivo	Percentual
Insatisfação do cliente	32,16
Produto defeituoso	26,05
Pedido incorreto	10,44
Produto na garantia	8,27
Produto danificado	7,10
Produto não vendido	1,35
Produto para recondicionar	0,80
Produto para reciclar	0,67
Renovação de produto	0,64
Outros	8,50

Figura 15 – Principais motivos geradores de devoluções

Fonte: GIACOBBO, ESTRADA e CERETTA (2003)

As autoras Chauvel e Goulart (2007) dizem que os Serviços de Atendimento ao Consumidor têm a capacidade de proporcionar às empresas as seguintes vantagens:

- Imagem: oferecem explicitamente ao cliente um serviço adicional, o que contribui para diferenciar a oferta, transmitem a ideia de que a empresa está interessada em ouvir e atender aos seus clientes e proporcionar-lhes maior segurança. Em uma pesquisa qualitativa realizada no Rio de Janeiro, foram analisados os depoimentos de vários consumidores que expressaram a opinião de que as empresas, de modo geral, atendem bem ao cliente até o momento da venda, mas mudam radicalmente de

comportamento depois dela, passando a desprezar suas demandas. Nesse sentido, os SACs ainda podem ser, apesar de sua multiplicação, um instrumento de diferenciação.

- Retenção de clientes: o SAC permite que clientes insatisfeitos ou decepcionados se comuniquem com a empresa, o que pode contribuir para reduzir as chamadas “saídas silenciosas” e minimizar a ocorrência de outras ações potencialmente desgastantes para a empresa, tais como processos judiciais, recurso à imprensa e “boca a boca” negativo. Conquistar um cliente novo custa caro e os clientes antigos tendem a gerar um volume de negócios e lucros maior do que os novos. Além disso, vários estudos mostram que a resolução satisfatória de um episódio de insatisfação tende a gerar confiança e comprometimento dos clientes com a empresa, além de uma divulgação boca a boca positiva que pode até ultrapassar a que ocorre nos casos de compra satisfatória.
- Relacionamento com os clientes: além de evitar a evasão de clientes, os SACs podem, também, ser utilizados para estreitar o relacionamento com os consumidores. A partir dos bancos de dados constituídos com base nas manifestações de seus clientes, várias empresas desenvolveram programas de relacionamento de grande sucesso. Foi verificado em um estudo que a construção de sólidos laços de relacionamento com os clientes tinha impactos favoráveis sobre sua lealdade e tolerância a erros cometidos na prestação de um serviço e que a percepção da gravidade desses erros tendia a ser minimizada em condições de relacionamento de serviço verdadeiro, em que houvesse recuperação da falha de serviço.
- Captação de informações e tendências: A abertura de um canal de comunicação permite, se não eliminar a evasão de clientes, pelo menos captar suas intenções e opiniões. A perda de clientes é a unidade de erro que contém toda a informação que uma empresa precisa para competir, lutar e crescer. As reclamações dos clientes proporcionam um mecanismo de feedback que pode ajudar as empresas a mudar rapidamente e a baixos custos seus produtos, o tipo de serviço e/ou seu foco para atender melhor às necessidades dos clientes, auxiliando-as a manter sua participação de

mercado. Em muitos casos, a informação que uma empresa obtém por meio das reclamações é impossível de ser obtida por qualquer outra forma.

2.5. Aparelho Celular

2.5.1. História

Cury e Capobianco (2011) descreve uma linha cronológica iniciada pelo escocês Alexander Graham Bell. Durante muitos anos, o cientista dedicou-se a pesquisar a transmissão de sons por meio de eletricidade e desenvolveu vários aparatos técnicos, entre os quais, o telefone patenteado em 1876. As operações de comunicação a longa distância tiveram início em 1885, com a fundação da Companhia de Telefonia e Telégrafos. A produção e distribuição de energia, em 1879, devem-se ao cientista e inventor americano Thomas Alva Edison. Guglielmo Marconi interessou-se pela transmissão de sinais sem fio e, em 1895, obteve os primeiros resultados de suas pesquisas. Em 1932, demonstrou o primeiro link terrestre de telefonia em ondas curtas; dois anos depois apresentou o mesmo sistema adaptado para navegação marítima e em 1935 apresentou os princípios do radar.

Renato (2019) cita que desde que foi criado em 1973 por Martin Cooper, o celular tem evoluído gradativamente até os dias de hoje, sendo ele um dos itens essenciais para as atividades cotidianas. Martin Cooper apresentou ao mundo o primeiro celular, o Motorola DynaTAC, em 3 de abril de 1974 (cerca de um ano após a sua criação). De pé, perto do hotel New York Hilton, ele fixou uma estação base no outro lado da rua. O feito funcionou, mas apenas quase uma década depois o telefone particular finalmente chegou a público, quando a Motorola liberou o aparelho DynaTAC 8000x.

2.5.2. Evolução dos aparelhos

2.5.2.1. 1983 - O primeiro telefone móvel

Lançado em 1983, protagonizou uma chamada telefônica histórica a partir de um carro para o neto de Alexander Graham Bell, produzido pela Motorola, o DynaTAC 8000x (figura 16) era um equipamento grande que pesava quase 800 gramas e tinha 33 centímetros de altura. Embora a tela fosse de LED, só era exibida uma linha de texto.



Figura 16 - Motorola DynaTAC 8000x

Fonte: MOREIRA (2019)

Foi o primeiro telefone móvel de uso comercial da história. Custava cerca de US\$ 4.000,00. Marcou um ponto de ruptura no setor de telefonia. Sua bateria tinha autonomia de até 60 minutos, e levava 10 horas para ser carregada. Mesmo assim, vendeu 300 mil unidades. Era capaz de gravar apenas 30 números de telefones

2.5.2.2. 1989 – Flip

A Motorola lança no mercado o MicroTAC (figura 17), primeiro modelo de celular flip. Na época, o aparelho custava mais de 3.000 dólares.



Figura 17 – MicroTAC 9800X

Fonte: VEJA (2019)

O MicroTAC 9800X trazia um design inovador com a frente de flip, que consistia em uma tampa que abre e fecha sobre o teclado. Ele foi lançado com a proposta de ser um “telefone de bolso”, para ser carregado para os lugares de um jeito mais prático que o anterior.

2.5.2.3. 1994 – Primeiro Smartphone

Considerado o primeiro smartphone do mundo, por ter mais funcionalidades que os demais celulares, o IBM Simon (figura 18) passou a ser comercializado em agosto de 1994. Ele contava com uma tecnologia muito comum hoje, mas inovadora para a época: tela sensível ao toque (touchscreen), lista de contatos, calendário, agenda, calculadora, relógio, bloco de notas (digital e escrito) e até teclado virtual para caneta Stylus. Ele ainda recebia e enviava faxes e, claro, chamadas telefônicas.



Figura 18 – IBM Simon

Fonte: KLEINA (2019)

O aparelho também era bastante limitado. A bateria do Simon resistia a apenas 60 minutos de chamada e a tela estreita demais dificultava a leitura de algumas mensagens. Apenas 5 mil unidades foram vendidas, custando cerca de US\$700,00

2.5.2.4. 1996 – Acesso à internet

O Nokia 9000 Communicator (figura 19) foi o primeiro celular comercializado a acessar a internet. Entretanto, apenas duas operadoras da Finlândia viabilizavam essa conexão. Visualmente, ele dava a ideia de um celular comum, mas tratava-se de um modelo flip com teclado QWERTY (uma das maiores sensações por muitos anos na telefonia móvel) tela larga na horizontal e botões extras para ajudar na navegação.

Entretanto, a dificuldade de acesso e custo fez com que a conectividade fosse deixada de lado.



Figura 19 – Nokia 9000 Communicator

Fonte: PLAZA (2019)

O Nokia 9000 Communicator além de texto lidava com gráficos, conexão com computadores via infravermelho, calculadora, agenda e bloco de notas. Esse modelo claramente era voltado para o setor corporativo, com objetivo de facilitar a vida de um empresário por exemplo, que poderia ter a sua vida facilitada com uma reunião de funções distintas no mesmo aparelho.

O smartphone da Nokia tinha 8 MB de capacidade total de memória, dividida entre o sistema, aplicações, para lidar com os programas em execução e o armazenamento. O processador era o Intel i386 rodando a 24 MHz e a tela LCD com resolução de 640×200 pixels e peso de 397 gramas.

2.5.2.5. 1998 – LED Colorido

O Siemens S10 (figura 20) foi o modelo lançado pela Siemens que revolucionou os celulares, trazendo diferentes cores para a tela. Embora fossem apenas quatro (azul, branco, verde e vermelho), essa tecnologia foi vista como uma grande inovação. Dois anos depois, a Nokia lançou o 9210, com um LCD de 4.096 cores.



