

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

**APLICAÇÃO DAS SETE FERRAMENTAS
BÁSICAS DA QUALIDADE NO CICLO PDCA
PARA MELHORIA CONTÍNUA: ESTUDO DE
CASO NUMA EMPRESA DE AUTOPEÇAS**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Arthur Antunes Trivellato

Orientador: Prof. Dr. Oswaldo Luiz Agostinho

São Carlos

2010

Arthur Antunes Trivellato

**Aplicação das Sete Ferramentas Básicas da
Qualidade no Ciclo PDCA para melhoria contínua:
estudo de caso numa empresa de autopeças**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Escola de Engenharia de São Carlos da
Universidade de São Paulo para a obtenção do
título de Engenheiro de Produção Mecânica.

**Orientador: Prof. Dr. Oswaldo Luiz
Agostinho**

São Carlos
2010

RESUMO

TRIVELLATO, A. A. **Aplicação das Sete Ferramentas Básicas da Qualidade no Ciclo PDCA para melhoria contínua:** estudo de caso numa empresa de autopeças. 2010. 72 p. Trabalho de Conclusão de Curso – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010.

Este trabalho apresenta a importância da utilização das Sete Ferramentas Básicas da Qualidade dentro de uma organização para o gerenciamento da melhoria contínua. Ele mostra que a melhoria contínua dos produtos e processos de uma empresa são imprescindíveis dentro da organização para que ela se mantenha competitiva no mercado. Para que melhorias ocorram, é necessário que se utilize algum método e algumas ferramentas, que são a sequência lógica para se chegar onde se pretende e os recursos a serem utilizados nessa sequência, respectivamente. O estudo mostra a praticidade e simplicidade das Sete Ferramentas Básicas da Qualidade e do Ciclo PDCA, que por esse motivo podem ser usados por todos os níveis organizacionais e operacionais da empresa, evidenciando que, apesar disso, elas trazem excelentes resultados para a empresa, como mostra o estudo de caso realizado numa empresa de autopeças.

Palavras-chave: Melhoria Contínua, Sete Ferramentas Básicas da Qualidade, Ciclo PDCA, empresa de autopeças.

ABSTRACT

TRIVELLATO, A. A. **Application of the Seven Basic Quality Tools in PDCA Cycle for continuous improvement:** a case study in an autoparts company. 2010. 72 p. Trabalho de Conclusão de Curso – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010.

The work presents the importance of using the Seven Basic Quality Tools in a company for managing continuous improvement. It shows that products and processes continuous improvement are essential in company so that it remains competitive. For improvements to occur it is necessary to use a method and tools. A method is a logical sequence to reach levels wanted, and a tool is the resource to be used in that sequence. The study shows the practicality and simplicity of the Seven Basic Quality Tools and the PDCA Cycle, which therefore can be used by all organizational and operational levels in the company. It also shows that despite this, they bring excellent results for the company. As the case study in an autoparts company shows.

Keywords: Continuous Improvement, Seven Basics Quality Tools, PDCA Cycle, Autoparts Company.

***“Sua melhor marca de ontem ainda
pode, e deve, ser superada hoje.”***

AUTOR

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 2.1 – MODELO DE EXPLORAÇÃO DE INFORMAÇÃO	19
FIGURA 2.2 – ETAPAS EM CONTROLE DE PROCESSOS	20
FIGURA 2.3 – CICLO PDCA	23
FIGURA 2.4 – CICLO PDCA PARA MELHORIA	24
FIGURA 2.5 – CICLO PDCA PARA MANTER RESULTADOS.....	25
FIGURA 2.6 – REPRESENTAÇÃO DO DIAGRAMA DE CAUSA E EFEITO.....	37
FIGURA 4.1 – FOLHA DE VERIFICAÇÃO DOS DEFEITOS DA LINHA 1 DO 1º TURNO POR DEFEITO.....	60
FIGURA 4.2 – DIAGRAMA DE CAUSA E EFEITO PARA “TRINCA E RACHADO” (I-07) NA SOLDA TOPO	64

LISTA DE QUADROS

QUADRO 2.1 – RECOMENDAÇÕES GERAIS PARA ELABORAÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FOLHAS DE VERIFICAÇÃO	29
QUADRO 2.2 – ETAPAS PARA CONSTRUÇÃO DE UM GRÁFICO DE PARETO	31
QUADRO 2.3 – ETAPAS PARA CRIAÇÃO DE UM DIAGRAMA DE CAUSA E EFEITO	38
QUADRO 2.4 – PROCEDIMENTOS PARA CRIAÇÃO DE UM HISTOGRAMA – VARIÁVEIS CONTÍNUAS	40
QUADRO 2.5 – ETAPAS PARA CONSTRUÇÃO DE UM DIAGRAMA DE DISPERSÃO	43

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 2.1 – EXEMPLO DE UM GRÁFICO ESTRATIFICADO	26
GRÁFICO 2.2 – EXEMPLO DE UM GRÁFICO DE PARETO	36
GRÁFICO 2.3 – EXEMPLO DE UM HISTOGRAMA	39
GRÁFICO 2.4 – EXEMPLO DE UM GRÁFICO DE DISPERSÃO.....	44
GRÁFICO 2.5 – EXEMPLO DE UM GRÁFICO DE CONTROLE	46
GRÁFICO 4.1 – ÍNDICES DE PPM DE DEFEITOS NA SOLDA TOPO DE OUT/09 À ABR/10 ...	59
GRÁFICO 4.2 – ÍNDICES DE PPM DE TRINCA, RACHADO E VAZAMENTO NA SOLDA TOPO	59
GRÁFICO 4.3– PPM DE SUCATA DE CADA LINHA ESTRATIFICADO POR DEFEITO	61
GRÁFICO 4.4 – PPM DE SUCATA DE CADA DEFEITO ESTRATIFICADO POR TURNO	61
GRÁFICO 4.5 – PPM DE RETRABALHO DE CADA MÁQUINA ESTRATIFICADO POR DEFEITO	62
GRÁFICO 4.6 – PPM DE RETRABALHO DE DEFEITO ESTRATIFICADO POR TURNO	62
GRÁFICO 4.7 – GRÁFICO DE PARETO PARA DEFEITOS RELACIONADOS À SOLDA TOPO (OUT/09 À ABR/10)	63
GRÁFICO 4.8 – GRÁFICO DE PARETO PARA DEFEITOS RELACIONADOS À SOLDA TOPO (MAI/10)	64
GRÁFICO 4.9 – GRÁFICO DE CONTROLE DA MÉDIA $\bar{x}$ PARA DEFEITOS NA SOLDA TOPO .	65
GRÁFICO 4.10 – GRÁFICO DE CONTROLE DA MÉDIA $\bar{x}$ PARA DEFEITOS DE TRINCA, RACHADO E VAZAMENTO NA SOLDA TOPO	66
GRÁFICO 4.11 – ÍNDICES DE PPM DE DEFEITOS DA SOLDA TOPO DE OUT/09 À OUT/10	67
GRÁFICO 4.12 – ÍNDICES DE PPM DE TRINCA, RACHADO E VAZAMENTO NA SOLDA TOPO DE OUT/09 À OUT/10	68

LISTA DE TABELAS

TABELA 2.1 – PLANILHA DE DADOS PARA CONSTRUÇÃO DE UM GRÁFICO DE PARETO	34
TABELA 2.2 – GUIA PARA DETERMINAÇÃO DO NÚMERO DE INTERVALOS (K) DE HISTOGRAMAS.....	42

SUMÁRIO

1	Introdução	11
1.1	Contextualização e Justificativa	11
1.2	Objetivos	14
1.3	Estrutura do Texto	14
1.4	Metodologia	15
2	Revisão Bibliográfica	16
2.1	Conceitos de Melhoria Contínua	16
2.2	Ciclo PDCA	20
2.2.1	Conceitos do Ciclo PDCA	20
2.2.2	Etapas do Ciclo PDCA	21
2.3	As Sete Ferramentas Básicas da Qualidade	26
2.3.1	Estratificação	26
2.3.2	Folha de Verificação	27
2.3.3	Gráfico de Pareto	30
2.3.4	Diagrama de Causa e Efeito	36
2.3.5	Diagrama de Dispersão	38
2.3.6	Histograma	42
2.3.7	Gráfico de Controle	44
2.4	Integração das Sete Ferramentas Básicas da Qualidade ao PDCA	48
3	Metodologia aplicada	54
4	Estudo de Caso	56
4.1	Descrição da Empresa	56
4.2	Descrição do estudo de caso.....	57

4.3	Aplicação das ferramentas	58
4.4	Resultados obtidos	66
5	Conclusão	69
6	Referências	71

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO E JUSTIFICATIVA

Após a 1ª Guerra Mundial, a indústria passou por uma grande revolução. Ocorreu um grande crescimento das empresas, deixando de lado o conceito de trabalhar com unidades isoladas, passando a se adotar o conceito de trabalho integrado. Brandão (2009) afirma que isso fez com que o trabalhador perdesse o controle total sobre o produto final, o fazendo especialista responsável por uma parte do processo apenas. Esse fato fez com que a qualidade dos produtos piorasse. Já após a 2ª Guerra Mundial, ocorreu uma aceleração do passo da tecnologia da qualidade, o que fez com que os conceitos básicos de controle da qualidade se expandissem.

Com a preocupação dos japoneses em reconstruir o país, conquistar novos mercados e recuperar a reputação dos produtos japoneses no pós-guerra, em 1950 a *Japanese Union of Scientists and Engineers* (sindicato japonês de cientistas e engenheiros) convidou o estatístico americano Willian Edwards Deming para ir ao Japão e ministrar palestras para líderes. Deming ensinava e os japoneses assimilavam tudo. “Ele dizia: elimine defeitos, analise os erros até encontrar a fonte dos erros, fazer correções e registrar os acontecimentos posteriores à correção.” Chiavenato (1999). Com isso a qualidade se tornou uma preocupação prioritária na base das organizações japonesas, dando origem à fase de conceituação e conscientização da qualidade, o que provocou o surgimento da melhoria contínua da qualidade.

Segundo Brandão (2009), pouco depois, se deu início a fase de instrumentalização da qualidade. Joseph Juran, que assim como Deming era americano, levou aos japoneses as primeiras técnicas para que a qualidade fosse aplicada em todo o processo. Juran acabou liderando uma mudança em relação à tratativa da qualidade. Antes as atividades relativas à qualidade eram baseadas nos aspectos tecnológicos das fábricas e passaram a ser global ou holística, surgia ali a Gestão da Qualidade Total (*Total Quality Management/TQM*).

Com o surgimento do TQM, as empresas viram que cada vez mais era necessário se fazer um produto de melhor qualidade para conseguir vendê-lo. Ficou cada vez mais evidente a importância da melhoria contínua para as organizações se manterem competitivas, sempre buscando uma evolução consciente e buscando alternativas para desenvolver projetos de melhoria constantemente.

“A melhoria de desempenho de produtos e processos pode ser obtida a partir de duas abordagens, complementares, porém diferentes, melhoria contínua e melhoria radical.” (CARPINETTI, 2010).

Como os próprios nomes já sugerem, Carpinetti (2010) afirma que uma melhoria radical caracteriza-se por uma alteração radical no conceito ou projeto do produto ou processo, e a melhoria contínua por um processo de constante aperfeiçoamento do processo, algo cíclico.

A melhoria radical normalmente é aquela melhoria que se demanda maior investimento, geralmente se modificando bastante um conceito já utilizado pela empresa, o que exige que a decisão para que ela seja realizada, tenha de vir da alta gerência, já que envolve maiores riscos. Já a melhoria contínua vai buscar ajustes nos conceitos utilizados para se melhorar o desempenho, algo que pode partir, por exemplo, de um operador através de um estudo realizado buscando a solução de um problema pontual. Nada impede, porém, que ações de melhoria radical sejam complementadas por ações de melhoria contínua, ou ainda que a partir de estudos sobre problemas pontuais, típicos de melhoria contínua, se conclua que mudanças radicais são necessárias.

Para que ocorram melhorias, existem meios que facilitam a identificação e gestão das mesmas. Esses meios são chamados de métodos e ferramentas. O método é a sequência lógica para se atingir a meta desejada. Já as ferramentas são os recursos a serem utilizados no método.

Nesse presente trabalho o método apresentado é o Ciclo PDCA e as ferramentas são as Sete Ferramentas Básicas da Qualidade.

O Ciclo PDCA foi criado por Walter Shewhart na década de 20 e difundido por Deming na década de 50. Por esse motivo o ciclo é também conhecido como Ciclo de Deming, e é o método mais genérico de processo de melhoria contínua. Ele consiste em quatro etapas, que são:

P: Planejar

D: Executar

C: Verificar

A: Agir

As letras que compõe o nome do ciclo vieram das iniciais das etapas na língua inglesa, que são: “Plan”, “Do”, “Check” e “Act”.

A etapa “planejar” é utilizada para identificar o problema, investigar as causas raízes, propor e planejar soluções. Na segunda etapa, “executar”, é feita a preparação e execução das tarefas de acordo com o planejado na etapa anterior. Na terceira etapa, é feita a coleta de dados e comparado o resultado com a meta planejada. Na quarta e última etapa, são realizados os devidos acertos para corrigir desvios observados, e já planejadas, novamente, as ações de melhoria e é então reiniciado o ciclo.

As ferramentas da qualidade são técnicas estatísticas e gerenciais que auxiliam na obtenção, organização e análises das informações necessárias para resolução de problemas, utilizando dados quantitativos.

O número sete é considerado um número de sorte no Japão, fazendo-se assim uma comparação entre as ferramentas básicas de uma organização e as sete peças básicas que constituem o equipamento samurai.

As ferramentas foram então divididas em Sete Ferramentas Básicas da Qualidade e Sete Ferramentas Gerenciais da Qualidade, sendo que as ferramentas estudadas serão as que foram definidas como “básicas”.

As Sete Ferramentas Básicas da Qualidade, também conhecidas como Sete Ferramentas Estatísticas da Qualidade são:

- Estratificação;
- Folha de verificação;
- Gráfico de Pareto;
- Diagrama de Causa e Efeito;
- Histograma;
- Diagrama de dispersão; e
- Gráfico de controle.

Essas ferramentas, assim como o nome sugere, são ferramentas de fácil utilização, o que proporciona a possibilidade de utilização das mesmas por qualquer funcionário da empresa, facilitando assim a implementação da cultura de melhoria contínua em todos os níveis organizacionais e operacionais.

Para evidenciar a utilização desse método e dessas ferramentas, foi realizado um estudo de caso em uma empresa de autopeças de grande porte, avaliando a utilização das ferramentas apresentadas por uma equipe de melhoria contínua formada por funcionários de várias áreas envolvidas no processo que foi estudado e melhorado.

1.2 OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho é apresentar a importância da melhoria contínua numa empresa, apresentando a utilização das Sete Ferramentas Básicas da Qualidade inseridas dentro do método PDCA para esse fim. Este estudo apresenta a simplicidade e eficiência do uso dessas ferramentas básicas para análise e resolução de problemas, podendo ser utilizadas por todos os níveis da organização.

O estudo de caso busca apresentar exemplos do uso dessas ferramentas e apresentar os resultados dessa aplicação numa indústria do ramo de autopeças.