Figura 20 – Siemens S10

Fonte: MICROLINS (2019)

2.5.2.6. 2000 – Câmera

Em 11 de junho de 1997, Philippe Khan decidiu que iria registrar a primeira foto da filha ainda no hospital e enviar o retrato de lá para amigos e familiares. Por isso, quando a esposa entrou em trabalho de parto, ele começou a bolar uma ideia inédita para a época. Em poucas horas, Khan juntou o celular Motorola StarTAC com a pioneira câmera digital Casio QV-10. Ele então pegou um laptop da Toshiba e conectou ele ao sistema de speakers do StarTAC que havia em seu carro. Quatro dispositivos diferentes conectados. O sucesso da foto compartilhada quase instantaneamente com mais de mil contatos, levou Khan a buscar a criação de um telefone celular com câmera. Ele logo percebeu que era possível criar um hardware com um sensor próprio e um chip de controle para fazer as fotografias. O rapaz levou a ideia para empresas como Kodak e Polaroid, mas foi rejeitado. No Japão, a Sharp topou uma parceria com a LightSurf, que pertencia ao próprio Khan, e nasceu em novembro de 2000 o J-SH04 (figura 21).



Figura 21 – J-SH04

Fonte: KLEINA (2019)

O J-SH04 da Sharp chegou às lojas em 2001 trazendo consigo uma função da câmera fotográfica.

Ele permitia tirar fotos de 0,1 megapixel e enviá-las para outras pessoas diretamente do aparelho. Ele foi lançado somente no país asiático pela J-Phone e foi o primeiro com uma câmera embutida por lá.

2.5.2.7. 2007 – Apple

Durante um evento da Apple, em janeiro de 2007, as pessoas conheceram o aparelho que revolucionou o mercado de dispositivos móveis: o iPhone 2G. Steve Jobs apresentava ao mundo o aparelho que ajudou a definir o mercado dos smartphones. Poucos meses depois do lançamento, mais de 1 milhão de unidades já tinham sido vendidas.



Figura 22 – iPhone

Fonte: TUDOCELULAR (2019)

O iPhone 2G (figura 22) trouxe ao mercado um grande diferencial. O que Jobs fez foi tornar tecnologia dos smartphones algo palatável para o grande público, tornando o smartphone algo intuitivo e fácil de ser utilizado. Era a perfeita sincronia entre o homem e a máquina, tornando o manuseio do aparelho algo muito natural. Ele contava com a primeira versão do sistema operacional iOS, desenvolvido especificamente para o produto. Com ele, surgiram também os aplicativos, inicialmente vindos apenas de fábrica, e depois comprados pela loja virtual, a App Store.

2.5.2.8. 2008 – Android

Foi apresentado em 23 de setembro de 2009 o G1 (figura 23), primeiro celular a usar o software Android, desenvolvido pelo Google. O aparelho chegou às lojas dos EUA em 22 de outubro por US\$ 179.

Em 2008, o T-Mobile G1 trazia o sistema operacional desenvolvido pela Google, chamado de Android, que iria competir, posteriormente, com o sistema iOS da Apple. Ele trouxe consigo o Android Market, a loja de aplicativos da marca conhecida hoje como Google Play. No ano seguinte, a terceira versão foi lançada e

deu início ao hábito da marca de batizar o sistema com apelidos relacionados a sobremesas. O primeiro foi denominado Cupcake.



Figura 23 – T-Mobile G1

Fonte: G1 (2019)

Inicialmente, o G1 foi oferecido exclusivamente com a T-Mobile, mas o Google convidou todas as operadoras a comercializar telefones que funcionem com o Android, cujo código é aberto, gratuito e permite às companhias telefônicas economizar em licenças de software.

2.5.2.9. 2011 – Assistentes pessoais

Em 2011, a Siri, primeiro assistente pessoal de voz, marcou a evolução no relacionamento entre as pessoas e a tecnologia. Criada para controlar o smartphone apenas com a fala, esses serviços ganharam uma função extra: a de amiga virtual para o usuário.

A Siri pode fazer ligações ou enviar mensagens se estiver dirigindo, com as mãos ocupadas ou sem tempo para digitar. Ela também oferece sugestões proativas, como enviar seu tempo estimado de chegada para um amigo.

Atualmente, além dos usuários de iOS, que contam com a Siri, os de Android também podem dar os comandos de voz para o Google Assistente.

2.5.3. Sistema Celular

Gutierrez e Crosseti (2003) dizem que o sistema celular foi uma tentativa de aperfeiçoamento dos sistemas móveis veiculares existentes e que apresentavam diversos problemas de operação, como áreas de cobertura muito extensas e escassez de canais. O sistema celular opera como os sistemas fixos, sendo a única diferença o acesso à rede pública de telefonia que se dá via ondas de rádio. A técnica celular é definida como o processo de divisão de uma grande área geográfica em áreas menores, denominadas células, em que cada célula possui uma estação de rádio base com uma distribuição limitada de canais. O canal de rádio em uma célula é um caminho de transmissão bidirecional entre a estação de rádio base e o terminal móvel. Esse canal utiliza duas faixas distintas de frequências, uma para cada sentido. Quando há um número excessivo de assinantes em relação aos canais de comunicação, há o bloqueio de chamadas e os usuários não conseguem se comunicar.

Para Cruz (2005) a ideia básica de um sistema celular é a divisão de uma área de cobertura em células. Cada célula é atendida por uma estação rádio base que através de transceptores com potências de transmissão menores, antenas pouco elevadas e com técnicas de reuso de frequência, permite a comunicação com as estações móveis dentro ou fora da própria célula.

2.5.4. Funcionamento

Os autores Gutierrez e Crossetti (2003) ainda relatam que o sistema de Telefonia Móvel Celular é composto de Centrais de Comutação e Controle (CCC), Estações Rádio Base (ERB) e terminais móveis, ilustrando a comunicação pela figura 24 abaxio:

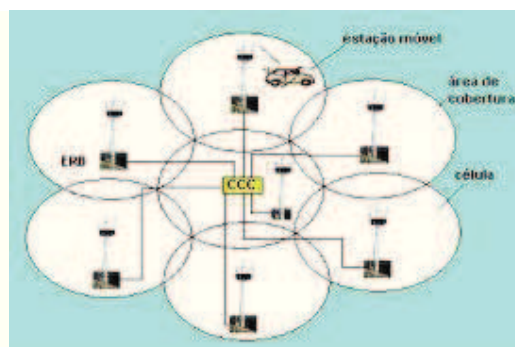


Figura 24 – Estrutura básica do Sistema Móvel Celular

Fonte: CRUZ (2005)

- Terminal móvel (TM) ou Estação Móvel (EM)
 - Faz a interface entre o usuário e o sistema celular;
 - Responde a comandos enviados pelo sistema;
 - Informa o usuário sobre o estado do sistema;
 - Informa o sistema sobre tentativas de iniciação de chamadas.
- Estação Rádio Base (ERB)
 - Faz a interface entre o terminal móvel (TM) e o sistema;
 - Controla os TMs de sua área;
 - Verifica e reporta a qualidade do sinal das chamadas sobre seu controle;
 - Responde a comandos da CCC.
- Central de Comutação e Controle (CCC)
 - Gerencia todas as ERBs e TMs que estão configurados dentro de sua área de controle;
 - Faz a interface do sistema com a rede pública fixa;
 - Supervisiona o estado do sistema;
 - Comanda as ERBs do sistema;
 - Comuta as chamadas originadas/terminadas de e para o TM;
 - Comanda o hand-off (mudança de células pelo usuário).

Cruz (2005) diz que a arquitetura básica de um sistema celular, independente da tecnologia utilizada, composta por ERB, CCC e TM interligada com a rede pública forma um sistema completo de comunicação sem fio, possibilitando a comunicação entre telefones celulares e o terminal fixo convencional. A figura 25 ilustra abaixo a arquitetura superficial de uma rede de celular completa.