1.3 ESTRUTURA DO TEXTO

O capítulo 1 apresenta uma introdução sobre o trabalho, a proposta do trabalho, contextualiza e justifica o tema abordado, evidenciando sua importância, define o objetivo, apresenta a estrutura do texto e a metodologia utilizada.

O capítulo 2 apresenta a revisão bibliográfica a respeito da importância da melhoria contínua, os conceitos e as etapas do Ciclo PDCA, detalhes das Sete Ferramentas Básicas da Qualidade, mostrando os conceitos e aplicações de cada uma delas e a integração das Sete Ferramentas Básicas da Qualidade ao Ciclo PDCA.

O capítulo 3 apresenta uma descrição da metodologia utilizada para a elaboração desse trabalho.

O capítulo 4 apresenta uma contextualização da empresa onde foi realizado o estudo de caso, a aplicação das ferramentas e os resultados obtidos com a aplicação das ferramentas apresentadas.

O capítulo 5 apresenta uma conclusão sobre o tema proposto e o estudo de caso realizado.

Por fim, são apresentadas as referências consultadas para a elaboração do trabalho.

1.4 METODOLOGIA

A metodologia adotada para elaboração desse trabalho foi o estudo de caso.

Segundo Martins (2002), estudo de caso é uma categoria de pesquisa cujo objeto é uma unidade que se analisa profundamente. Visa conhecer o seu “como” e os seus “porquês”, evidenciando a sua unidade e identidade própria.

Buscando evidenciar o “como” e o “porquê” da utilização das ferramenta num contexto de uma empresa, foi adotado essa metodologia para a condução desse trabalho.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 CONCEITOS DE MELHORIA CONTÍNUA

Gonzalez (2006) divide os programas de melhoria de processos organizacionais em duas abordagens distintas:

- Melhoramento revolucionário ou reengenharia; e
- Melhoramento contínuo.

O autor define o melhoramento revolucionário, ou reengenharia, como sendo a melhoria em que se realiza uma mudança radical e dramática no processo produtivo. Esse tipo de atitude gera impactos relativamente rápidos que demandam um investimento considerável. Por outro lado ele define o melhoramento contínuo como sendo a melhoria em que se realizam mudanças mais simples, porém com maior frequência, adotando uma abordagem incremental buscando cada vez mais atender as necessidades dos clientes com um baixo risco e baixo investimento.

Segundo Mesquita e Alliprandini (2003), uma maneira simples de definir a melhoria contínua, porém que representa todo o seu escopo é que a melhoria contínua é um processo focado na inovação incremental de maneira contínua e em toda a empresa.

Mesquita e Alliprandini (2003) afirmam ainda que nos dias de hoje encontra-se um dinamismo muito grande do ambiente como um todo, mercados, clientes, técnicas e metodologias. Tudo está mudando muito rapidamente, e para acompanhar essa transformação constante e acelerada, é essencial que se melhore continuamente. É necessário que se crie uma cultura com base na melhoria contínua, o que facilita a criação de um ambiente de aprendizagem continuada, sempre tentando utilizar o conhecimento existente da melhor maneira possível e sempre buscando potencializar a capacidade de criação de novos conhecimentos. Isso faz com que a melhoria contínua seja uma prática muito útil nessa era do conhecimento.

De acordo com Agostinetto (2006), a melhoria contínua é vista como um processo que atravessa e apóia os demais processos de negócios e não apenas os processos de fabricação, trazendo benefícios pequenos isoladamente e no curto prazo, mas que quando acumulados trazem melhorias consideráveis para as empresas.

Segundo Gonzalez (2006), o sucesso dos planos de melhoria não está baseado somente na descoberta de pontos de desperdício, mas também é resultado de ambiciosos objetivos. Ele afirma que reformulando hábitos e percepções passadas e trabalhando com a cooperação de todos os envolvidos com os processos, adotando-se metas arrojadas, pode-se conquistar melhorias significativas.

Mesquita e Alliprandini (2003) afirmam que o perfeito não existe na prática e que a motivação está em buscar o estado da arte, chegando a um novo padrão a cada dia que passa. Eles dizem que para se melhorar continuamente, deve-se buscar evoluir constantemente e conscientemente. Para isso deve-se superar obstáculos, solucionar problemas, aprender com erros e acertos, ensinar, conhecer, compartilhar cada conhecimento, para assim contribuir não somente para o crescimento pessoal e individual, mas também profissional e organizacional.

Gonzalez (2006) afirma que o processo de melhoria contínua recebe influências de fatores e pressões externas. Ele diz que se trata de um processo cíclico e abrangente e que seu objetivo é criar uma estrutura interna capaz de atender essas expectativas externas e anular as forças contrárias ao desenvolvimento do negócio.

Para Moura (1997) a melhoria contínua é a busca por melhores resultados e níveis de desempenho de processos, produtos e atividades da empresa. Ele a coloca sendo um objetivo para ser desenvolvido culturalmente na empresa podendo ser gerada por uma ação gerencial ou de uma sugestão de um ou vários funcionários.

Segundo Slack *et al.* (1997), todas as operações ou processos são passíveis de melhoramentos. Os autores afirmam que na melhoria contínua o mais importante não é o impacto de cada melhoria, mas sim o fato de se melhorar constantemente, sempre fazer melhoria é mais importante do que fazer apenas uma grande melhoria.

Gonzalez (2006) aponta a ausência de elevado montante de investimento de capital como sendo uma das principais razões que tornam a melhoria contínua uma

prática com elevado retorno de investimento. Juran (1990) relata que a maior parte dos projetos de melhoria da qualidade é obtida pelo “ajuste fino” do processo em vez de investimento em um novo processo.

Segundo Poirier e Houser (1993), o sucesso da implantação dos programas de melhoria contínua depende de:

- Um foco simultâneo em qualidade, produtividade e lucro;
- Avanços por etapas;
- Um modelo para servir de guia para implementação;
- Uma adaptação do processo às circunstâncias da organização.

Jager *et al.* (2004) definiram quatro pilares ou precondições necessárias para garantir a prática da melhoria contínua por todos os funcionários: entendimento, competências, habilidades e comprometimento. Esses pilares são, segundo eles, sustentados pelo lado humano e cultural.

Eles afirmam que todos devem entender o “por que” de se estar realizando aquela melhoria e como cada um contribuirá para a sua implementação. Para eles, as pessoas necessitam possuir competências e conhecimentos para a solução de problemas que habilitam a sua participação por meio de ideias, sugestões e execuções, e todos devem estar motivados em colocar esforço extra para melhorar os processos.

Beckett *et al.* (2000), apresentam um modelo proposto por eles, voltado à exploração do conhecimento que habilita a melhoria contínua, baseado em três elementos: informação, experiência e motivação. Esse modelo está representado na Figura 2.1.

Gonzalez (2006) define os três elementos da seguinte maneira:

- Informação: É o elemento que envolve o conteúdo dos dados. Ela possui diferentes níveis de importância para cada grupo e cabe a cada um identificar os dados importantes e a melhor maneira de utilizá-los;

- **Experiência:** É o elemento que é requerido para identificar os conhecimentos dentro de um grupo de informações fornecidas, para capacitar os indivíduos a identificar os dados importantes;
- **Motivação:** Para que os membros dos grupos extraiam conhecimento de toda a informação, eles necessitam estar motivados, senão as informações e dados organizacionais tendem a passar despercebidos.

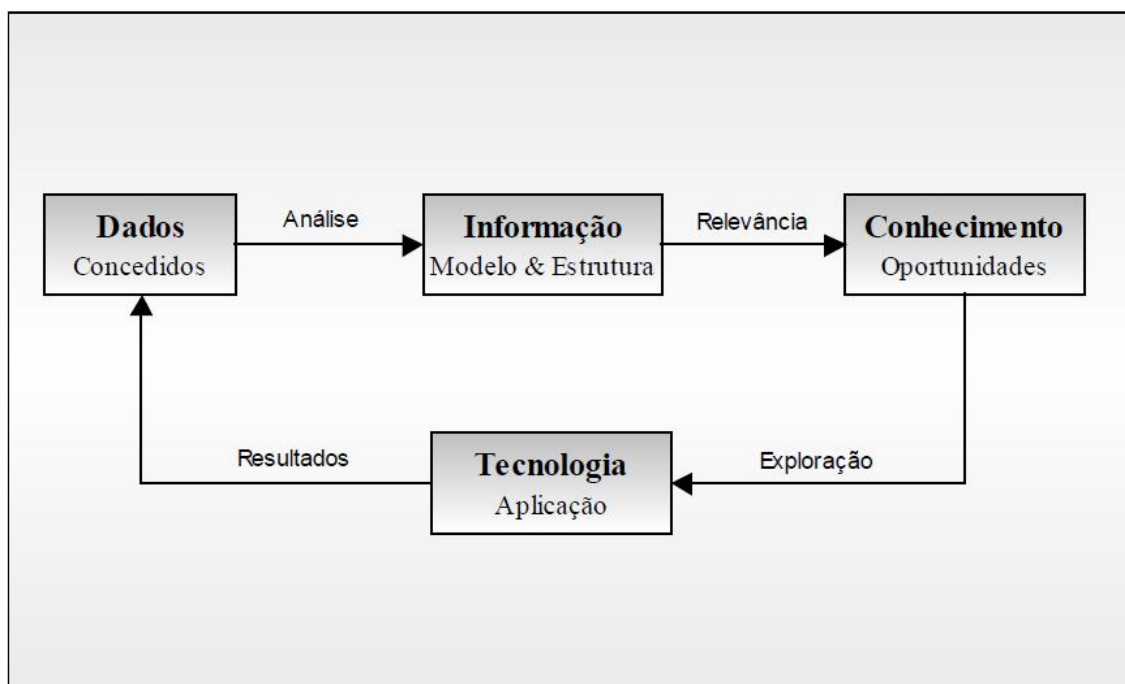


Figura 2.1 – Modelo de exploração de informação, segundo Beckett et al. (2000, p. 332)

Carpinetti (2010) mostra que para se melhorar continuamente não basta encontrar possíveis falhas ou problemas no processo e corrigi-los, é importante que se identifique os problemas prioritários, observe e colete dados, faça uma análise e busque as causas-raízes, planeje e implemente as ações e finalmente verifique os resultados.

Segundo ele, o processo pode ser representado pela figura 2.2

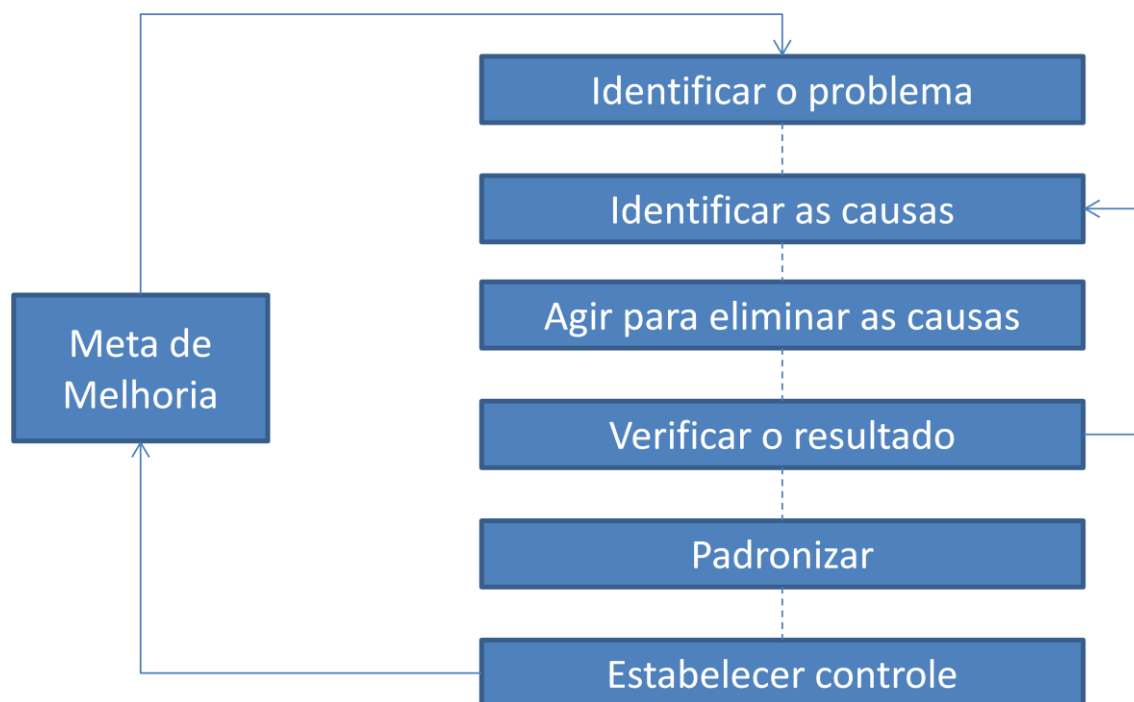


Figura 2.2 - Etapas em controle de processos, segundo Carpinetti, L. C. R. (2010, p. 77)

Isso mostra a importância da organização em se ter um método a ser seguido para poder melhorar continuamente. O método é a sequência lógica para se atingir a meta desejada, ou seja, ele deve apresentar os passos a serem seguidos para que se possa obter uma melhoria. O método apresentado nesse trabalho é o Ciclo PDCA.

2.2 O CICLO PDCA

2.2.1 Conceitos do Ciclo PDCA

Segundo Agostinetto (2006), as primeiras atividades desenvolvidas com a metodologia do Ciclo PDCA ocorreram na década de 20 por Walter Shewhart. Apesar da elaboração do método ter sido feita por Shewhart, quem realmente aplicou e disseminou o conceito foi Edwards Deming, o que fez com que o ciclo ficasse conhecido também por Ciclo de Deming. O conceito nasceu no escopo do TQM (*Total Quality Management*) como uma ferramenta que melhor representava o ciclo de gerenciamento de uma atividade.

O conceito do ciclo evoluiu ao longo dos anos vinculando-se também com a ideia de que, uma organização qualquer, encarregada de atingir um determinado objetivo, necessita planejar e controlar as atividades a ela relacionadas.

“O Ciclo PDCA é um método gerencial de tomada de decisões para garantir o alcance das metas necessárias à sobrevivência de uma organização.” (WERKEMA, 2006).

Como o nome próprio nome “ciclo” sugere, Agostinetto (2006) cita que esse método representa um processo sem fim, fazendo repetidamente um questionamento dos trabalhos detalhados de um determinado processo. Cada vez que se conclui a quarta e última etapa do ciclo, se inicia novamente a primeira etapa e “roda-se” novamente o PDCA. O termo “rodar o Ciclo PDCA” se dá devido à representação do ciclo ser feita através de uma circunferência, ou mais especificamente, uma representação parecida à representação de uma roda. Sendo então o ciclo PDCA definido como sendo a sequência de atividades percorridas de uma maneira cíclica para melhorar as práticas das organizações dos processos de fabricação ou qualquer outro processo de negócios da empresa.

Antigamente esse conceito era aplicado exclusivamente nos processos de fabricação, porém hoje em dia as empresas passaram a adotar o ciclo para os mais diversos processos da organização, fazendo adaptações a cada realidade fortalecendo o conceito de melhoria contínua em todos os níveis da empresa.

2.2.2 As etapas do Ciclo PDCA

O Ciclo PDCA é composto por quatro etapas que são:

- Planejar;
- Executar;
- Checar; e
- Agir.

O nome do ciclo são as letras iniciais dessas etapas na língua inglesa, que são:

- **Plan;**
- **Do;**
- **Check;** e
- **Act.**

Agostinetto (2006) descreve as atividades a ser desenvolvidas em cada etapa da seguinte maneira:

- **Plan – Planejar:** estabelece-se o plano de acordo com as diretrizes de cada empresa, identifica-se o problema, estabelece-se os objetivos e as metas, define-se o método a ser utilizado e analisa-se os riscos, custos, prazos e recursos disponíveis;
- **Do – Executar:** coloca-se o plano em prática, estabelecem-se treinamentos no método a ser utilizado e objetivos sobre os itens de controle, coleta-se dados para verificação do processo e finalmente, se educa, treina, motiva e obtém comprometimento de todas as pessoas;
- **Check – Checar:** verifica se o trabalho está sendo executado conforme planejado, se os valores medidos variaram e comparam estes com o padrão estabelecido e, finalmente, se os itens de controle correspondem com os valores dos objetivos;
- **Act – Agir:** realiza-se ações para corrigir trabalhos que possam ter desviado do padrão, investiga-se as causas e toma-se ações para não repeti-los e melhora-se o sistema de trabalho e o método. Caso não sejam identificados desvios, deve-se procurar realizar um trabalho preventivo, identificando quais os desvios são passíveis de ocorrer no futuro, suas causas, soluções etc.

A Figura 2.3 apresenta uma representação do Ciclo PDCA onde as etapas e os passos de cada etapa estão representados em uma circunferência, ou numa “roda”. Na Figura 2.4, o ciclo PDCA é apresentado através de um fluxo de ações a serem tomadas.

Após o Ciclo PDCA ser “rodado” e a(s) melhoria(s) implementada(s), o Ciclo PDCA pode ser utilizado para manter a qualidade. Essa variação do PDCA pode também ser denominada de SDCA, como a meta e os métodos já foram definidos previamente e viraram um padrão, a etapa “Plan” (“planejar”) é substituída pela etapa “Standard” (“padrão”).

Os passos a serem seguidos no SDCA são apresentados na Figura 2.5 através de um fluxo de ações a serem realizadas.

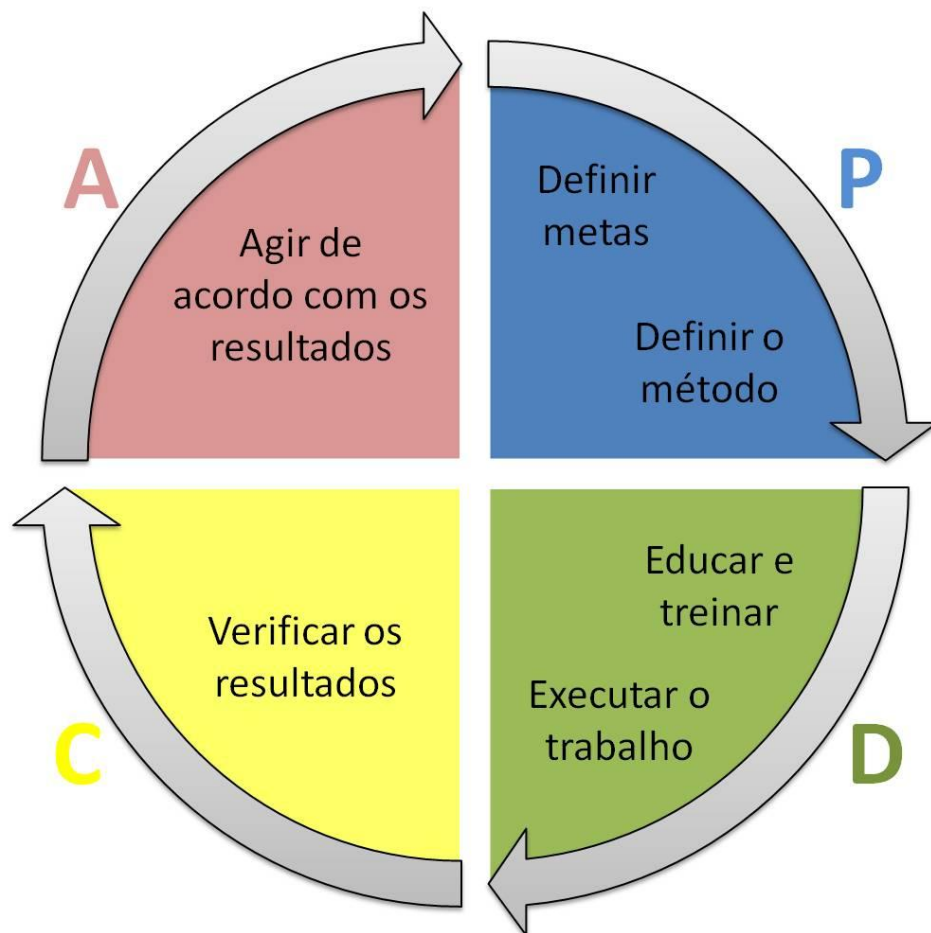


Figura 2.3 – Ciclo PDCA

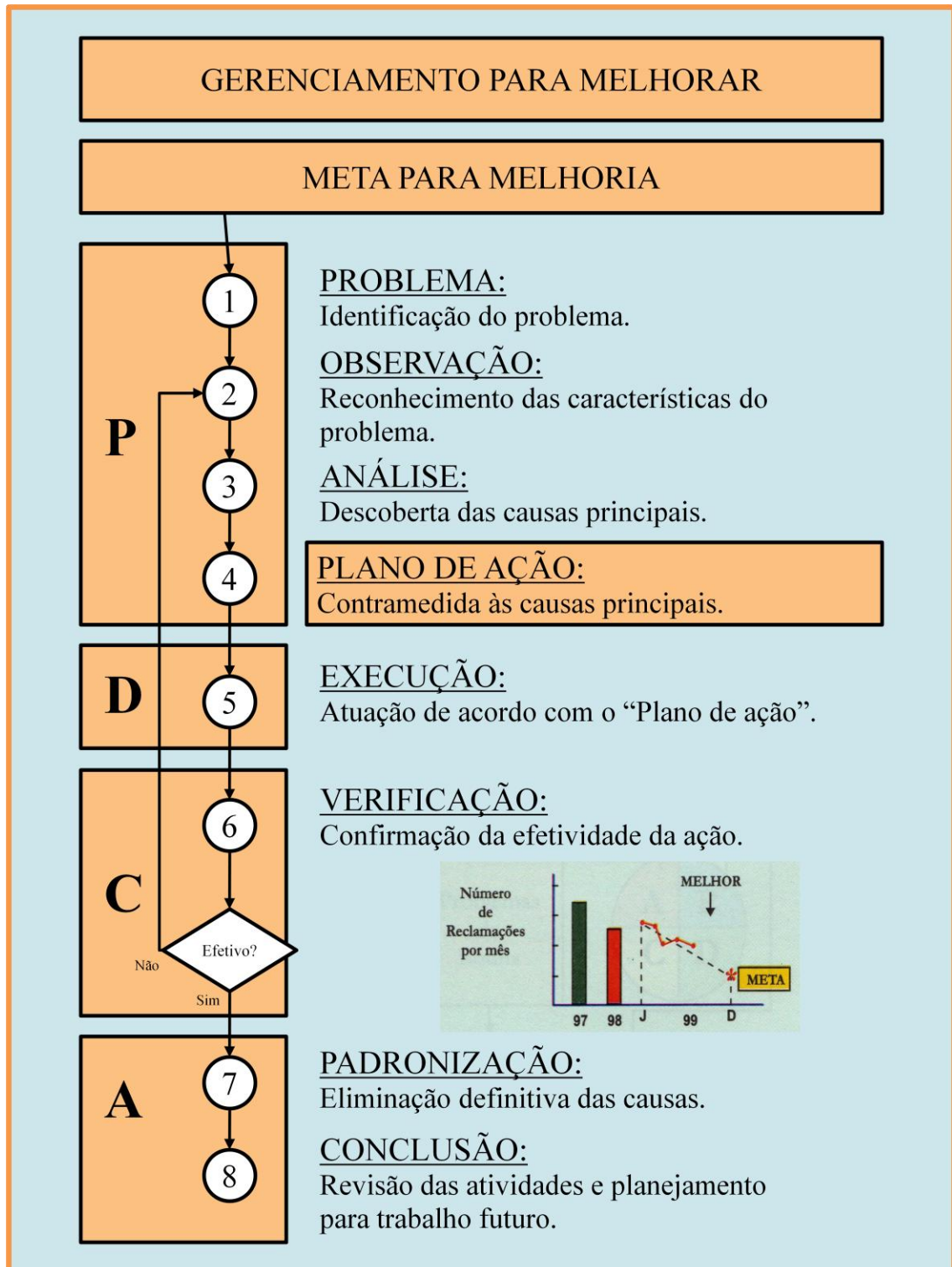


Figura 2.4 – Ciclo PDCA de Melhoria, segundo Campos, V. F. (1994, p. 269)

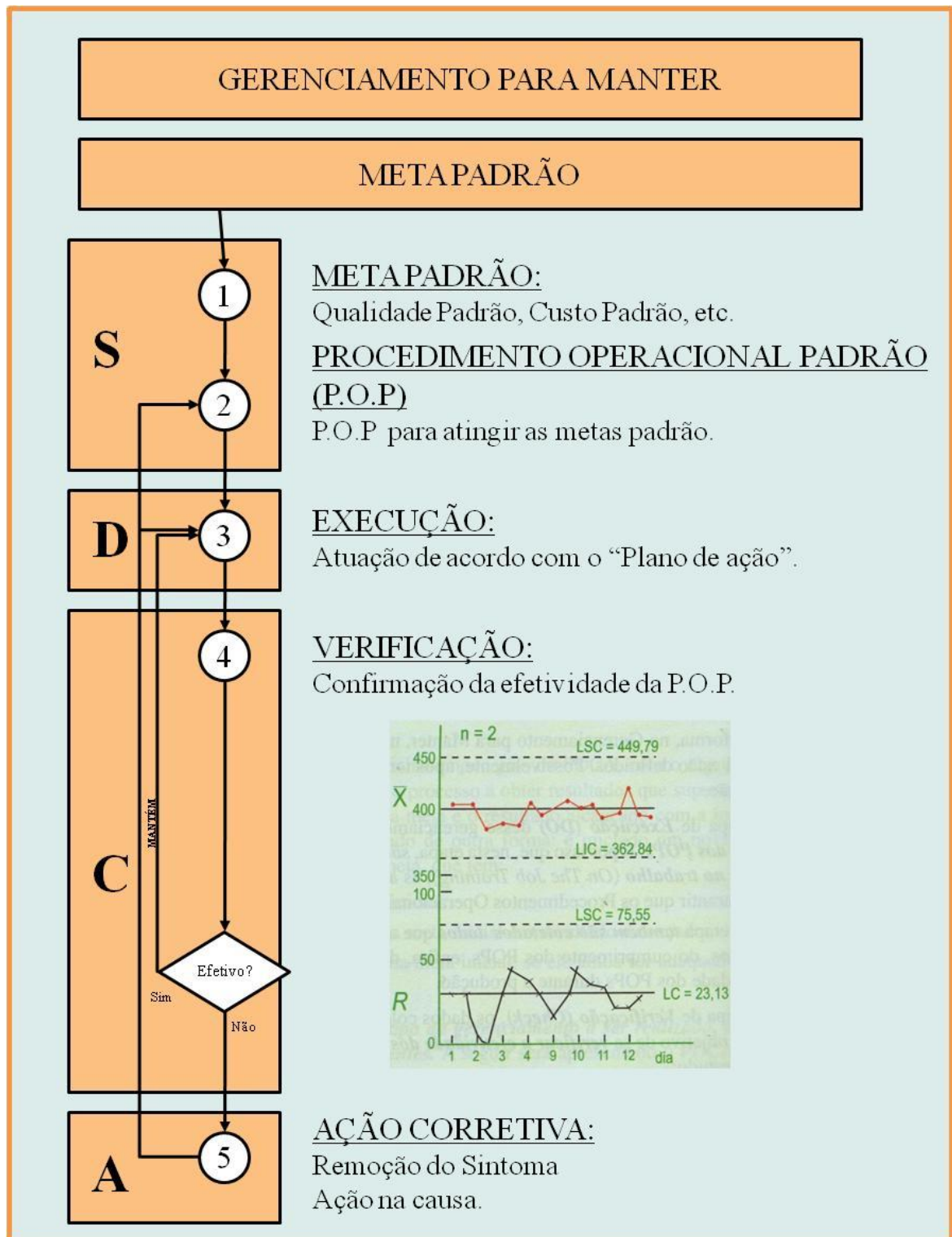


Figura 2.5 – Ciclo PDCA para Manter Resultados, segundo Campos, V. F. (1994, p. 268)

2.3 AS SETE FERRAMENTAS BÁSICAS DA QUALIDADE

2.3.1 Estratificação

Segundo Werkema (2006), estratificação é a divisão de um determinado grupo de dados em diversos subgrupos de acordo com fatores desejados, os quais são conhecidos como fatores de estratificação. As causas que atuam nos processos produtivos e geram algum tipo de variação, constituem possíveis fatores de estratificação de um conjunto de dados. Ou seja, fatores como turnos, máquinas, tempo, métodos, pessoas, medidas, matéria-prima, condições ambientais, etc. são fatores naturais para a estratificação dos dados. Pode-se, por exemplo, subdividir um determinado indicador de desempenho por turno e por operador, o que vai permitir a verificação se um determinado problema está concentrado em algum dos turnos, o que pode significar falta de condições naquele turno, ou se o problema é pontual com alguns funcionários independente do turno, o que pode significar a falta de padronização das operações.

Um exemplo de uso de estratificação é apresentado no gráfico 2.1, onde os problemas (1 a 5) são subdivididos em fatores de estratificação (1 a 3).