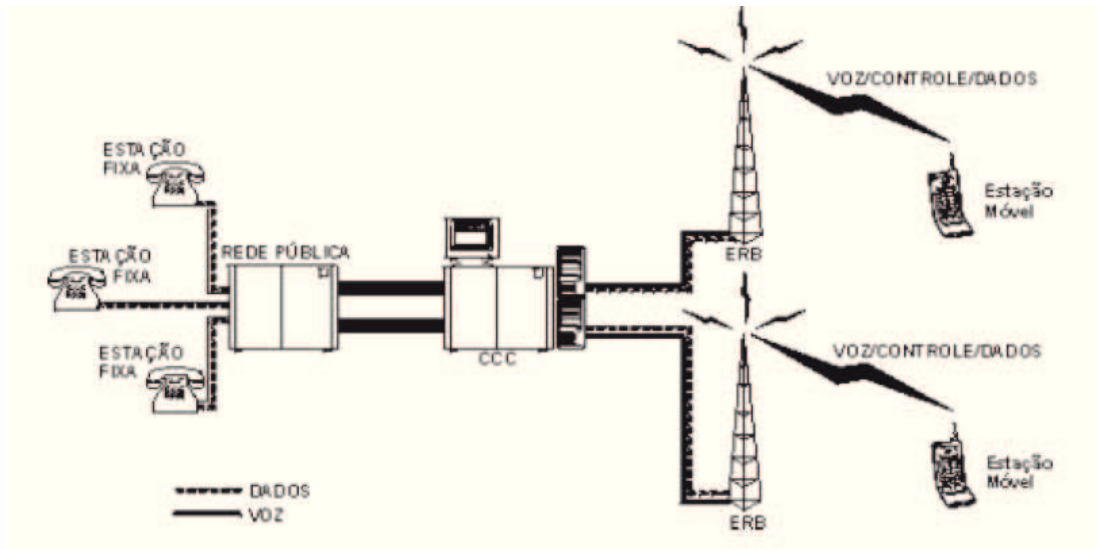


Figura 25 – Arquitetura completa de um sistema celular

Fonte: CRUZ (2005)

Os autores Gutierrez e Crossetti (2003) explicam que a comunicação entre o TM e a ERB é exercida por meio de dois canais. O primeiro é o canal de tráfego, pelo qual circulam voz, dados e sinalização. O segundo é o canal de controle, que é utilizado para o controle dos TMs, não sendo utilizado para conversação. Quando o TM não está em conversação ele está sintonizado no canal de controle. Com o aumento dos usuários de sistemas móveis, foram desenvolvidas técnicas com o objetivo de aumentar a eficiência na utilização do espectro de frequências. Essas técnicas são chamadas técnicas de múltiplo acesso e estão relacionadas à digitalização dos sistemas celulares. Elas são utilizadas em sistemas com muitos terminais, que devem compartilhar uma faixa comum de comunicação e estabelecer caminhos de conexão separados e simultâneos. São as seguintes as técnicas de múltiplo acesso utilizadas:

- FDMA (Frequency Division Multiple Access): um canal exclusivo é alocado ao TM durante todo o tempo da conexão, ou seja, esse canal não é compartilhado.
- TDMA (Acesso Múltiplo por Divisão de Tempo): os canais de comunicação são compartilhados simultaneamente por vários TMs durante o tempo de conexão.
- CDMA (Acesso Múltiplo por Divisão de Código): a informação é codificada e espalhada em uma faixa maior compartilhada simultaneamente por vários TMs.

2.5.5. Evolução das gerações

2.5.5.1. Primeira Geração (1G)

Os sistemas de primeira geração são os sistemas analógicos, ou seja, os sinais entre as ERBs e os TMs são analógicos. O padrão adotado nas Américas foi o AMPS (Advanced Mobile Phone System) (Gutierrez e Crosseti, 2003).

2.5.5.2. Segunda Geração (2G)

A partir da década de 1990, começaram a surgir os primeiros sistemas celulares digitais, os quais têm em comum as seguintes características:

- maior capacidade e melhores serviços;
- integração natural com a rede fixa digital;
- flexibilidade para transmissão de voz e dados (SMS – Short Message Service; WAP – Wireless Application Protocol);
- potência de transmissão reduzida;
- privacidade.

Os EUA utilizam os sistemas TDMA, CDMA e GSM na faixa de 1.900 MHz. Na Europa o GSM é utilizado nas faixas de 900 MHz e 1.800 Mhz. Já o Brasil utiliza o TDMA e o CDMA na faixa de 800 MHz – bandas A e B, e o GSM em 1.800 MHz. No TDMA, cada canal comporta três usuários. No GSM, que também utiliza a técnica TDMA, essa capacidade aumenta para oito usuários e no CDMA para vinte usuários. Esses sistemas nasceram digitais, permitindo, além da transmissão de voz, a transmissão de dados a taxas baixas, como 9,6 kbit/s do TDMA e 14,4 kbit/s no CDMA. A principal diferença entre a geração 2G e a sua evolução, 2,5G, é a velocidade de transmissão de cada padrão. Por exemplo, no CDMA puro a velocidade padrão é 14,4 kbit/s, velocidade suficiente para transmissão de voz, mas que inviabiliza a maioria dos aplicativos e novos serviços que utilizam a técnica de transmissão de dados por pacotes. A evolução para o 2,5G alcança a velocidade de transmissão de 144 kbit/s, o que permite maior velocidade em serviços como o SMS, o WAP e outros novos como as Redes Privativas Virtuais (VPN), aplicações de vídeo e áudio etc. Já o GSM, em sua evolução para o GPRS, com maior largura de faixa, promete chegar até 64 kbit/s, ampliando ainda mais a velocidade no caso do Edge. A evolução da rede celular está pautada na capacitação das redes em transmitir dados a velocidades mais altas,

ampliando o leque de serviços oferecido pelas operadoras. É importante observar a decisão de não evolução do padrão TDMA, ainda predominante no Brasil. (Gutierrez e Crosseti, 2003)

2.5.5.3. Terceira Geração (3G)

A terceira geração é caracterizada pela oferta de banda larga sem fio. Os serviços serão equiparados às redes fixas de banda larga, como os acessos à internet em alta velocidade e serviços multimídia em geral (entretenimento, comércio eletrônico, transações diversas etc.). Para acessar esses novos serviços, os sistemas de terceira geração deverão apresentar alta eficiência espectral, ou seja, utilizar técnicas que permitam a maior taxa de bits possível por faixa de frequência utilizada. Órgãos de padronização como o UIT e a UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) definiram a terceira geração com as seguintes taxas de transmissão:

- 64-144 kbit/s: outdoor urbano em movimento rápido;
- 384 kbit/s: outdoor urbano (movimento de pedestre);
- 2 Mbit/s: indoor e microcélulas outdoor (terminal parado).

Essas especificidades possibilitarão melhor aplicação de serviços como o Wi-Fi, que consiste na utilização de notebooks sem fio acessando a internet em altas velocidades, e dos demais serviços WAP, além daqueles que surgirão com as novas possibilidades tecnológicas. Na maior parte do mundo, inclusive no Brasil, a faixa de frequência reservada para o 3G é a de 1.900 Mhz, parcialmente ocupada nos EUA pela segunda geração. As redes instaladas no País já possuem ERBs preparadas para o GPRS e o Edge. É importante destacar que a tecnologia GSM, migrou para o 3G no padrão WCDMA, desenvolvido pela UMTS (Gutierrez e Crosseti, 2003).

Com uma velocidade de acesso maior à rede, aumento da capacidade da rede e melhor transmissão de dados, veio o HSPA que também é conhecido como o 3,5G. Para o seu funcionamento, não é necessário fazer modificações na rede central UMTS, apenas uma melhoria na infraestrutura para comportar o aumento no fluxo de dados, pois o que está sendo feito é basicamente uma melhora no acesso. Sendo o HSPA uma junção das melhorias de download chamada de HSDPA e de upload chamada de HSUPA, na qual ambas podem ser implementadas no canal de 5MHz usado pelo UMTS (GUEDES; VASCONCELOS, 2009).

2.5.5.4. Quarta Geração (4G)

Os autores Pires, Silva, Veiga e Rosa (2012) mencionam que o número de usuários de telefonia móvel tem aumentado muito nestes últimos anos e ao mesmo tempo foi crescendo a demanda dos usuários por tráfego de dados. Com o aumento da demanda do uso das redes móveis, fez-se necessário a evolução da tecnologia. O LTE é projetado para prover aos usuários uma maior taxa de dados.

Guedes e Vasconcelos (2019) dizem que o LTE tem a característica de ser compatível com as redes previamente estabelecidas. Tendo um sistema de tráfego de voz que é suportado principalmente através da tecnologia VoIP, a tecnologia LTE faz transição entre o uso da comutação de circuitos para a comutação de pacotes no tráfego de voz.

Pires, Silva, Veiga e Rosa (2012) também dizem que com a evolução da demanda de serviços de dados utilizados nas redes celulares uma outra tecnologia foi criada para suprir as necessidades dos usuários e oferecer suporte a novos serviços como TV e serviços de tempo real onde podemos citar a vídeo chamada.