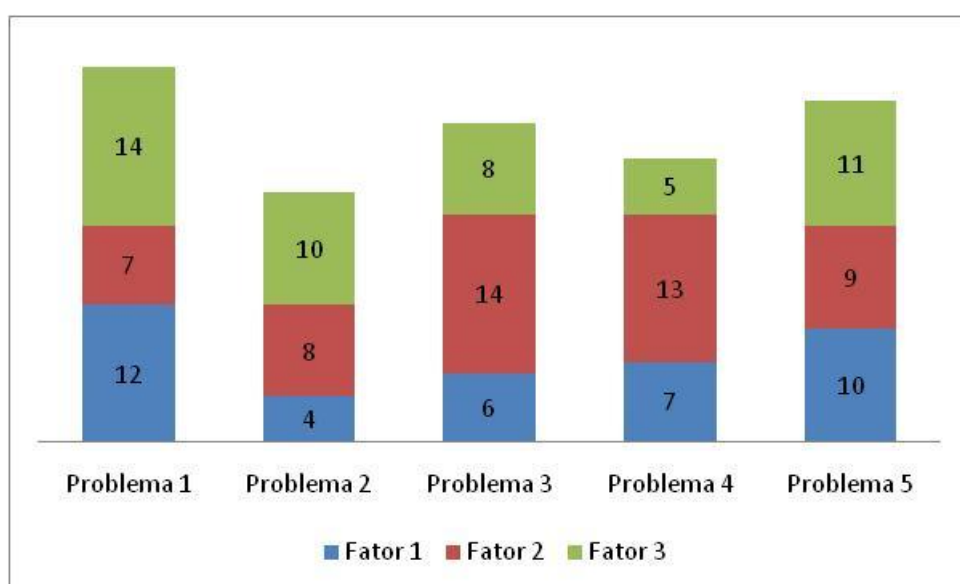


Gráfico 2.1 – Exemplo de um gráfico estratificado

A estratificação é uma ferramenta que pode ser aplicada nas etapas observação, análise, execução, verificação e padronização do Ciclo PDCA para melhorar e nas etapas de execução e ação corretiva PDCA para manter. Na fase de observação do PDCA de melhorias, que é o momento em que se identifica as características do problema, deve-se estratificar as informações sob vários pontos de vista, dentre os quais podemos citar:

- Tempo: Os resultados têm uma variação significativa em diferentes períodos do dia?
- Local: Os resultados de diferentes linhas produtivas, plantas produtivas, ou locais onde um determinado produto é comercializado, possuem uma variação significativa?
- Insumos: Para cada fornecedor os resultados são diferentes?
- Indivíduo: Dependendo do operador que está alocado em um determinado posto de trabalho, os resultados deste mesmo posto variam significativamente?

É muito importante que, durante a coleta de dados, se registre todos os fatores que sofrem alterações, pois somente assim se terá um completo diagnóstico para encontrar os principais contribuintes para um determinado problema.

2.3.2 FOLHA DE VERIFICAÇÃO

Para Werkema (2006), a Folha de Verificação consiste em um meio de facilitar, organizar e padronizar a coleta e registro de dados, para que a posterior compilação e análise dos dados sejam otimizadas.

“Uma folha de verificação é um formulário no qual os itens a serem examinados já estão impressos, com o objetivo de facilitar a coleta e o registro dos dados.” (WERKEMA, 2006)

Portanto, os principais objetivos de se utilizar a folha de verificação são:

- Facilitar o trabalho de quem realiza a coleta de dados.

- Organizar os dados durante a coleta, evitando que haja a necessidade de se organizar os dados posteriormente.
- Padronizar os dados que serão coletados, independente de quem realize a coleta.

Existem diferentes tipos de folha de verificação, dentre eles os mais comuns são para distribuição de um item de controle de um processo produtivo, para classificação, para localização de defeitos e para identificação de causas de defeitos.

Para que se decida qual tipo de folha de verificação será utilizada, é necessário se saber claramente o objetivo da coletas de dados, por exemplo, quais os subgrupos de fatores de estratificação se deseja avaliar.

Uma folha de verificação para a distribuição de um item de controle de um processo produtivo serve para se analisar a distribuição dos valores de um item de controle de interesse associado a um processo. Normalmente se utiliza um histograma (essa ferramenta será descrita no tópico 2.3.5) para esse tipo de análise, porém para a construção desse histograma é necessário que se colete dados para depois compilar esses dados e então construir o histograma. Essas ações podem ser reduzidas a apenas uma ação caso se utilize uma folha de verificação para a distribuição de um item de controle de processo produtivo. Para isso deve-se elaborar previamente essa folha de verificação, onde ao coletar os dados, já os distribuam de uma maneira que mostre as frequências que eles ocorrem e então o histograma estará construído ao final da coleta de dados.

Uma folha de verificação para classificação é utilizada para subdividir uma determinada característica de interesse em suas diversas categorias. Por exemplo, uma folha de verificação que aponte os tipos de problema que causam paradas de máquinas, tipos de defeitos encontrados em um produto, reclamações de clientes, etc.

Uma folha de verificação para localização de defeitos é utilizada para que se identifique onde estão ocorrendo determinados defeitos que foram identificados nos produtos. Esse tipo de folha de verificação traz impresso um desenho do produto para que se marque no próprio produto onde estão ocorrendo os defeitos. Ela pode ser combinada com uma folha de verificação para classificação para que se

identifique o defeito e a sua localização, podendo então identificar cada problema com um sinal ou cor diferente.

Com a utilização dessa folha de verificação, pode-se facilitar o trabalho de encontrar as causas raízes desses defeitos, uma vez que se sabe exatamente onde se concentram os defeitos.

Uma folha de verificação para identificação de causas de defeitos é muito parecida com uma folha de verificação para classificação, porém ela permite uma estratificação mais detalhada dos fatores, fazendo com que o trabalho de identificação das causas seja facilitado.

O quadro 2.1 apresenta um guia para a elaboração de uma folha de verificação.

Recomendações Gerais para elaboração e utilização de Folhas de Verificação
1. Defina o objetivo da coleta de dados. 2. Determine o tipo de folha de verificação a ser utilizado. 3. Estabeleça um título apropriado para a folha de verificação. 4. Inclua campos para o registro dos nomes e códigos dos departamentos envolvidos. 5. Inclua campos para o registro dos nomes e códigos dos produtos considerados. 6. Inclua campos para identificação da(s) pessoa(s) responsável(eis) pelo preenchimento da folha de verificação (<i>quem</i>). 7. Inclua campos para o registro da origem dos dados (turno, data de coleta, instrumento de medida, número total de produtos avaliados, entre outros). 8. Apresente na própria folha de verificação instruções simplificadas para seu preenchimento. 9. Conscientize todas as pessoas envolvidas no processo de obtenção dos dados do objetivo e da importância da coleta (<i>porque</i>). Continua

Recomendações Gerais para elaboração e utilização de Folhas de Verificação – Continuação
10. Informe a todas as pessoas envolvidas no processo de obtenção dos dados exatamente em o que, onde, quando e como será medido. 11. Instrua todas as pessoas envolvidas na coleta de dados sobre a forma de preenchimento da folha de verificação. 12. Certifique-se de que todos os fatores de estratificação de interesse (máquinas, operadores, turnos, matérias-primas, entre outros) tenham sido incluídos na folha de verificação. 13. Execute um pré teste antes de passar a usar a folha de verificação, com o objetivo de identificar possíveis falhas na elaboração da folha.

Quadro 2.1 – Recomendações Gerais para elaboração e utilização de Folhas de Verificação, segundo Werkema, C. (2006, p. 69-70)

2.3.3 GRÁFICO DE PARETO

O Gráfico de Pareto é um gráfico de barras verticais que ordena as frequências das ocorrências de uma determinada característica a ser medida da maior para a menor, permitindo a priorização dos problemas. Ele dispõe as informações de uma maneira que as torna clara e fácil de se priorizar as ações.

“O gráfico de Pareto é um gráfico de barras no qual as barras são ordenadas a partir da mais alta até a mais baixa e é traçada uma curva que mostra as porcentagens acumulada de cada barra.” (WERKEMA, 2006).

O princípio de Pareto foi desenvolvido pelo sociólogo e economista italiano Vilfredo Pareto (1843-1923). Em 1897 ele estudou e mostrou que distribuição de renda em Milão era muito desigual, poucos detinham a maior parte da riqueza, segundo ele 80% da riqueza estava nas mãos de 20% da população e somente 20% da riqueza estava nas mãos dos outros 80% da população. Juran resolveu então aplicar essa teoria à qualidade e constatou que esta mesma ideia também se aplicava aos problemas da qualidade. Ele chegou à conclusão de que poucas causas eram as principais responsáveis pelos problemas.

Esses problemas relacionados com a qualidade, dentre eles, percentual de itens defeituosos, atrasos na entrega de produtos, modos de falhas de máquinas, perdas de produção, número de reclamações de clientes, gastos com reparos de produtos dentro do prazo de garantia, ocorrências de acidentes de trabalho, que se traduzem sob a forma de perdas, podem ser separados em duas categorias: os “*poucos vitais*” e os “*muitos triviais*”. Sendo os *poucos vitais* os que apesar de serem poucos, têm um impacto grande, e os *muitos triviais* são os que representam uma grande quantia de problemas, porém não causam impactos significantes para a empresa.

O princípio de Pareto estabelece então que um problema é causado, principalmente, por um número reduzido de causas. Essas causas devem ser identificadas e então realizar ações para eliminá-las num primeiro momento, o que já significará uma redução de 80 ou 90% das perdas que a empresa vem sofrendo, para depois se dedicar a eliminar as outras causas que têm pouca contribuição para o problema, o que fará com que o problema seja resolvido de maneira muito mais eficiente.

“O Gráfico de Pareto dispõe a informação de forma a permitir a concentração dos esforços para melhoria nas áreas onde os maiores ganhos podem ser obtidos.” (WERKEMA, 2006).

Os passos a serem seguidos para elaboração de um gráfico de Pareto estão descritos no Quadro 2.2.

Etapas para a construção de um Gráfico de Pareto
Coleta e preparo dos dados 1. Defina o tipo de problema a ser estudado. (itens defeituosos, reclamações, acidentes, perdas financeiras, etc.). 2. Liste possíveis fatores de estratificação (categorias) do problema escolhido. (tipo ou localização de defeito, turno, máquina, operador, etc.). Crie a categoria “outros” para agrupar as ocorrências menos Continua

Etapas para a construção de um Gráfico de Pareto - Continuação

frequentes. Cada ocorrência da categoria “outros” deve ser completamente identificada.

3. Estabeleça o método e o período de coleta de dados.
4. Elabore uma lista de verificação apropriada para coletar os dados.
5. Preencha a lista de verificação e registre o total de vezes que cada categoria foi observada e o número total de observações.
6. Elabore uma planilha de dados para o gráfico de Pareto, com as seguintes colunas:
 - Categorias
 - Quantidades (totais individuais)
 - Totais acumulados
 - Porcentagens do total geral
 - Porcentagens Acumuladas

7. Preencha a planilha de dados, listando as categorias em ordem decrescente de quantidade, conforme mostrado na Tabela 2.1.

A categoria “outros” deve ficar na última linha da planilha, qualquer seja o seu valor, já que ela é composta por um conjunto de categorias no qual cada elemento assume um valor menor que a menor quantidade associada a cada categoria listada individualmente.

Construção do gráfico

8. Trace dois eixos verticais de mesmo comprimento e um horizontal.
9. Marque o eixo vertical do lado esquerdo (ou direito) com a escala de zero até o total da coluna Quantidade (Q) da planilha de dados. Identifique o nome da variável representada neste eixo e a unidade de medida utilizada, caso seja necessário.
10. Marque o eixo vertical do lado direito (ou esquerdo) com a escala de zero até 100%. Identifique este eixo como “Porcentagem Acumulada (%)”.

Continua

Etapas para a construção de um Gráfico de Pareto - Continuação

11. Divida o eixo horizontal em um número de intervalos igual ao número de categorias constantes na planilha de dados.
12. Identifique cada intervalo do eixo horizontal escrevendo os nomes das categorias, na mesma ordem em que eles aparecem na planilha de dados.
13. Construa o gráfico de barras utilizando a escala do eixo vertical do lado esquerdo.
14. Construa a curva de Pareto marcando os valores acumulados (Total Acumulado ou Porcentagem Acumulada), acima e no lado direito (ou no centro) do intervalo de cada categoria, e ligue os pontos por segmentos de reta.
15. Registre outras informações que devam constar no gráfico:
 - Título
 - Período de coleta de dados
 - Número total de itens inspecionados
 - Objetivo do estudo realizado

Quadro 2.2 – Etapas para construção de um Gráfico de Pareto, segundo Werkema, C. (2006, p. 78-80)

Os gráficos de Pareto podem ser de dois tipos: Gráfico de Pareto para efeitos e Gráfico de Pareto para causas.

O gráfico de Pareto para efeitos é o gráfico que ordena os problemas apresentados pela empresa de maneira que seja possível identificar o principal problema, enquanto o gráfico de Pareto para causas ordena as causas de cada problema apresentado pela empresa.

Planilha de dados para construção de um Gráfico de Pareto				
Coluna 1	Coluna 2	Coluna 3	Coluna 4	Coluna 5
Categoria	Quantidade	Total Acumulado	Porcentagem do Total Geral (%)	Porcentagem Acumulada
1. ZYXW	Q1	Q1	$Q1/Q \times 100 = P1$	P1
2. YZWX	Q2	$Q1 + Q2$	$Q2/Q \times 100 = P2$	$P1 + P2$
3. WXZY	Q3	$Q1 + Q2 + Q3$	$Q3/Q \times 100 = P3$	$P1 + P2 + P3$
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.
Outros				
Totais	Q	----	100%	----
T = Número Total de Itens Inspeccionados.				

Tabela 2.1 - Planilha de dados para construção de um Gráfico de Pareto, segundo Werkema, C. (2006, p. 79)

O gráfico de Pareto para efeitos pode ser utilizado para ordenar problemas nas cinco dimensões da Qualidade Total:

- Qualidade: por exemplo, número de devoluções de produtos, número de reclamações de clientes, percentual de produtos defeituosos, etc.
- Custo: por exemplo, custos de manutenção de equipamentos, gastos com reparos de produtos dentro do prazo de garantia, perdas de produção, etc.
- Entrega: por exemplo, falta de matéria-prima em estoque, índices de entrega em qualidade e local errados, índices de atrasos de entrega, etc.
- Moral: por exemplo, absenteísmo, índices de demissões, índices de reclamações trabalhistas, etc.

- Segurança: por exemplo, número de acidentes sofridos por usuários do produto, índices de gravidade de acidentes, número de acidentes de trabalho, etc.

O gráfico de Pareto para causas pode se referir a:

- Informações do Processo ou Medidas, por exemplo, método de medição, calibração e precisão dos instrumentos de medição, etc.
- Equipamentos, por exemplo, manutenção, tipo de ferramenta utilizada desgaste, modo de operação, etc.
- Métodos ou Procedimentos, por exemplo, clareza das instruções, atualização, informação, etc.
- Insumos, por exemplo, lote, armazenamento, fornecedor, tipo, transporte, etc.
- Condições ambientais, por exemplo, iluminação, temperatura, clima, umidade, etc.
- Pessoas, por exemplo, experiência, idade, saúde, treinamento, etc.

Alguns cuidados devem ser observados ao se construir um gráfico de Pareto, é sempre muito importante após se fazer um gráfico de Pareto para efeitos, fazer um gráfico de Pareto para os problemas identificados como principais para então visualizar as principais causas de cada um. Deve-se fazer uma análise do gráfico utilizando o bom senso para verificar se as causas apontadas por ele são realmente as mais importantes, por exemplo, um acidente de trabalho fatal requer um cuidado mais rígido do que 200 cortes na mão. Caso existam causas que não sejam as prioritárias, porém sejam de simples resolução, elas devem ser resolvidas de imediato.

É importante ressaltar que a categoria “outros” não deve representar mais do que 10% da frequência total, caso isso ocorra, deve-se rever as divisões feitas para separar as categorias, pois elas não foram divididas da maneira correta e muitas delas acabaram se enquadrando nessa categoria.

A estrutura do gráfico de Pareto é apresentada no Gráfico 2.2.

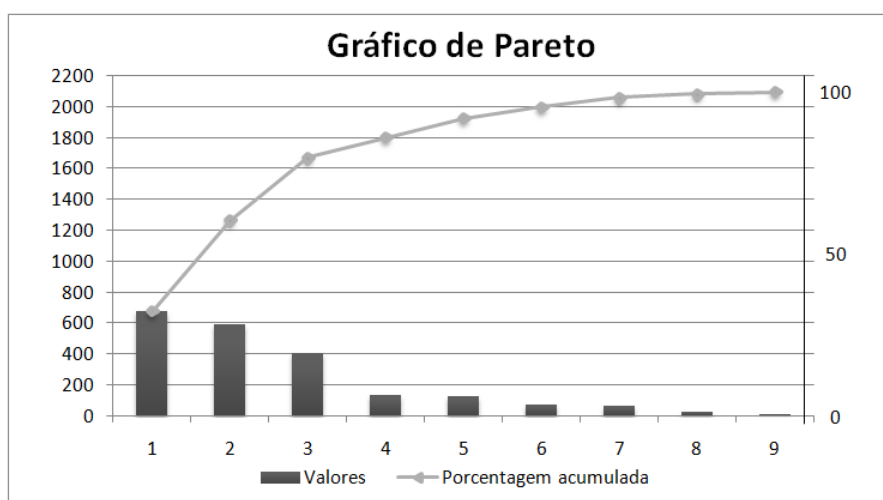


Gráfico 2.2 – Exemplo de um Gráfico de Pareto

2.3.4 DIAGRAMA DE CAUSA E EFEITO

O diagrama de Causa e Efeito é uma ferramenta utilizada para apresentar a relação existente entre um resultado de um processo (efeito) e os fatores (causas) do processo que, por razões técnicas, possam afetar o resultado considerado. (WERKEMA, 2006).

O Diagrama de Causa e Efeito foi desenvolvido em 1943 pelo engenheiro químico Kaoru Ishikawa, na Universidade de Tóquio. Ele construiu o um diagrama de causa e efeito para explicar a alguns engenheiros de uma indústria japonesa como os vários fatores de um processo estavam inter-relacionados. Por esse motivo, o diagrama é também conhecido com Diagrama de Ishikawa.

O diagrama permite a organização das informações possibilitando a identificação das possíveis causas do problema. Ele atua como um guia para a identificação da causa fundamental deste problema e é utilizado para sumarizar e apresentar as possíveis causas do problema considerado, com isso, pode-se então determinar medidas corretivas para serem adotadas.

A Figura 2.6 apresenta a estrutura de um diagrama de causa e efeito. Devido a sua estrutura lembrar o esqueleto de um peixe, o diagrama recebe também uma terceira denominação, Diagrama de Espinha de Peixe.

O Quadro 2.3 apresenta os passos a serem seguidos para elaboração de um Diagrama de Causa e Efeito.

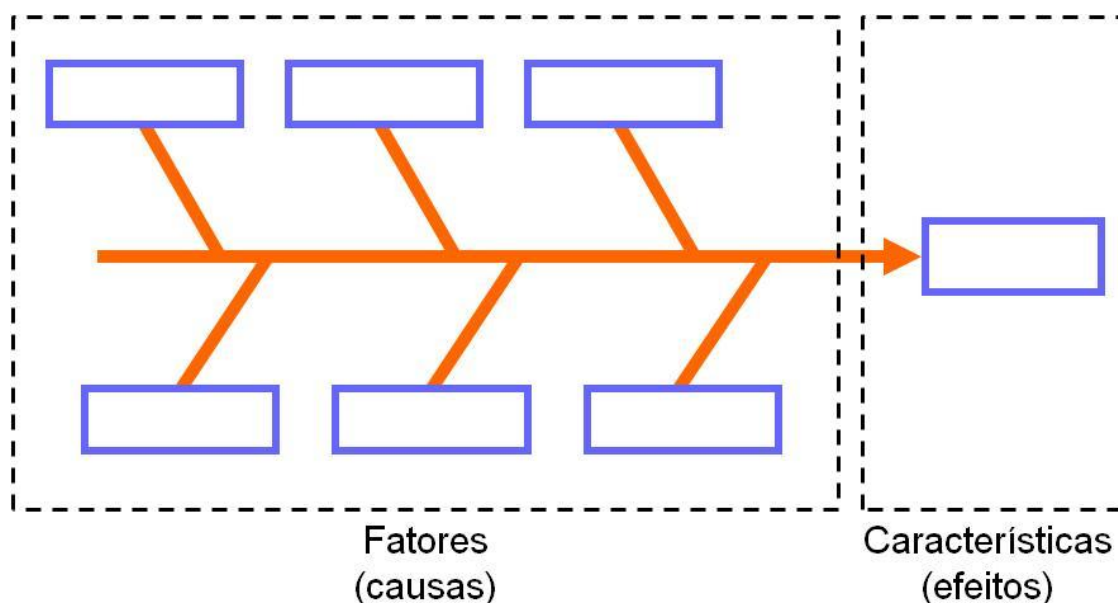


Figura 2.6 – Representação do Diagrama de causa e efeito

Para que a utilização do diagrama tenha um resultado eficiente, Werkema (2006) faz algumas considerações, sempre que for se construir um diagrama, o maior número de pessoas envolvidas com o efeito deve estar presente para que não seja esquecida nenhuma informação relevante. Pode-se usar, por exemplo, um “brainstorming”, que é uma técnica que auxilia um grupo de pessoas a produzir um grande número de ideias em um curto espaço de tempo.

Deve-se definir claramente qual é exatamente o problema, onde, como e quando ele ocorreu (ou está ocorrendo). Caso seja necessário, deve-se desdobrar o problema em vários problemas menores para que as causas sejam mais fáceis de encontrar. Porém não se deve agrupar efeitos semelhantes ou de um mesmo processo num mesmo diagrama, pois esses problemas podem ter causas distintas.

Usualmente se utiliza os fatores “mão de obra”, “meio ambiente”, “medida”, “máquina”, “matéria prima” e “método”, o que faz com que as vezes se chame o diagrama de Diagrama 6M, porém pode-se adotar os fatores convenientes com o efeito.

Para se estabelecer o grau de importância das causas, deve-se basear sempre que possível em dados e não somente na experiência das pessoas para que se minimizem as chances de equívocos. Para que seja facilitado o uso de dados, é desejável que as causas e os efeitos sejam mensuráveis.

Etapas para a construção de um Diagrama de Causa e Efeito

1) Defina a característica da qualidade ou o problema a ser analisado.

Escreva a característica da qualidade ou o problema dentro de um retângulo, no lado direito de uma folha de papel.

Trace a espinha dorsal, direcionada da esquerda para a direita até o retângulo.

2) Relacione dentro de retângulos, como espinhas grandes, as causas primárias que afetam a característica da qualidade ou o problema definido no item 1.

3) Relacione, como espinhas médias, as causas secundárias que afetam as causas primárias.

4) Relacione, como espinhas pequenas, as causas terciárias que afetam as causas secundárias.

5) Identifique no diagrama as causas que parecem exercer um efeito mais significativo sobre a característica da qualidade ou problema.

Nesta etapa utiliza o conhecimento disponível sobre o processo considerando dados previamente coletados, ou colete novos dados.

6) Registre outras informações que devam constar no digrama.

- a. Título
- b. Data de elaboração do diagrama
- c. Responsáveis pela elaboração do diagrama

Quadro 2.3 – Etapas para criação de um Diagrama de Causa e Efeito, segundo Werkema, C. (2006, p. 100)

2.3.5 HISTOGRAMA

Todas as características de um produto ou serviço apresentam naturalmente uma variabilidade. Porém se o processo estiver sob controle estatístico, essa variabilidade se dará de acordo com um padrão que é conhecido com distribuição.

“Distribuição é um modelo estatístico para o padrão de ocorrência dos valores de uma determinada população.” (WERKEMA, 2006).

Para que se conheça o padrão, ou como a distribuição de uma determinada população se comporta, Werkema (2006) afirma que deve-se coletar uma amostra desta população de interesse e medir os valores assumidos pela variável considerada. Para uma melhor eficiência, maior deve ser o tamanho dessa amostra, por outro lado, quanto maior for a amostra, maior será a dificuldade de percepção da característica dessa distribuição. Com o intuito de facilitar essa visualização, deve-se utilizar o histograma, que é uma ferramenta que permite resumir as informações que estão contidas em um grande conjunto de dados.

“O histograma é um gráfico de barras no qual o eixo horizontal, subdividido em vários pequenos intervalos, apresenta os valores assumidos por uma variável de interesse.” (WERKEMA, 2006).

Para cada um dos pequenos intervalos, uma barra vertical é construída, proporcional à frequência com que aquele intervalo ocorre. O histograma dispõe as informações de maneira que é possível ter a percepção da localização do valor central e da dispersão dos dados em torno desse valor central, e também permite visualizar a forma da distribuição de um conjunto de dados.

Uma possível forma de um histograma é apresentada no Gráfico 2.3. Nesse caso é um histograma simétrico ou em forma de sino, devido à sua distribuição ser uma distribuição normal. Os passos para se construir um Histograma de variáveis contínuas são apresentados no Quadro 2.4.

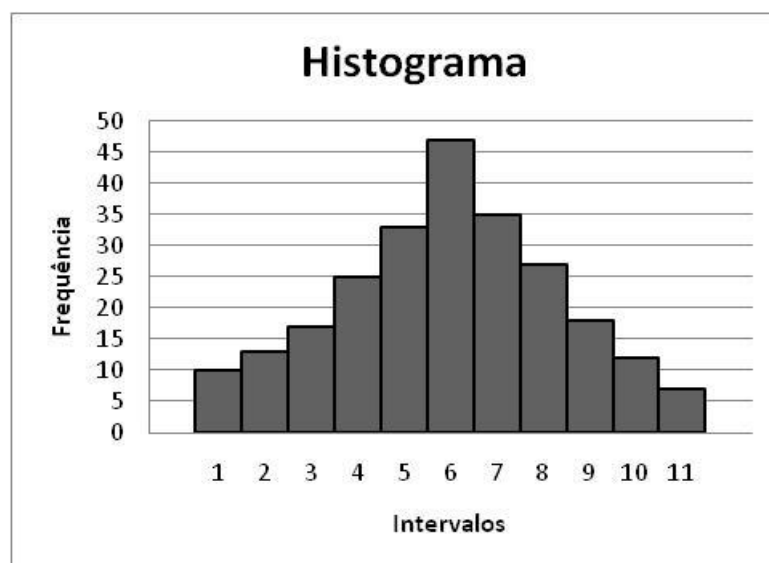


Gráfico 2.3 – Exemplo de um Histograma

**Procedimento para a construção de um Histograma – Variáveis
Contínuas**

- 1) Colete n dados referentes à variável cuja distribuição será analisada**

É aconselhável que n seja superior a 50 para que possa ser obtido um padrão representativo da distribuição.

- 2) Escolha o numero de intervalos ou classes (k).**

Não existe uma única regra universal para a escolha de k . Sugerimos o emprego da Tabela 2.2 como um guia para a determinação do número de intervalos.

- 3) Identifique o menor valor (MIN) e o maior valor (MAX) da amostra.**

- 4) Calcule a amplitude total dos dados (R):**

$$R = MAX - MIN$$

- 5) Calcule o comprimento de cada intervalo (h):**

$$h = R / k$$

h é denominado amplitude de classe.

- 6) Arredonde o valor de h de forma que seja obtido um número conveniente. Este número deve ser um múltiplo de inteiro da unidade de medida dos dados da amostra.**

- 7) Calcule os limites de cada intervalo.**

PRIMEIRO INTERVALO:

Limite inferior: $LI_1 = MIN - h/2$

Limite superior: $LS_1 = LI_1 + h$

SEGUNDO INTERVALO:

Limite inferior: $LI_2 = LS_1$

Limite superior: $LS_2 = LI_2 + h$

i -ÉSIMO INTERVALO:

Limite inferior: $LI_i = LS_{i-1}$

Limite superior: $LS_i = LI_i + h$

Continua

**Procedimento para a construção de um Histograma – Variáveis
Contínuas – Continuação**

Continue estes cálculos até que seja obtido um intervalo que contenha o maior valor da amostra (MAX) entre os seus limites. Observe que, seguindo este procedimento, o número final de intervalos será igual a $k + 1$.

8) Construa uma tabela de distribuição de freqüências, *constituída pelas seguintes colunas:*

- Número de ordem de cada intervalo (i).

- Limites de cada intervalo

Os intervalos são fechados à esquerda e abertos à direita: as observações iguais ao limite superior do intervalo $i - 1$, o qual é igual ao limite inferior do intervalo i , pertencem ao intervalo i .

- Ponto médio x_i do i -ésimo intervalo: $x_i = (LI_i + LS_i)/2$.

- Tabulação: contagem dos dados pertencentes a cada intervalo.

- Freqüência (f_i) do i -ésimo intervalo:

f_i = número de observações do i -ésimo intervalo.

Observe que a soma de todos os valores de f_i deve ser igual ao tamanho da amostra (n).

- Freqüência relativa (f_i/n) do i -ésimo intervalo.

9) Desenhe o histograma:

Construa uma escala no eixo horizontal para representar os limites dos intervalos.

Construa uma escala no eixo vertical para representar as freqüências dos intervalos.

Desenhe um retângulo em cada intervalo, com base igual ao comprimento (h) e altura igual à freqüência (f_i) do intervalo.

10) Registre as informações importantes que devam constar no gráfico:

- Título.
- Período de coleta dos dados.
- Tamanho da amostra.

Tamanho da amostra	Número de Intervalos (k)
< 50	5 – 7
50 – 100	6 – 10
100 – 250	7 – 12
> 250	10 – 20

Tabela 2.2 – Guia para determinação do número de intervalos (k) de Histogramas, segundo Ishikawa (1982)

Além da construção de histogramas para variáveis contínuas, pode-se construir histogramas para variáveis discretas, a diferença nesse caso é que não se deve dividir o eixo horizontal em intervalos de valores, cada observação deve assumir um valor inteiro, e para representar a frequência desses valores, deve-se traçar uma linha vertical ao invés de uma coluna.

2.3.6 DIAGRAMA DE DISPERSÃO

Werkema (2006) define o Diagrama de Dispersão como um gráfico que mostra o tipo de relacionamento entre duas variáveis, através dele pode-se identificar se existe uma tendência de variação conjunta (correlação) entre duas ou mais variáveis. O conhecimento dessa tendência de variação contribui para aumentar a eficiência dos métodos de controle do processo facilitando a identificação de possíveis problemas e para o planejamento de ações que permitem o estudo de algumas dessas relações.

Em outras palavras, o diagrama de dispersão mostra o que acontece com os valores de uma variável Y quando os valores da variável X aumentam. Pode-se citar como exemplo o caso em que precisa-se avaliar se ocorre um aumento do número de defeituosos em dias mais quentes. Outro exemplo é quando precisamos realizar um ensaio destrutivo, como um ensaio de resistência à tração, nesse caso é melhor que se substitua a medida de resistência por uma medida de dureza, que pode ser avaliada por meio de ensaios não destrutivos, que são mais rápidos e mais simples que o ensaio de tração. Como o objetivo é controlar a resistência à tração de peças de aço, para substituir o ensaio de tração por um ensaio de dureza, é necessário conhecer a relação existente entre a resistência e a dureza, o que pode ser feito através do uso de um diagrama de dispersão.