Para atingir as taxas de pico (100 Mbps no downlink e 50 Mbps no uplink), o LTE tem características particulares que combinadas contribuem para o alto desempenho da rede LTE. Para a redução da interferência e consequente melhora na capacidade da rede LTE, o múltiplo acesso em downlink utiliza Orthogonal Frequency Division Multiple Access (OFDMA) e no uplink utiliza Single Carrier Frequency Division Multiple Access (SC-FDMA). As redes LTE permitem flexibilidade em seu espectro, a largura de banda de transmissão pode variar de 1,25 MHz a 20 MHz dependendo do espectro disponível e facilitando a migração dos sistemas legados para o LTE/SAE. Utilizando a largura de banda de 20 MHz e o sistema MIMO pode-se conseguir uma taxa de aproximadamente de 150 Mbps (Pires, Silva, Veiga e Rosa, 2012)

São requerimentos de uma rede LTE:

- Domínio de comutação por pacotes.
- Latência na rede de rede menor que 300ms
- Taxas de pico uplink/downlink de 50/100 Mbps.

2.5.5.5. Quinta Geração (5G)

No início de 2017, a indústria concordou com um plano para acelerar o cronograma de padronização 5G NR (New Ratio) em duas fases:

NSA – Non Standalone (não-autônomo): Neste modo a conexão é ainda feita utilizando o core 4G, mas portadoras do 5G NR são utilizadas para aumentar as taxas de dados e tirar proveito da latência reduzida.

SA – Standalone (autônomo): Irá permitir o 5G NR autônomo com o usuário e o plano de controle usando a rede central de próxima geração 5G.

O 5G NR (New Radio) possibilita um aumento significativo das taxas de dados devido a incorporação de novas tecnologias.

O objetivo da 5G é viabilizar as seguintes aplicações:

- IoT Massivo
- IoT (aplicações críticas)
- Acesso Banda Larga Wireless Fixo (1 Gbps)
- Aumentar a capacidade de forma a baixar o custo por bit da banda larga móvel.

Para atender estas aplicações a tecnologia 5G terá de possibilitar:

- Maior Velocidade: > 10Gbps
- Mais conexões: 1 milhão/km²
- Menor latência: 1 ms

Ela também terá de possibilitar a existência de redes virtuais (Network Slicing) de modo a oferecer características de desempenho e SLA diferentes para as várias aplicações.

5G utilizará a agregação de portadoras que permitirá a alocação dinâmica das frequências.

Além das frequências atuais em 700 MHz 800 MHz, 900 MHz, 1700/1800 MHz, 1900/2100 MHz e 2500 MHz, as seguintes faixas adicionais estão sendo consideradas:

- 3,5 GHz
- 28 GHz, 37 GHz e 39 GHz
- 64 - 71 GHz (não licenciada)
- 70/80 GHz

A utilização destas frequências para 5G será definida pelo ITU em 2019 (WRC 19).

3. Metodologia

As estratégias abordadas para a realização do trabalho foram baseadas nas fases do DMAIC, onde de início foi definido o problema a ser tratado, que no caso em questão é o alto índice de retorno dos aparelhos reparados. Após a definição do problema, foram realizadas medições a fim de determinar o índice e os possíveis agentes causadores do problema e baseado nas medições, se iniciou a fase de análise dos dados coletados previamente e também do cenário em questão. Mediante a análise dos dados, ações de melhorias puderam ser avaliadas e, mediante rejeições e aprovações, implementadas de modo que os índices fossem reduzidos mediante a essas ações de melhorias. Após a implementação das ações, os índices foram novamente medidos, a fim de verificar se as ações foram bem implementadas e também se é necessário desenvolver novas estratégias para melhoria.

3.1. Fase Definir

Na fase definir, foi definido e descrito de maneira clara o problema a ser tratado (redução do índice de retorno dentro de uma assistência autorizada), a fim de atingir uma meta, levando em consideração o escopo e objetivo. O projeto foi classificado, avaliado e levantado um histórico do problema em questão para definir quais seriam os dados de entrada para esse projeto e o estado atual. Deu-se ouvido a Voz do Cliente (VOC), Requisito do cliente (CTC), Custo pela Falta de Qualidade (COPQ). Todo o projeto foi mapeado, utilizando um fluxograma com o início até o fim processo, definindo quais seriam os pontos de atuação. Definiu-se uma equipe, de modo que cada participante tivesse uma responsabilidade, com possíveis restrições e indefinições a serem resolvidas futuramente. Um cronograma das ações foi gerado a fim de que houvesse um desenvolvimento e conclusão para que as metas fossem atingidas.

3.2. Fase Medir

Durante a fase medir, toda a coleta de dados foi planejada, de modo que se preparasse e testasse os sistemas de inspeção; após a coleta dos dados, os mesmos foram analisados a fim de identificar os problemas prioritários, ou críticos, e estudar suas variações. A partir de algumas das ferramentas da qualidade, como Diagrama de Causa e Efeito, Matriz de Causa e Efeito, Gráfico de Pareto e definição do DPMO no estado antes da implantação da melhoria, foi possível identificar quais eram esses

itens críticos, também chamados de variáveis de entrada críticas para o processo (X1, X2, X3 etc).

3.3. Fase Analisar

Os dados dos processos geradores dos problemas foram analisados nessa fase, identificou-se anteriormente as causas potenciais dos problemas e as organizamos de modo a tratar sempre o item mais crítico com uma prioridade maior.

3.4. Fase Implementar

Nessa fase do projeto, foram geradas ideias que resolvessem os problemas mais críticos identificados na fase medir e analisados na fase analisar (X1, X2, X3, etc). As implementações foram ações tomadas por pessoas ou departamentos responsáveis pelos itens críticos. O índice é recalculado e confrontado com o início do projeto. Novos cálculos são feitos, como DPMO e nível sigma e verificados se as ações implementadas surtiram efeito ou não.

3.5. Fase Controlar

Na fase controlar, foi avaliado se as ações para atingir o índice são efetivas ou não, logo confrontados com a meta, e a tendência dos resultados obtidos até então. Se as ações forem efetivas, as mesmas serão padronizadas e aplicadas durante o processo, visto que as mesmas surtiram o efeito esperado. Caso as ações não sejam efetivas, as mesmas serão reavaliadas afim de identificar o motivo pelo qual não surtiram efeito e implementadas ações de melhorias para sarar os itens críticos. Também foi definido e implementado um plano para monitorar a performance das ações sobre os itens críticos dentro do processo como um todo.

4. Resultados

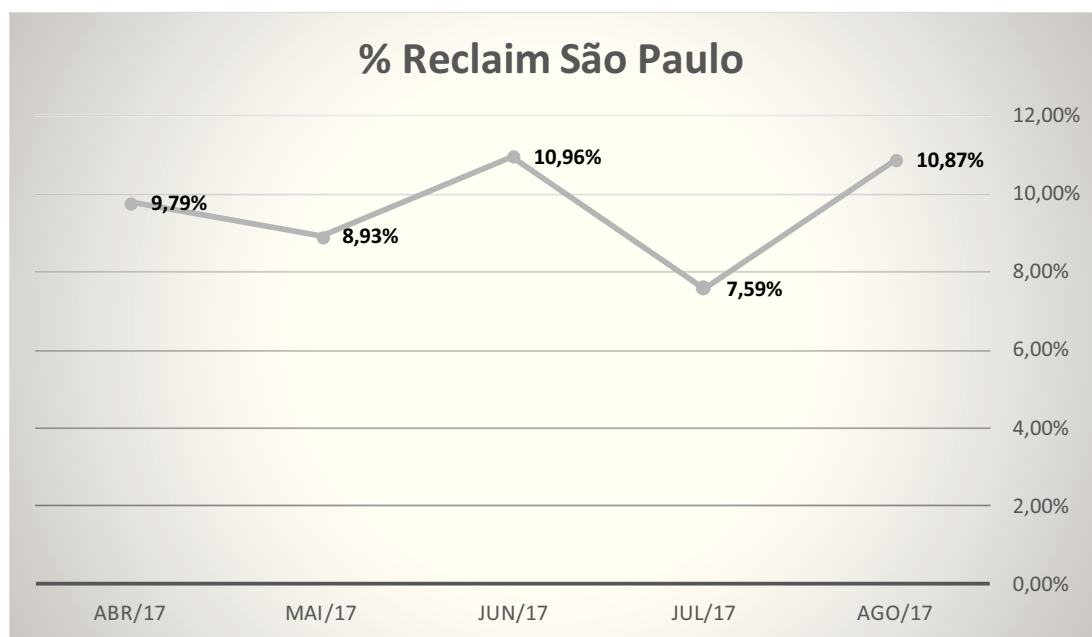
Este projeto teve resultados significativos dentro da assistência técnica e também dentro da empresa de aparelho celular. Como mencionado anteriormente, o objetivo do projeto era reduzir o número de aparelhos celulares que retornavam com defeito a assistência técnica. Esse indicador de retorno é um dos índices de qualidade do reparo, e indiretamente, um dos indicadores de qualidade da empresa.