O Quadro 2.5 apresenta os passos a serem seguidos para construção de um Diagrama de Dispersão, no entanto, vale ressaltar que geralmente essa construção se dá por meio de softwares estatísticos, o que simplifica a tarefa.

Etapas para a construção de um Diagrama de Dispersão
1) Colete pelo menos 30 pares de observações (x, y) das variáveis cujo tipo de relacionamento será estudado. 2) Registre os dados coletados em uma tabela. 3) Escolha a variável que será representada no eixo horizontal x. Esta variável deve ser aquela que, por algum motivo, é considerada preditora da outra variável, a qual será plotada no eixo y. 4) Determine os valores máximo e mínimo das observações de cada variável. 5) Escolha escalas adequadas e de fácil leitura para os eixos horizontal e vertical. O menor valor da escala deve ser menor que o mínimo e o maior valor da escala deve ser maior que o máximo das observações da variável correspondente. Os comprimentos dos dois eixos devem ser aproximadamente iguais. 6) Desenhe as escalas em papel milimetrado. 7) Represente no gráfico os pares de observações (x, y). Quando existirem pares de observações repetidos, indique esse fato desenhando círculos concêntricos. 8) Registre as informações importantes que devem constar no gráfico: - Título. - Período da coleta. - Número de pares de observações. - Identificação e unidade de medida de cada eixo. - Identificação do responsável pela construção do diagrama.

Quadro 2.5 – Etapas para construção de um Diagrama de Dispersão, segundo Werkema, C. (2006, p. 164)

Um possível aspecto de um diagrama de dispersão é apresentado no Gráfico 2.4. Nesse caso os pontos formam um padrão de agrupamento que indica que o aumento da variável 1 implica em um aumento da variável 2, ou seja, essas variáveis possuem uma forte correlação positiva. Em outros casos pode-se verificar uma forte correlação negativa, quando uma variável aumenta e com isso a outra diminui, uma correlação positiva ou negativa, que existe uma tendência não muito definida, ou ainda nenhuma relação, que não tem como definir o comportamento da variável 2 com a variação da 1.

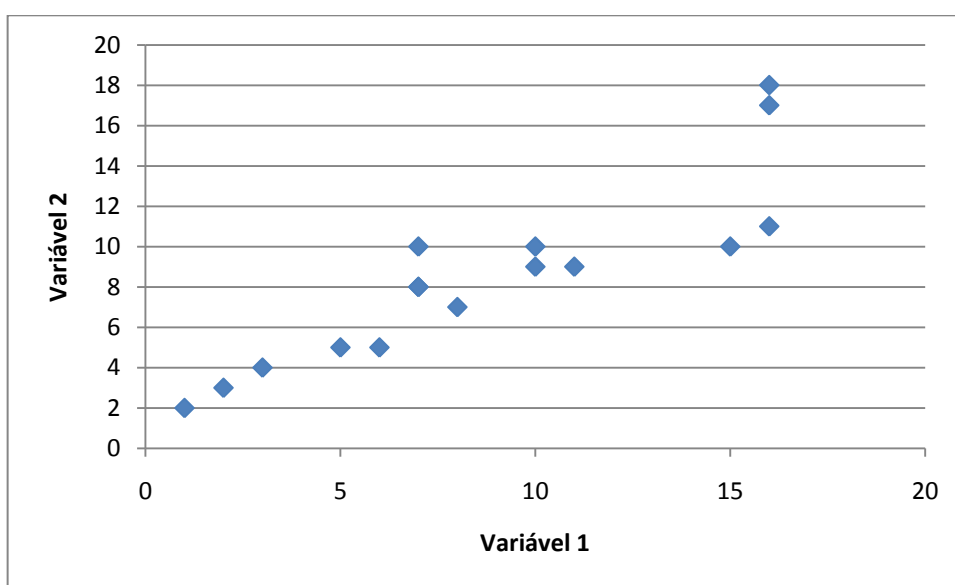


Gráfico 2.4 – Exemplo de um Gráfico de Dispersão

2.3.7 GRÁFICO DE CONTROLE

Como visto no tópico 2.3.5, todos os processos apresentam uma variabilidade. De acordo com Werkema (2006), qualquer bem ou serviço produzido apresenta uma variação decorrente de variações no processo produtivo. Essas variações podem ser decorrentes de mudanças ambientais, variações de matéria prima, diferenças entre máquinas, diferenças entre fornecedores, diferentes mão-de-obra, entre outros. Deve-se sempre procurar minimizar essa variabilidade, porém essa variabilidade natural normalmente não pode ser eliminada por completo e deve ser monitorada constantemente para se verificar a estabilidade dos processos para que eles não

resultem em produtos defeituosos, produtos de baixa qualidade, para que não haja perda de produção, e de modo geral, na perda da confiança do cliente.

“Os gráficos (cartas) de controle são ferramentas para o monitoramento da variabilidade e para a avaliação da estabilidade do processo.” (WERKEMA, 2006).

Os processos podem sofrer variações na qualidade decorrentes de causas dois tipos, Causas Comuns ou Aleatórias e Causas Especiais ou Assinaláveis.

As causas comuns, ou aleatórias, são as causas naturais do processo, provocadas por causas triviais. Essas causas são inerentes ao processo e estarão presentes mesmo que todas as operações sejam executadas de acordo com as instruções operacionais padronizadas. Quando somente causas desse tipo estão atuando no processo, a variabilidade se mantém em uma faixa estável, o que significa que o processo está sob controle estatístico.

As causas especiais, ou assinaláveis, aparecem esporadicamente, decorrentes de algum evento particular que gera um comportamento diferente do usual, o que pode interferir negativamente na qualidade do produto. Nesse caso, o processo está fora de controle estatístico, variando mais do que a sua variação natural. Essas causas devem ser identificadas e eliminadas, sempre procurando tomar ações preventivas para que elas não voltem a ocorrer.

Causas especiais podem ser em alguns casos, benéficas para o processo, elas podem causar uma variação e melhorar a qualidade do produto. Caso isto ocorra, deve-se estudar a viabilidade de se incorporar ao processo esta causa especial de variação.

“Um gráfico de controle permite a distinção entre os dois tipos de causa de variação, ou seja, ele nos informa se o processo está ou não sob controle estatístico.” (WERKEMA, 2006).

Os gráficos de controle não têm como função identificar as causas especiais que atuam em um processo, ele apenas aponta se existem causas especiais causando variação no processo, para daí então se interferir no processo e identificar essas causas com o auxílio de outras ferramentas.

A estrutura de um gráfico de controle é formada por uma linha média (LM), um limite inferior de controle (LIC), localizado abaixo da linha média, um limite superior de controle (LSC), localizado acima da linha média, e os valores da característica da qualidade que estão sendo monitorados, como mostra o Gráfico 2.5.

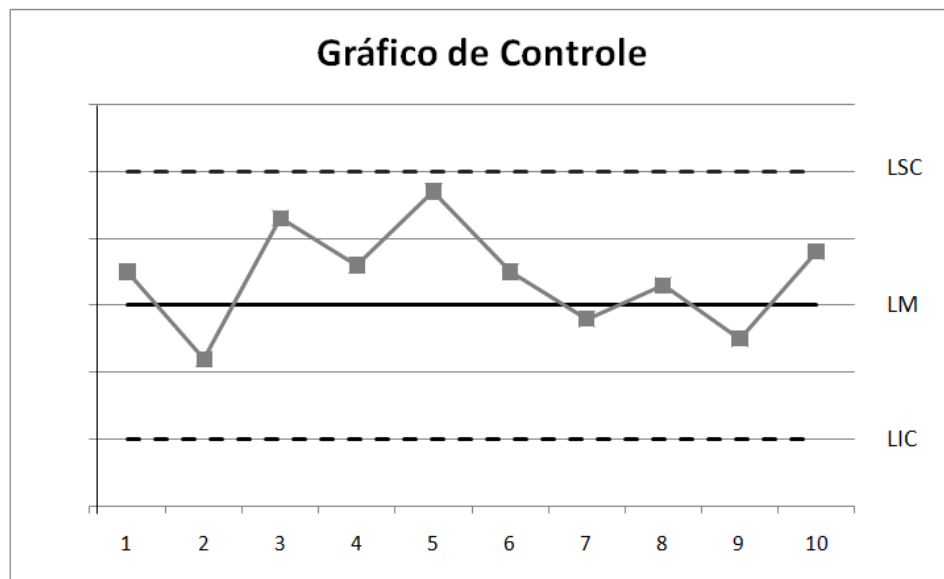


Gráfico 2.5 – Exemplo de um Gráfico de Controle

A linha média representa o valor médio da característica da qualidade correspondente à situação do processo sob controle, ou seja, quando o processo está somente sob a atuação de causas aleatórias. Os limites de controle LIC e LSC são calculados de maneira que se o processo está sob controle, praticamente todos os pontos devem estar contidos entre esses limites, formando uma nuvem aleatória de pontos distribuídos em torno da linha média.

Para que um processo seja considerado fora de controle, os pontos devem estar fora dos limites de controle, ou apresentarem alguma configuração especial (não aleatória).

Os gráficos de controle podem ser divididos em dois tipos:

- Gráficos de Controle para Variáveis; e
- Gráficos de Controle para Atributos.

Os gráficos de controle para variáveis são utilizados quando a característica da qualidade é expressa por um número em uma escala contínua de medidas. Eles podem ser dos seguintes tipos:

- a) Gráfico da média $\bar{x}$.
- b) Gráfico de amplitude R .

- c) Gráfico de desvio padrão s .
- d) Gráfico de medidas individuais x .

Os gráficos de controle para atributos são utilizados nos casos em que as medidas representadas no gráfico são provenientes de contagens do número de itens do produto que apresentam uma característica de interesse, o atributo. Eles podem ser utilizados, por exemplo, para o número de peças cujos diâmetros não satisfazem às especificações (peças defeituosas). Eles podem ser dos seguintes tipos:

- a) Gráfico de proporção de defeituosos p ; e
- b) Gráfico do número de defeitos c .

Os gráficos de controle mais utilizados são os gráficos da média $\bar{x}$ e da amplitude R . Eles são utilizados quando a característica da qualidade de interesse é expressa por um número em uma escala contínua de medida.

O gráfico da média $\bar{x}$ é utilizado para controlar a média do processo e o gráfico da amplitude R é empregado para o controle da variabilidade do processo considerado. O ideal é que os dois gráficos sejam utilizados em conjunto.

Para determinação dos limites superior e inferior de controle, deve-se utilizar conceitos estatísticos. Supondo que a característica da qualidade (x) tenha distribuição normal com média μ e desvio padrão σ :

$$x \sim N(\mu, \sigma)$$

Sendo $x_1, x_2, \dots, x_n$ uma amostra de tamanho n desta distribuição, sabe-se que a média amostral $\bar{x} = (x_1 + x_2 + \dots + x_n)/n$ tem distribuição normal com média μ e desvio padrão $\sigma_{\bar{x}} = \sigma/\sqrt{n}$:

$$\bar{x} \sim N\left(\mu, \frac{\sigma}{\sqrt{n}}\right) = N(\mu, \sigma_{\bar{x}})$$

Pelas propriedades da distribuição normal, sabemos que existe uma probabilidade igual a $1 - \alpha$ da média amostral $\bar{x}$ estar entre

$$\mu \pm z_{\alpha/2} \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

$$\mu - z_{\alpha/2} \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

Caso μ e σ sejam conhecidos, essas equações determinam os limites superior e inferior de controle de gráfico de controle para a média $\bar{x}$.

Normalmente é utilizado o sistema chamado 3σ , onde $z_{\alpha/2} = 3$. De acordo com os conceitos estatísticos se $\bar{x} \sim N\left(\mu, \frac{\sigma}{\sqrt{n}}\right)$, então 99,73% das observações de $\bar{x}$ estarão no intervalo $\mu \pm 3\sigma/\sqrt{n}$.

Com a utilização desse sistema 3σ , a probabilidade de um ponto estar fora dos limites é muito baixa (0,27%), o que significa que a ocorrência de um ponto fora deste intervalo, é uma indicação de que causas especiais de variação estão atuando nesse processo, ou seja, o processo está fora de controle e deve-se interferir para encontrar as causas especiais e eliminá-las.

Esses conceitos estatísticos possuem certo grau de complexidade, o que pode dificultar a sua utilização por todos, porém existem softwares estatísticos que podem ser utilizados para que se calcule os limites e a média, e para se traçar o gráfico.

2.4 INTEGRAÇÃO DAS SETE FERRAMENTAS BÁSICAS DA QUALIDADE AO PDCA

Considerando as fases de cada etapa do PDCA detalhadas nas Figuras 2.4 e 2.5, pode-se fazer uma integração das Sete Ferramentas Básicas da Qualidade ao PDCA.

No Ciclo PDCA para Melhoria, conforme descrito na Figura 2.4, a etapa **P** possui as fases denominadas: “Problema”, “Observação”, “Análise” e “Plano de Ação”.

Segundo Aguiar (2006), nesta primeira fase (“problema”) deve-se definir claramente o problema relacionado à meta, reconhecer a importância desse problema e o custo benéfico da sua solução. Ou seja, nesta fase deve-se verificar se a meta proposta é a mais viável para esse problema. Nesta fase, Werkema (1995) aponta como possíveis ferramentas básicas da qualidade a serem utilizadas:

- Folha de Verificação: ela é utilizada para a coleta de dados para identificação da meta de melhoria.
- Gráfico de Pareto: ele é utilizado para que se realize uma priorização de temas e para se estabelecer metas numéricas viáveis de serem alcançadas.
- Histograma: ele pode ser utilizado para que se visualize dados históricos que podem apontar uma meta a ser buscada.
- Gráfico de Controle: ele permite a visualização do nível de variabilidade natural do processo, o que pode dar origem a uma meta.

Na segunda fase (“observação”), Aguiar (2006) afirma que é fase utilizada para conhecer profundamente o problema e desdobrá-lo em problemas mais simples, de maneira que fique mais fácil de reconhecê-los.

Nesta segunda fase, Werkema (1995) aponta as seguintes ferramentas básicas que podem ser utilizadas:

- Estratificação: ela é utilizada para se subdividir as informações de forma detalhada para facilitar a identificação de onde estão os problemas.
- Folha de Verificação: ela deve ser utilizada para se coletar dados para a estratificação.
- Gráfico de Pareto: ele pode ser utilizado para dispor de forma visual as informações estratificadas.
- Histograma: ele é utilizado para processar as informações de maneira para poder verificar se o problema está relacionado com a localização do valor médio, ou à variabilidade dos resultados do processo.

Segundo Aguiar (2006), na terceira fase (“análise”) é onde deve-se procurar as causas dos problemas identificados, e para Werkema (1995) as ferramentas que podem ser utilizadas são:

- Diagrama de Causa e Efeito: utilizado exatamente para identificação das possíveis causas dos problemas.

- Gráfico de Pareto: com as possíveis causas identificadas, utiliza-se o Gráfico de Pareto para se visualizar as principais que deverão ser eliminadas para que a meta possa ser atingida.
- Histograma: ele é utilizado para processar as informações para que seja possível avaliar como as causas afetam a locação e a dispersão dos resultados.
- Diagrama de Dispersão: ele pode ser utilizado para visualizar o tipo de relacionamento existente entre o problema e cada causa identificada, ou para visualizar algum possível relacionamento entre duas causas prováveis identificadas.
- Gráfico de Controle: como é possível visualizar configurações especiais no gráfico, ele pode apontar prováveis causas.

Na quarta e última fase da etapa **P** (“plano de ação”), Werkema (1995) afirma que nessa fase é concebido um plano que se bloqueie as causas principais identificadas na fase anterior. Ela afirma que as conclusões obtidas na fase anterior devem ser sempre lembradas durante a elaboração da estratégia de ação.

Na única fase da etapa **D**, (“execução”), é onde o plano de ação estabelecido na etapa **P** deve ser colocado em prática e Werkema (1995) cita o Gráfico de Controle como única ferramenta básica para se utilizar, ele permite a visualização da efetividade das ações para eliminação das causas identificadas.

Na etapa **C**, Aguiar (2006) afirma que é onde se avalia o atendimento da meta por meio das medidas propostas, para isso são utilizados os dados da etapa **D**. Nessa fase Werkema (1995) afirma ser possível utilizar as seguintes ferramentas:

- Gráfico de Pareto: ele pode ser utilizado para se comparar com os gráficos feitos antes das melhorias, para verificar como os resultados variaram.
- Histograma: ele pode ser utilizado uma vez que ele processa e dispõe informações a respeito da forma, da locação e da dispersão da distribuição dos resultados gerados pelas ações, verificando se essas ações foram efetivas.

- Gráfico de Controle: ele pode ser utilizado para visualizar se as medidas fizeram com que o processo se tornasse estável.

Caso a meta não tenha sido atingida, Aguiar (2006) afirma que deve-se retornar para a fase “observação”, obter mais conhecimento do problema e descobrir as causas que impediram o alcance da meta. Caso a meta tenha sido atingida, deve-se seguir para a etapa **A**.

Nesta última etapa, Aguiar (2006) afirma que é onde será determinado como será mantido os bons resultados obtidos, para isso deve-se priorizar as atividades de padronização do processo e treinamento. Nessa etapa existem duas fases, na primeira fase (“padronização”) busca-se evitar o reaparecimento do problema, criando instruções operacionais e treinamento dos envolvidos no processo. Werkema (1995) aponta a Folha de Verificação como sendo a ferramenta básica a ser utilizada nessa fase. Segundo ela, a Folha de Verificação é útil para coletar informações para serem utilizadas na verificação da utilização do padrão estabelecido. Ela afirma ainda que na segunda fase (“conclusões”) deve-se recapitular todo o processo de solução do problema e planejar o trabalho futuro. Deve-se também listar os problemas remanescentes e planejar as soluções dos mesmos. As ferramentas que podem ser utilizadas são:

- Gráfico de Pareto: ele é utilizado para tornar evidente a priorização dos problemas remanescentes.
- Gráfico de Controle: a sua utilização permite que os resultados indesejáveis remanescentes sejam isolados das anomalias provocadas por causas especiais de variação para que sejam tomadas ações.
- Histograma: ele é utilizado para se visualizar os resultados obtidos abaixo ou acima do esperado, os quais são importantes para melhorar a eficiência nos próximos trabalhos.

Quando encerra-se o PDCA para melhoria e se estabelece um novo padrão, deve-se passar a utilizar o PDCA para manutenção dos resultados.

Na primeira etapa do Ciclo PDCA para Manter Resultados, etapa **P** (ou **S**), não existem ferramentas a serem utilizadas, pois as metas e os procedimentos operacionais já foram estabelecidos previamente.

Na etapa **D**, Aguiar (2006) afirma que são seguidos os Procedimentos Operacionais Padrão para se produzir e coletar dados sobre o processo e o produto que serão processadas na próxima fase. Werkema (1995) aponta as seguintes ferramentas para serem aplicadas nessa fase:

- Gráfico de Controle: ele permite a visualização da efetividade das ações para eliminação das causas identificadas.
- Folha de Verificação: é útil para coletar informações para serem utilizadas na verificação da utilização do padrão estabelecido.

Na etapa **C** utiliza-se as informações coletadas na etapa anterior para se obter conhecimento a respeito da efetividade dos Procedimentos Operacionais Padrão implementados. Aguiar afirma que deve-se analisar a estabilidade e a capacidade dos processos e o alcance das metas verificado. Nessa fase Werkema (1995) aponta as seguintes ferramentas para serem utilizadas:

- Histograma: sua utilização permite processar e dispor as informações para avaliar se a meta está sendo atingida.
- Gráfico de Controle: ele pode ser utilizado para processar e dispor informações para avaliar se o processo está estável, apresentando um comportamento previsível em consequência do cumprimento do padrão.

Na última etapa, **A**, Aguiar (2006) afirma que se a ineficiência dos padrões for detectada na etapa anterior, deve-se realizar uma ação corretiva. A efetividade dessa ação depende das informações coletadas na execução do processo, que foram processadas durante a fase de verificação e de ação corretiva. Werkema (1995) cita as seguintes ferramentas para serem utilizadas nessa fase:

- Diagrama de Causa e Efeito: ele pode ser utilizado para se avaliar a relação entre a anomalia detectada (efeito) e os fatores (causas) do processo que possam ter causado a anomalia.
- Diagrama de Dispersão: ele pode ser utilizado para visualizar o tipo de relacionamento existente entre a anomalia encontrada e cada causa mais provável que tenha sido identificada.
- Histograma: as informações processadas e dispostas permitem a avaliação dos motivos que os Procedimentos Operacionais Padrão não estão sendo efetivos.
- Gráfico de Controle: pode ser utilizado para a visualização imediata da ocorrência de alguma anomalia para então ser analisada.

3 METODOLOGIA APLICADA

A metodologia utilizada nesse trabalho foi o estudo de caso, que segundo Ponte (1994) é um tipo de pesquisa com um forte cunho descritivo, onde o investigador não pretende intervir sobre a situação mas sim relatá-la da maneira como ela ocorre, utilizando-se de uma literal dos fatos.

Um estudo de caso é uma investigação de natureza empírica. Baseia-se fortemente no trabalho de campo. Estuda uma dada entidade no seu contexto real, tirando toda o partido possível de fontes múltiplas de evidência como entrevistas, observações, documentos e artefactos. (YIN, 1984).

Yin afirma que um estudo de caso pode ser:

- exploratório
- descritivo
- explanatório (causal)

Segundo ele a estratégia de pesquisa depende do tipo de questão da pesquisa; grau de controle que o investigador tem sobre os eventos; ou o foco temporal (eventos contemporâneos X fenômenos históricos).

Para isso, Martins (2002) afirma que um estudo de caso não tem que ser meramente descritivo, ele pode ter um profundo alcance analítico, interrogar a situação, confrontar a situação com outras já conhecidas e com as teorias existentes, ajudar a gerar novas teorias e novas questões para futura investigação.

Yin (1984) aponta as seguintes aplicações do estudo de caso:

- Explicar ligações causais em intervenções ou situações da vida real que são complexas demais para tratamento através de estratégias experimentais ou de levantamento de dados;
- Descrever um contexto de vida real no qual uma intervenção ocorreu;
- Avaliar uma intervenção em curso e modificá-la com base em um Estudo de Caso ilustrativo;

- Explorar aquelas situações nas quais a intervenção não tem clareza no conjunto de resultados.

Ele afirma ainda que a tendência central de todos os tipos de Estudo de Caso é tentar esclarecer uma decisão ou um conjunto de decisões:

- Por que elas foram tomadas?
- Como elas foram implementadas?
- Quais os resultados alcançados?

Essas perguntas que buscou-se responder ao se aplicar o estudo de caso:

- Por que as ferramentas foram escolhidas?
- Como elas foram utilizadas?
- Quais os resultados do uso dessas ferramentas?

Ventura (2007) aponta a possibilidade da definição de quatro fases relacionadas no delineamento do estudo de caso como metodologia de investigação:

- Delimitação da unidade-caso
- Coleta de dados
- Seleção
- Análise e interpretação dos dados
- Elaboração do relatório do caso

Essas fases foram seguidas para a condução do estudo de caso, primeiramente foram definidas as unidade-casos, em seguida foram coletados os dados. Mais tarde foram selecionados os dados mais relevantes, os quais foram analisados e interpretados e por último elaborado um relatório dessas observações.

4 ESTUDO DE CASO

4.1 DESCRIÇÃO DA EMPRESA

Esse estudo foi realizado em uma empresa de autopeças, fornecedora de rodas de aço para veículos comerciais leves, fornecendo produtos originais e para o mercado de reposição. O estudo foi feito na planta produtiva da empresa localizada na cidade de Limeira, São Paulo.

A empresa conta, na planta em questão, com aproximadamente 1.100 funcionários, ou seja, é uma empresa de grande porte e que possui uma capacidade produtiva em torno de 51.000 rodas por dia.

Os processos produtivos da empresa são, em linhas gerais:

- Corte;
- Laminação;
- Estampagem;
- Montagem; e
- Pintura.

No corte, existem duas etapas, a primeira que consiste no corte das bobinas de aço em rolos com larguras menores, e a segunda que consiste no corte desses rolos em *blanks* de discos e *blanks* de aros.

Os *blanks* de discos seguem do corte para a estampagem, onde os discos são moldados e são abertas as janelas de ventilação. Já os *blanks* de aros seguem do corte para a laminação, onde os aros são soldados, laminados e é aberto o furo para colocação da válvula do pneu.

Posteriormente os discos e aros prontos seguem para a área de montagem onde eles são montados e soldados, e então seguem para a área de pintura onde as rodas já montadas recebem o acabamento final de acordo com os requisitos de cada cliente.

A empresa possui as certificações ISO 9001, QS-9000, VDA-6.1, ISO 14001 e ISO TS 16.949.

Na empresa a área de Melhoria Contínua está integrada à área de Qualidade e Meio Ambiente. Sua estrutura organizacional é composta por um diretor e uma gerente de Qualidade, Meio Ambiente e Melhoria Contínua, um *Master Black Belt*, dois analistas e dois estagiários de Melhoria Contínua.

Pôde-se observar que a empresa possui uma cultura de melhoria contínua muito forte, sendo que possui equipes de melhoria contínua em todas as áreas e níveis, as quais se reúnem semanalmente para discussão de indicadores e identificação de melhorias.

Além dessas equipes formadas por funcionários de uma mesma área, existem equipes de melhoria contínua que são formadas por funcionários de mais setores envolvidos no processo, que são chamadas de multifuncionais. Essas equipes são formadas para resolverem problemas específicos que envolvem várias áreas de conhecimento, sendo que possuem um prazo determinado para encerrarem as atividades de acordo com um cronograma definido no início das atividades das equipes.

4.2 DESCRIÇÃO DO ESTUDO DE CASO

O estudo de caso foi realizado com uma equipe de melhoria contínua multifuncional que foi montada para reduzir o índice de retrabalho e sucata por defeitos provenientes do subprocesso da “Solda Topo”. Esse subprocesso faz parte do processo de laminação e consiste em soldar as pontas do *blank*¹ de aro após ele ser calandrado². Em alguns momentos Solda Topo será referenciada apenas como “ST”, que é a abreviação utilizada pela empresa.

Os dados foram coletados através de participação nas reuniões semanais da equipe.

A meta da equipe era reduzir em 25% o índice de PPM³ por defeitos relacionados com a “Solda Topo”. Os possíveis defeitos e seus respectivos códigos internos são:

¹ *Blank* é como são denominadas as chapas de aço cortadas que virarão discos e aros.

² Calandragem é o processo utilizado para dar a forma de aro para os *blanks* enrolando a chapa.

³ PPM significa “Parte por milhão”. No caso estudado o número de defeituosos a cada um milhão de peças produzidas.

- Trinca e rachado na solda topo, I-07;
- Rebarba na solda topo, I-09;
- Defeitos na região da solda topo, I-10;
- Aros remontados, I-11; e
- Rachado fora da solda topo, I-12.

Esses defeitos são divididos na empresa em dois indicadores, um que engloba somente PPM de sucata e retrabalho dos defeitos I-07 e I-08, que é referenciado como: PPM de Trinca, Rachado e Vazamento na Solda Topo. O outro indicador engloba o PPM de sucata e retrabalho de todos os outros defeitos (I-09, I-10, I-11 e I-12) e é referenciado como: PPM por Defeitos na Solda Topo.

Como referência para coleta de dados no início dos trabalhos da equipe, foi considerada a média que o processo vinha apresentando de outubro de 2009 até abril de 2010. Esse período foi definido, pois em outubro de 2009 foi quando a rotina da empresa se normalizou devido ao fim da crise econômica, e foi em abril que começaram as atividades da equipe.

Esse subprocesso vinha apresentando índices de PPM por defeitos na Solda Topo (I-09, I-10, I-11 e I-12) de 1506,7, e índice de PPM por trinca, rachado e vazamento (I-07 e I-08) na Solda Topo de 934,4 conforme os Gráficos 4.1 e 4.2.

Com isso as metas da equipe eram reduzir o índice de PPM por defeitos de Solda Topo para 1130 e o índice de PPM por trinca, rachado, e vazamento para 700 (redução de 25%).

4.3 APLICAÇÃO DAS FERRAMENTAS

As duas primeiras ferramentas a serem utilizadas pela equipe foram a Folha de Verificação e a Estratificação. Essas ferramentas foram utilizadas na etapa **P** do Ciclo PDCA.

Como apresentado anteriormente, a Folha de Verificação é elaborada para que se colete dados necessários de uma maneira padronizada e específica para um determinado fim. O que a equipe fez foi elaborar uma Folha de Verificação para coletar dados para que fosse possível construir gráficos estratificados dos índices de PPM de sucata e de retrabalho.