Antes da aplicação do DMAIC e outras ferramentas o índice de retorno estava em 10,8% no mês de agosto/2017, e houve uma redução para 8,8% no mês de setembro/2017, quando foi implantado a ferramenta. O DPMO estava acumulado em 103486,41 e após as melhorias caiu para 74646,81.

4.1. Fase Definir

Para a definição do projeto, mediante o cenário antes da melhoria, os índices de qualidade do reparo eram ruins, já que indicavam alto índice de retorno (reclaim) de aparelhos reparados dentro de uma assistência técnica, sendo esse índice, um dos indicadores de qualidade dos serviços prestados pela empresa de aparelhos celular.

A empresa tem como objetivo, atingir a o índice de 6,1% de retorno de aparelho celular, e uma de sus subsidiárias está com o índice em 10,87% até o mês de agosto de 2017, conforme identificado pela figura 26 abaixo do desdobramento do problema.



Mês	Ago/17	Jul/17	Jun/17	Mai/17	Abr/17	Mar/17	Fev/17	Jan/17
Claim	3099	3729	2919	2644	2983	3814	2216	3847
Reclaim	337	283	320	236	292	339	192	304
% Reclaim	10,87%	7,59%	10,96%	8,93%	9,79%	8,89%	8,66%	7,90%
Target	6,10%	6,10%	6,10%	6,10%	6,10%	6,10%	6,10%	6,10%

Figura 26 – Reclaim SP x Target

Algumas definições foram tomadas para a elaboração do projeto. São elas:

Voz do Cliente: má qualidade no reparo. É necessário que o telefone retorne para a autorizada para correção de um mesmo/novo problema.

Definição CTC (Requisito do Cliente): qualidade no reparo para que o telefone não volte a dar problema.

Definição do Defeito para Y (métrica): retorno.

COPQ (Custo da Falta de Qualidade): custo de produção da nova peça, mão de obra, transporte, clientes insatisfeitos, má reputação, entre outros.

Definição do problema, escopo, objetivo: alto índice de retorno da autorizada de São Paulo, sendo responsável por aproximadamente 25% do volume de toda a rede. O objetivo é diminuir o índice de retorno de São Paulo para que os índices gerais também sejam reduzidos. As áreas de atuação serão na análise, reparo e testes dentro da primeira entrada do aparelho, para evitar um possível retorno.

O mapeamento abaixo indica todo o fluxo do processo de reparo.

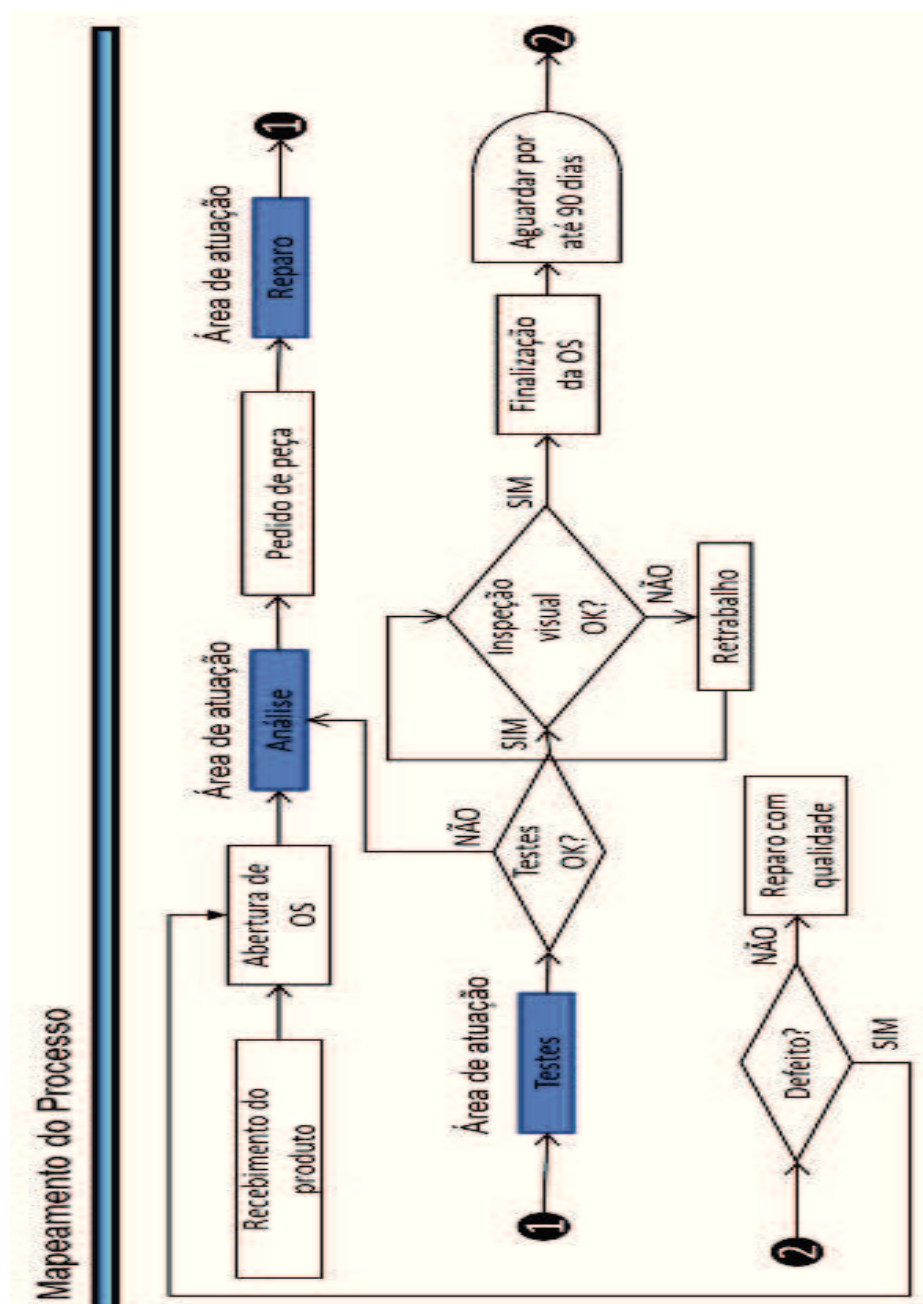


Figura 27 – Mapeamento do projeto

4.2. Fase Medir

Nesta fase foram identificados os possíveis riscos para o desenvolvimento do projeto utilizando algumas ferramentas, como Diagrama de Causa e Efeito, Matriz de Causa e Efeito, Gráfico de Pareto e definição do DPMO no estado antes da implantação da melhoria.

Pelo Diagrama de Causa e Efeito, foram levantados todos os pontos, seguindo as possíveis origens sendo essas as medidas, material, mão-de-obra, meio ambiente, métodos e máquina, que poderiam ser as causas e seus efeitos do problema em questão, que é a má qualidade do reparo, conforme mostrado na figura abaixo.

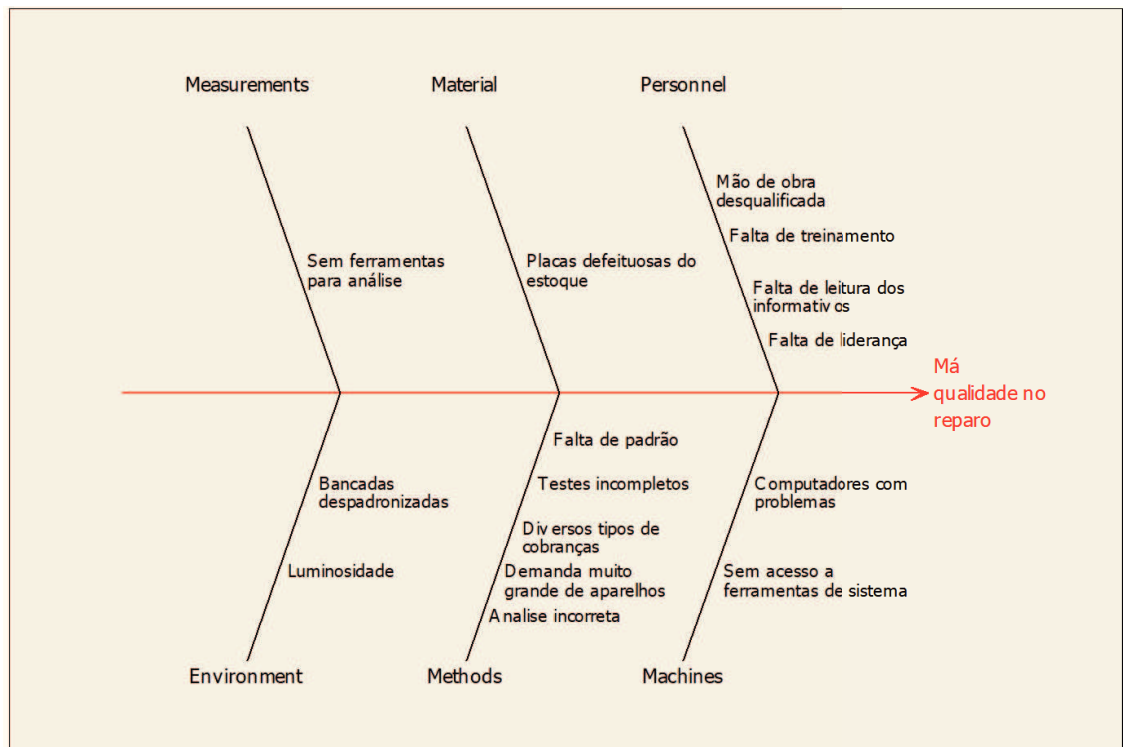


Figura 28 – Diagrama de Causa e Efeito

A tabela abaixo indica as possíveis causas e o possível motivo para tal.

Tabela 4 – 6M

Material	Placas defeituosas do estoque
Método	Análise incorreta
	Demanda muito grande de aparelho
	Diversos tipos de cobrança
	Testes incompletos
	Falta de padrão
Máquina	Sem acesso a ferramentas de sistema
	Computadores com problemas
Mão-de-obra	Mão de obra desqualificada
	Falta de treinamento
	Falta de leitura dos informativos
	Falta de liderança
Medidas	Falta de ferramentas para análise
Meio ambiente	Luminosidade
	Bancadas despadronizadas

A Matriz de Causa e Efeito serve para pontuar as possíveis causas sugeridas anteriormente pelo Diagrama de Causa e Efeito do problema a ser resolvido.

A tabela abaixo elaborada com as sugestões do Diagrama de Causa e Efeito indicam, mediante aos cálculos já pré-estabelecidos sobre a importância de cada item, os indicativos dos maiores vilões para o alto número de aparelhos que retornam com defeitos.

Tabela 5 – Matriz de Causa e Efeito

Matriz de Causa e Efeito

- 9 - Alto impacto
- 3 - Médio impacto
- 1 - Baixo impacto

Impacto		9	3	1			
		1	2	3	4	5	
Possíveis Causas		Retorno	Tempo	Custo			Total
1	Placas defeituosas do estoque	9	3	0			90
2	Análise incorreta	9	0	1			82
3	Demanda muito grande de aparelho	3	9	0			54
4	Diversos tipos de cobrança	3	3	1			37
5	Testes incompletos	9	1	0			84
6	Falta de padrão	1	0	0			9
7	Sem acesso a ferramentas de sistema	3	3	0			36
8	Computadores com problemas	3	3	0			36
9	Mão de obra desqualificada	3	1	0			30
10	Falta de treinamento	3	1	0			30
11	Falta de leitura dos informativos	3	0	0			27
12	Falta de liderança	3	0	0			27
13	Falta de ferramentas para análise	1	0	0			9
14	Luminosidade	0	0	0			0
15	Bancadas despadronizadas	1	0	0			9
Total		54	24	2			392

Após o Diagrama de Causa e Efeito e a Matriz de Causa e Efeito, foi elaborado o Gráfico de Pareto para verificar as causas que seriam atacadas durante o desenvolvimento do projeto de melhoria.

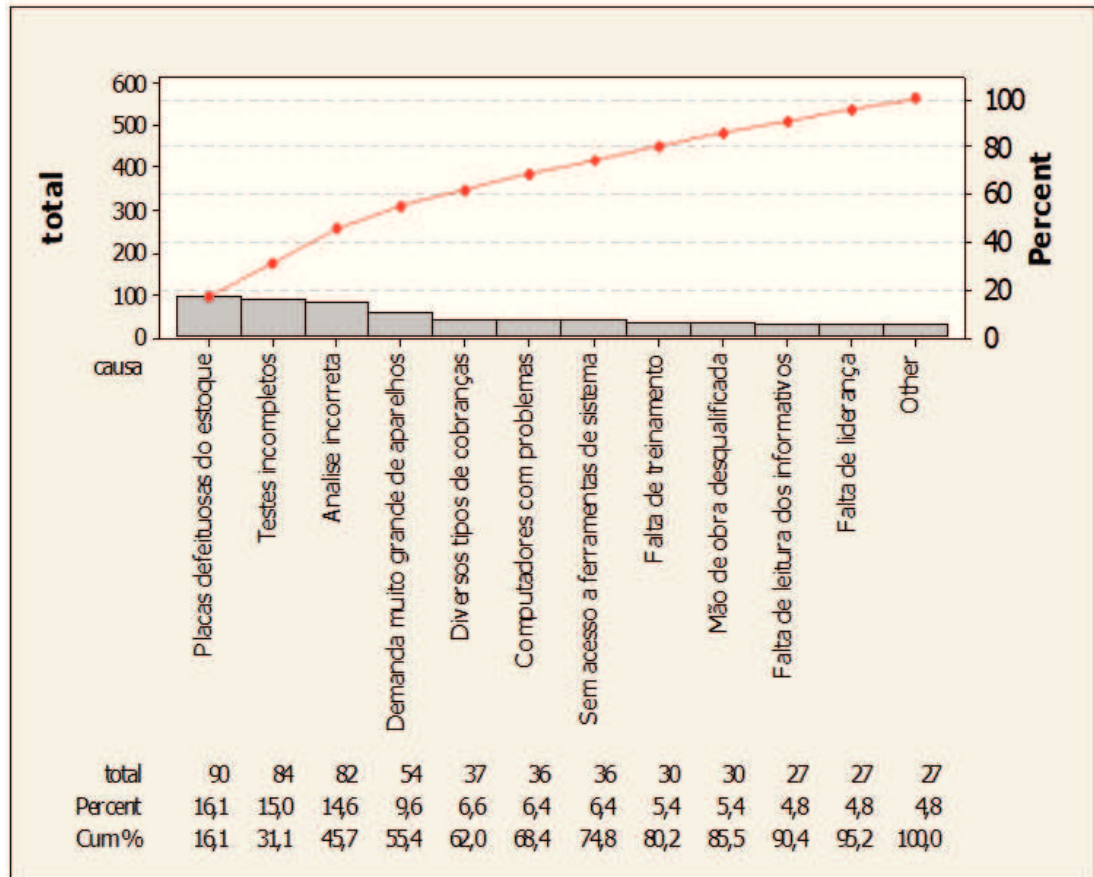


Figura 29 – Gráfico de Pareto

Após o gráfico, verificou-se que os Xs a serem tratados são placas defeituosas do estoque, testes incompletos e análise incorreta.

Ainda na fase medir, foi determinado o DPMO antes do projeto de melhoria (medindo apenas os meses de abril a agosto de 2017).

Amostragem	15374	Unidades
Oportunidades de Erro	1	Oportunidades
Unidades com Erro	1591	Unidades
Total de oportunidades	15374	Erros
Rendimento	89,651	%
Rejeição	10,349	%
DPU	0,10349	
DPO	0,10349	
DPMO	103486,40562	
Nível Sigma	2,76193	Curto Prazo
	1,26193	Longo Prazo

Figura 30 – DPMO Antes

4.3. Fase Analisar

Para esta etapa do projeto, foi necessário avaliar e analisar com critério os principais ofensores da má qualidade do reparo. Como medido anteriormente na fase medir, os Xs identificados foram:

- X1 – Placas defeituosas do estoque.
- X2 – Testes incompletos.
- X3 – Análise incorreta do defeito.

4.3.1. X1 – Placas defeituosas do estoque

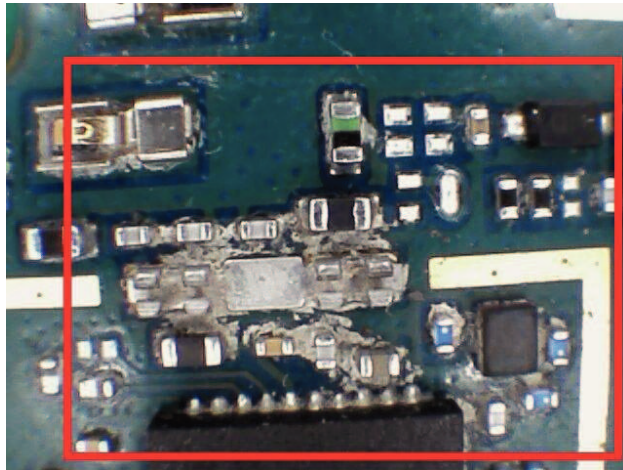


Figura 31 – Placa com defeito

Um novo processo implementado pela empresa é de se aproveitarem placas retrabalhadas pois são mais baratas do que as placas novas, e muitas vezes essas placas podem vir a apresentar defeitos em campo, já que são feitos alguns ajustes elétricos.

Solicitamos uma análise mais específica do corpo técnico e que só utilizem placas que visualmente estejam boas e também passem pelos testes técnicos.

4.3.2. X2 – Testes incompletos

Por motivos desconhecidos, o corpo técnico não estava realizando os testes completos nos aparelhos, deixando para outro setor realizar os testes por completo, sendo os próprios técnicos que são também responsáveis por identificar os próprios defeitos.

A análise foi descoberta em visitas ao laboratório e foi percebido visualmente que não estavam realizando os testes. Não se ouviam os sons dos testes e nem se viam os testes funcionais (câmera, touch, sensores, entre outros)

4.3.3. X3 – Análise incorreta do defeito

Alguns casos, o reparo é feito de maneira errada pois a análise do defeito é errada. Alguns casos, o SAC não informa o defeito corretamente e cabe ao técnico identificar o defeito realizando os testes funcionais do aparelho. Alguns outros casos os defeitos não são reproduzidos no laboratório por falta de informação do cliente, que muitas vezes inventam defeitos para gerar troca do aparelho. Esses casos acabam a prejudicar os técnicos, pois não havendo informações necessárias e coerentes, o reparo não pode ser feito corretamente.

4.4. Fase Implementar

A fase implementar consisti em gerar ideias que resolvam os problemas críticos identificados na fase medir e analisados na fase analisar.

4.4.1. X1 – Placas defeituosas do estoque

O Suporte Técnico implementou um procedimento para que seja feito análise das placas (componentes deslocados, placas empenadas, excesso de fluxo ou resina, solda malfeita) e que também sejam feitos testes mais rigorosos nessas placas.

Caso as placas apresentem algum defeito (visual ou técnico), os casos mais graves são informados ao suporte técnico, e na totalidade dos casos, devolvidas à fábrica para retrabalho ou descarte.

4.4.2. X2 – Testes incompletos

Foi cobrado, em reunião junto aos técnicos, líder e supervisor da assistência, que realizem os testes por completo, pois o correto também é que os próprios técnicos identifiquem suas próprias falhas.

A totalidade dos testes é exigida pelo time de suporte técnico para cobrir as falhas dentro do laboratório. Outro setor também é responsável pela qualidade do reparo, sendo eles a reproduzirem os testes.

4.4.3. X3 – Análise incorreta do defeito

Casos em que os defeitos não são descobertos pelos técnicos, foi orientado a realizar o contato com o cliente e informar que o defeito não foi descoberto. Em casos de retorno que não são identificados os defeitos descritos pelo cliente, é feito o contato com o cliente e mesmo que o defeito não seja reproduzido, é feito o cancelamento da ordem de serviço.

Caso a falha da análise seja uma análise incorreta do técnico, serão programados treinamentos para capacitação.

4.4.4. DPMO

Após as implementações das melhorias, novamente foi calculado o DPMO (a partir de agosto/2017 até fevereiro/2018), conforme imagem 32 e 33 abaixo:

Depois			Antes		
Amostragem	15714	Unidades	Amostragem	15374	Unidades
Oportunidades de Erro	1	Oportunidades	Oportunidades de Erro	1	Oportunidades
Unidades com Erro	1173	Unidades	Unidades com Erro	1591	Unidades
Total de oportunidades	15714	Erros	Total de oportunidades	15374	Erros
Rendimento	92,535	%	Rendimento	89,651	%
Rejeição	7,465	%	Rejeição	10,349	%
DPU	0,07465		DPU	0,10349	
DPO	0,07465		DPO	0,10349	
DPMO	74646,81176		DPMO	103486,40562	
Nível Sigma	2,94203	Curto Prazo	Nível Sigma	2,76193	Curto Prazo
	1,44203	Longo Prazo		1,26193	Longo Prazo

Figura 32 – DPMO Antes x DPMO Depois

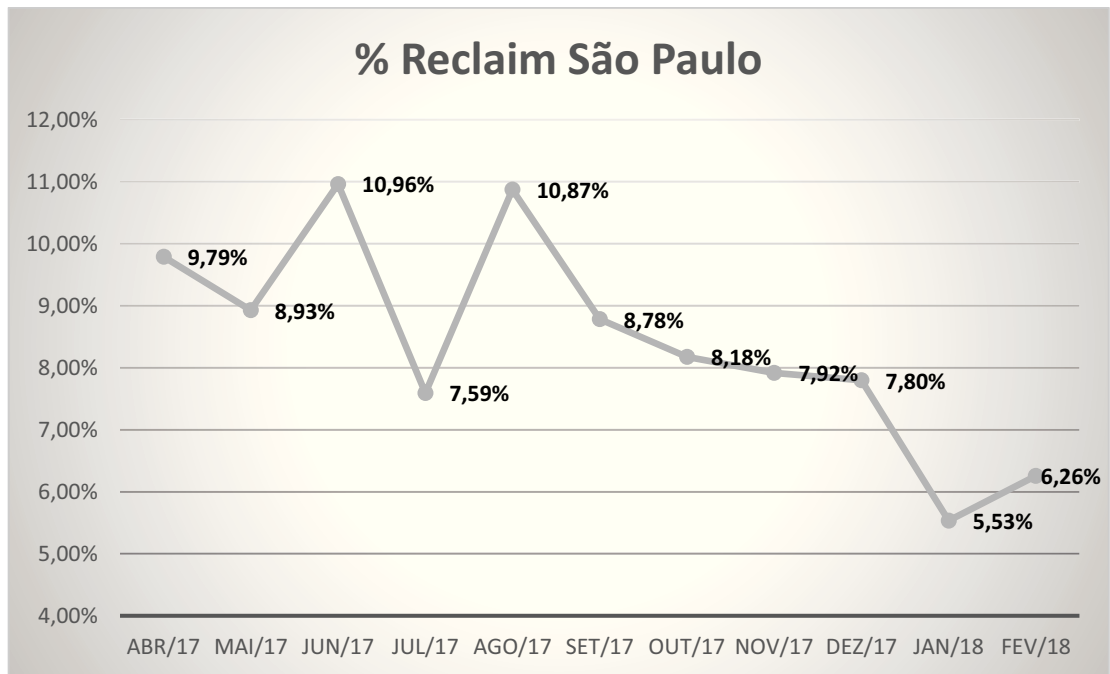


Figura 33 – Resultados após implementações

4.5. Fase Controlar

A fase controlar consiste nas etapas de verificação e controle das ações implementadas. A ideia é monitorar as ações implementadas afim de manter a evolução dos índices e controlar as ações executadas.

4.5.1. X1 – Placas defeituosas do estoque

Monitoramento do índice de devolução de “Placas novas com defeito”.

4.5.2. X2 – Testes incompletos

Auditorias periódicas para acompanhamento dos processos do corpo técnico.

4.5.3. X3 – Análise incorreta do defeito

Monitoramento dos índices pela planilha de controle do OQC.

5. Conclusão

Antes do início do projeto, o índice de retorno de aparelhos defeituosos para uma mesma assistência técnica era de 10,4% e o DPMO estava em 103486,41. Com a aplicação do DMAIC, esse índice caiu para 5,4% em um período de 6 meses, além da redução do DMO para 74846,82. Houve uma redução de quase 50% do índice de defeito.

Verificou-se uma efetividade das ações de melhorias propostas e implementadas, pois com a redução do índice de retorno, houve uma redução no DPMO e melhoria no nível Sigma do processo. Após identificar os pontos falhos e dar início às ações de melhorias, sobretudo com as ferramentas do DMAIC, e monitoramento dos dados, verificou-se sua funcionalidade, já que houve uma melhora significativa nos índices.

6. Referências Bibliográficas

ABREU, Claudia Buhamra. Serviço pós-venda: a dimensão esquecida do marketing. Revista de administração de empresas, v. 36, n. 3, p. 24-31, 1996.

ALVES, Valdir. Seis Sigma: Os difusores GE e Jack Welch, 2015. Disponível em:

<<https://www.linkedin.com/pulse/seis-sigma-os-difusores-ge-e-jack-welch-valdir-alves/>>. Acesso em: 21 de março de 2019.

BORCHARDT, Miriam; SELLITTO, Miguel Afonso; PEREIRA, Giancarlo Medeiros. Serviços de pós-venda para produtos fabricados em base tecnológica. Revista Produção Online, v. 8, n. 2, 2008.

CAMPOS, Marco Siqueira. Em busca do padrão Seis Sigma, 2011. Disponível em: <<https://exame.abril.com.br/revista-exame/em-busca-do-padrao-seis-sigma-m0048915/>> Acesso em: 21 de março de 2019.

CHAUVEL, Marie Agnes; GOULART, Vânia Cianni. Como gerar valor para os clientes por meio dos serviços de atendimento ao consumidor: o que mostram as pesquisas. Cadernos EBAPE. BR, v. 5, n. 4, p. 1-16, 2007.

COUTINHO, Thiago. Folha de verificação como ferramenta da qualidade, 2017. Disponível em:

<<https://www.voitto.com.br/blog/artigo/folha-de-verificacao>>. Acesso em: 4 de maio de 2019.

CPQS. Em 2018, SAC da Seguradora Líder atendeu mais de 470 mil chamadas. 2018. Disponível em:

<<https://www.cqcs.com.br/noticia/em-2018-sac-da-seguradora-lider-atendeu-mais-de-470-mil-chamadas/>>. Acesso em: 06 de maio de 2019.

CRUZ, S. C. Verificação dos níveis de radiação emitidos pelas antenas das ERBs e a percepção das comunidades próximas. 2005. Tese de Doutorado. Dissertação de Mestrado apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica do Departamento de Engenharia Elétrica da PUC-Rio. Rio de Janeiro.

CURY, Lucilene; CAPOBIANCO, Ligia. Princípios da história das tecnologias da informação e comunicação grandes invenções. VIII Encontro Nacional de História da Mídia. Anais... Guarapuava: Unicentro, p. 1-13, 2011.

G1. Operadora lança G1, primeiro celular com a plataforma Google, 2008. Disponível em:

<<http://g1.globo.com/Noticias/Tecnologia/0,,MUL770366-6174,00-OPERADORA+LANCA+G+PRIMEIRO+CELULAR+COM+A+PLATAFORMA+GOOGLE.html>>. Acesso em: 04 de maio de 2019.

GIACOBO, Fabiano; ESTRADA, Rolando; CERETTA, Paulo Sergio. Logística reversa: a satisfação do cliente no pós-venda. Revista Eletrônica de Administração, v. 9, n. 5, 2003.

GUEDES, L. C. dos S; Vasconcelos, R. R. de. UMTS, HSPA e LTE, 2009. Disponível em:

<https://www.gta.ufrj.br/grad/09_1/versao-final/umts/index.html>. Acesso em: 26 de abril de 2019.

GUTIERREZ, Regina Maria Vinhais; CROSSETTI, Pedro de Almeida. A indústria de telecomunicações no Brasil: evolução recente e perspectivas. 2003.

INGLIS, Paul F. O Lucro está no pós-venda. HSM Management, v. 32, n. 6, 2002.

KLEINA, Nilton. Parabéns, Simon! Primeiro smartphone do mundo já tem 20 anos, 2014. Disponível em:

<<https://www.tecmundo.com.br/celular/60720-parabens-simon-primeiro-smartphone-mundo-tem-20-anos.htm>>. Acesso em: 04 de maio de 2019.

KLEINA, Nilton. Primeiro celular com câmera do mundo foi 'gambiarra' feita há 20 anos, 2017. Disponível em:

<<https://www.tecmundo.com.br/celular/117707-primeiro-celular-camera-mundo-gambiarra-feita-ha-20-anos.htm>>. Acesso em: 04 de maio de 2019.

LINS, Bernardo F. E. Ferramentas básicas da qualidade. Ciência da Informação, v. 22, n. 2, 1993.

LUCIDCHARD, O que é um fluxograma, 2019. Disponível em:

<<https://www.lucidchart.com/pages/pt/o-que-e-um-fluxograma>>. Acesso em: 4 de maio de 2019.

Manufatura. In Britannica Escola. Web, 2019. Disponível em:

<<https://escola.britannica.com.br/artigo/manufatura/481827>>. Acesso em: 4 de maio de 2019.

MICROLINS. Linha do Tempo: a evolução dos celulares, 2017. Disponível em:

<<https://www.microlins.com.br/noticias/tecnologia/linha-do-tempo-a-evolucao-dos-celulares>>. Acesso em: 25 de abril de 2019.

MINETO, Bianca. O que é DMAIC? 2018. Disponível em:

< <https://blogdaqualidade.com.br/o-que-e-dmaic/>>. Acesso em: 04 de maio de 2019.

MINITAB. Interpretar todas as estatísticas e gráficos para Análise de tendências, 2018. Disponível em:

<<https://support.minitab.com/pt-br/minitab/18/help-and-how-to/modeling-statistics/time-series/how-to/trend-analysis/interpret-the-results/all-statistics-and-graphs/#trend-analysis-plot>>. Acesso: 04 de maio de 2019.

MINITAB. Compreendendo as cartas de controle, 2018. Disponível em:

<<https://support.minitab.com/pt-br/minitab/18/help-and-how-to/quality-and-process-improvement/control-charts/supporting-topics/basics/understanding-control-charts/>>. Acesso em: 4 de maio de 2019.

MINITAB. Fundamentos do Gráfico de Pareto, 2018. Disponível em:

<<https://support.minitab.com/pt-br/minitab/18/help-and-how-to/quality-and-process-improvement/quality-tools/supporting-topics/pareto-chart-basics/>>. Acesso em: 4 de maio de 2019.

MINITAB. Visão geral de Gráfico de dispersão, 2018 Disponível em:

<<https://support.minitab.com/pt-br/minitab/18/help-and-how-to/graphs/how-to/scatterplot/before-you-start/overview/>>. Acesso em: 04 de maio de 2019.

MOREIRA, Eduardo. 90 anos da Motorola, e esses são os telefones que contam sua história, 2018. Disponível em:

< <https://www.targethd.net/90-anos-da-motorola-e-estes-sao-os-telefones-que-contam-sua-historia/>>. Acesso em: 04 de maio de 2019.

PANDE, Peter S.; NEUMAN, Robert P.; CAVANAGH, Roland. Estratégia Seis Sigma: como a GE, Motorola e outras grandes empresas estão aguçando seu desempenho. Qualitymark Editora Ltda, 2007.

PERIARD, Gustavo. O ciclo PDCA e a melhoria contínua, 2011. Disponível em: <<http://www.sobreadministracao.com/o-ciclo-pdca-deming-e-a-melhoria-continua/>>. Acesso em: 04 de maio de 2019.

PIRES, E. V. et al. Redes LTE I: implantações e características básicas, 2012

PLAZA, Willian R. Nokia 9000 Communicator, primeiro smartphone lançado, completa 20 anos. Disponível em:

<<https://www.hardware.com.br/noticias/2016-08/nokia-9000-primeiro-smartphone-anunciado-completa-20-anos.html>>. Acesso em: 04 de maio de 2019.

Renato, Flávio. História dos Telefones, 2012. Disponível em:

<<https://www.techtudo.com.br/artigos/noticia/2012/06/historia-dos-telefones-celulares.html>>. Acesso em: 23 de abril de 2019.

ROTONDARO, Roberto G. et al. Seis Sigma: estratégia gerencial para a melhoria de processos, produtos e serviços. São Paulo: Atlas, 2008.

SANTIAGO, Vitor. O que é Histograma? 2018. Disponível em:

<<https://certificacaoiso.com.br/o-que-e-histograma/>>. Acesso em: 04 de maio de 2019.

SCATOLIN, Andre Celso et al. Aplicação da metodologia Seis Sigma na redução das perdas de um processo de manufatura. 2005.

SELLITTO, Miguel Afonso et al. Prioridades estratégicas em serviços de pós-venda de uma empresa de manufatura de base tecnológica. Gest. Prod., São Carlos, v. 18, n. 1, p. 131-144, 2011.

TAVARES, Fernanda Marina. Diagrama de Causa e Efeito ou Diagrama Espinha de Peixe, 2012. Disponível em:

<<https://marketingfuturo.com/diagrama-de-causa-e-efeito-ou-diagrama-espinha-de-peixe/>>. Acesso em: 04 de maio de 2019.

TELECO. 5G: Tecnologias de Celular, 2018. Disponível em:

<http://www.teleco.com.br/5g_tecnologia.asp>. Acesso em: 26 de abril de 2019.

TUDOCELULAR. iPhone: a trajetória do smartphone que ditou o futuro, 2014. Disponível em:

<<https://www.tudocelular.com/apple/noticias/n46125/iPhone-historico.html>>. Acesso em: 04 de maio de 2019.

VEJA. Telefone celular completa 40 anos de vida, 2013. Disponível em:

<<https://veja.abril.com.br/tecnologia/telefone-celular-completa-40-anos-de-vida/>>. Acesso em: 04 de maio de 2019.