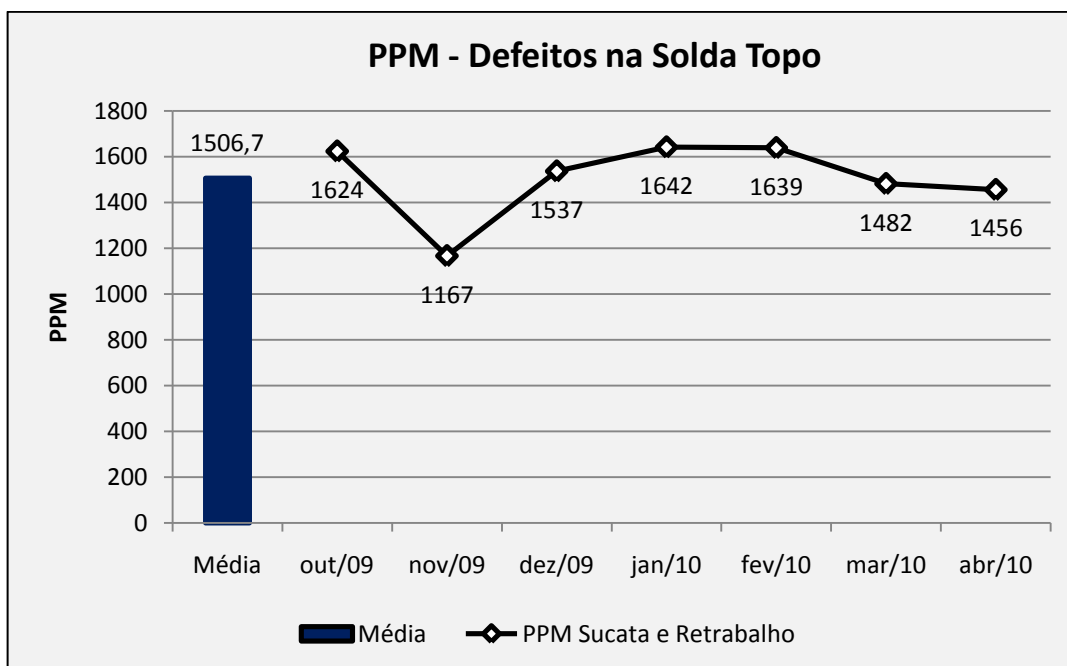


Gráfico 4.1 – Índices de PPM de defeitos na Solda Topo de out/09 à abr/10

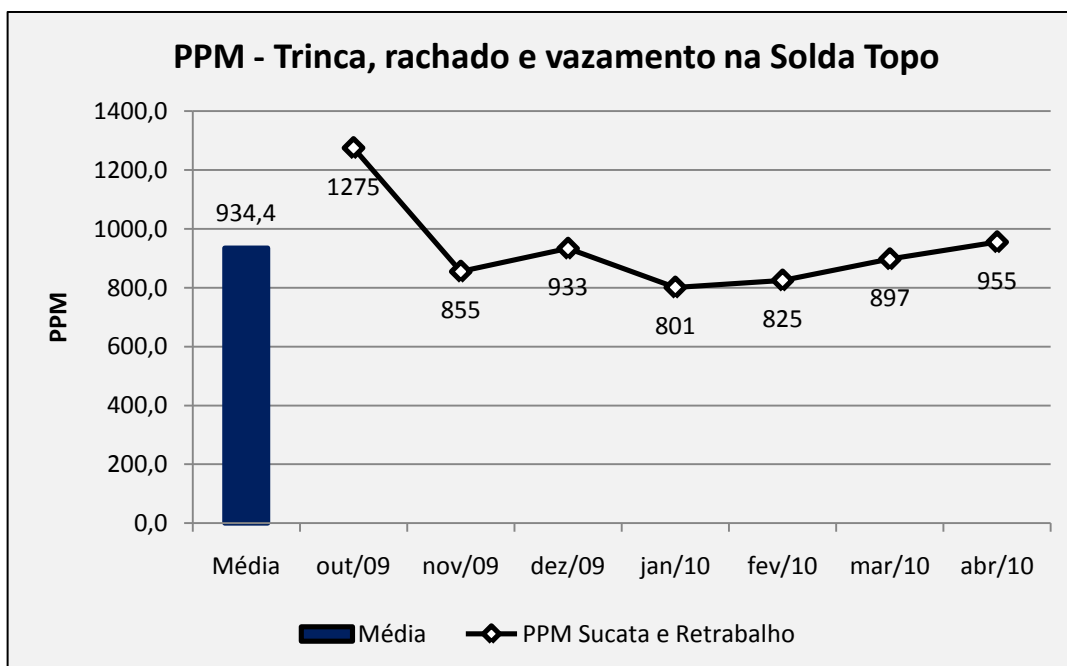


Gráfico 4.2 – Índices de PPM de Trinca, rachado e vazamento na Solda Topo de out/09 à abr/10

Foram elaboradas então folhas para se coletar a quantidade da ocorrência de cada defeito, por dia, em cada linha de cada turno e a ocorrência de cada defeito, também por dia, em cada máquina também em cada turno. Na Figura 4.1 podemos verificar um exemplo das folhas elaboradas pela equipe.

<u>Levantamento MA's de solda</u>							
1º Turno							
Linha 1							
Data	I07 Rachado na ST	I09 Rebarba na S.T.	I10 Defeitos na Região da S.T.	I11 S.T. Remontada	I12 Rachado Fora da S.T.	Total Produzido	PPM
01/04/2010	4	5		3	11	4116	5588
05/04/2010	2			3	9	2908	4814
06/04/2010	3					4429	677
07/04/2010	10			6	11	4688	5759
08/04/2010	2			3	2	5490	1275
09/04/2010	8			4	5	2501	6797
10/04/2010	5	1		3	6		#DIV/0!
12/04/2010	10	4		4	12	4394	6827
13/04/2010	7	2		4	5		#DIV/0!
14/04/2010	3			1		3928	1018
15/04/2010	1				4	6252	800
16/04/2010	9			5	6	3280	6098
19/04/2010	14			9	9	4514	7089
20/04/2010	6			1	7	5300	2642
22/04/2010	3	1		2	4	5500	1818
23/04/2010	2			5	2	1515	5941
26/04/2010	5			4		3804	2366
27/04/2010	2			1	2	5308	942
28/04/2010	5			8	2	5011	2993
29/04/2010	3			4		5097	1373
30/04/2010	6			3	3	2700	4444
	110	13	0	73	100	80735	2428
PPM por defeito	1362	161	0	904	1239		
DATA	PROBLEMA		AÇÃO		RESPONSÁVEL	STATUS	

Figura 4.1 – Folha de verificação dos defeitos da Linha 1 do 1º Turno por defeito

Com os dados coletados e já estratificados, foi então utilizada a segunda ferramenta, a Estratificação. O trabalho da equipe foi então apenas colocar os dados em gráficos que mostram a distribuição dos defeitos pelos turnos e pelas máquinas, conforme os Gráficos 4.3, 4.4, 4.5 e 4.6.

Com a observação desses gráficos, a equipe pôde verificar em quais máquinas e turnos se concentravam os problemas. Por exemplo, com a observação do Gráfico 4.3, pode-se notar que o problema I-11 (S.T. remontada) na linha 4, representa um PPM de sucata bem mais elevado em relação ao total de problemas na linha se comparado com as outras linhas, portanto deve-se procurar alguma causa raiz para esse fato.

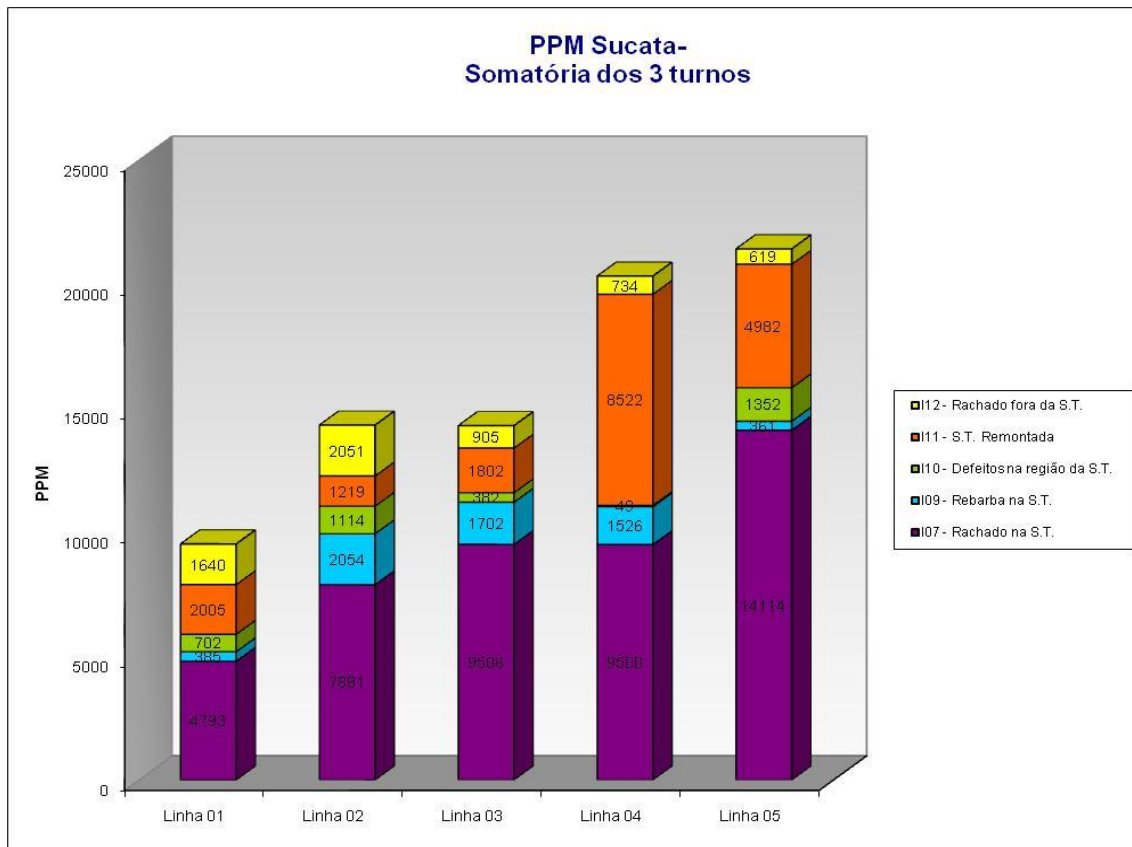


Gráfico 4.3 – PPM de sucata de cada linha estratificado por defeito

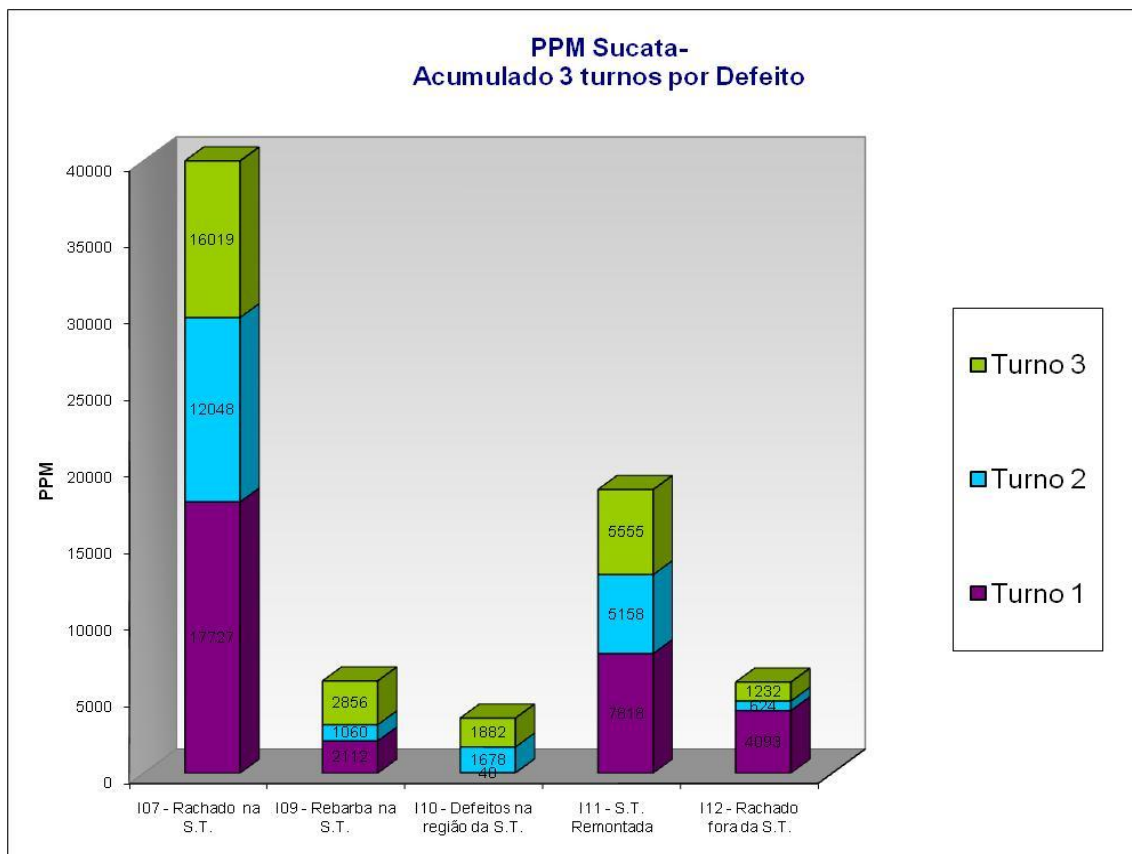


Gráfico 4.4 - PPM de sucata de cada defeito estratificado por turno

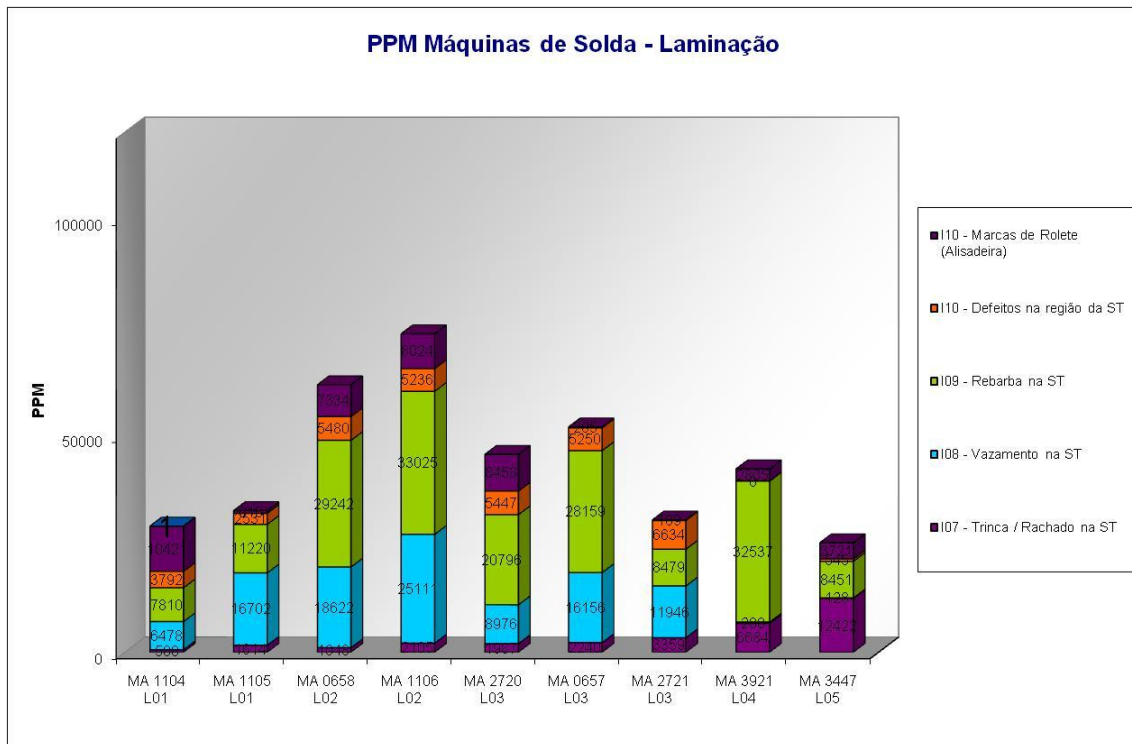


Gráfico 4.5 – PPM de retrabalho de cada máquina estratificado por defeito

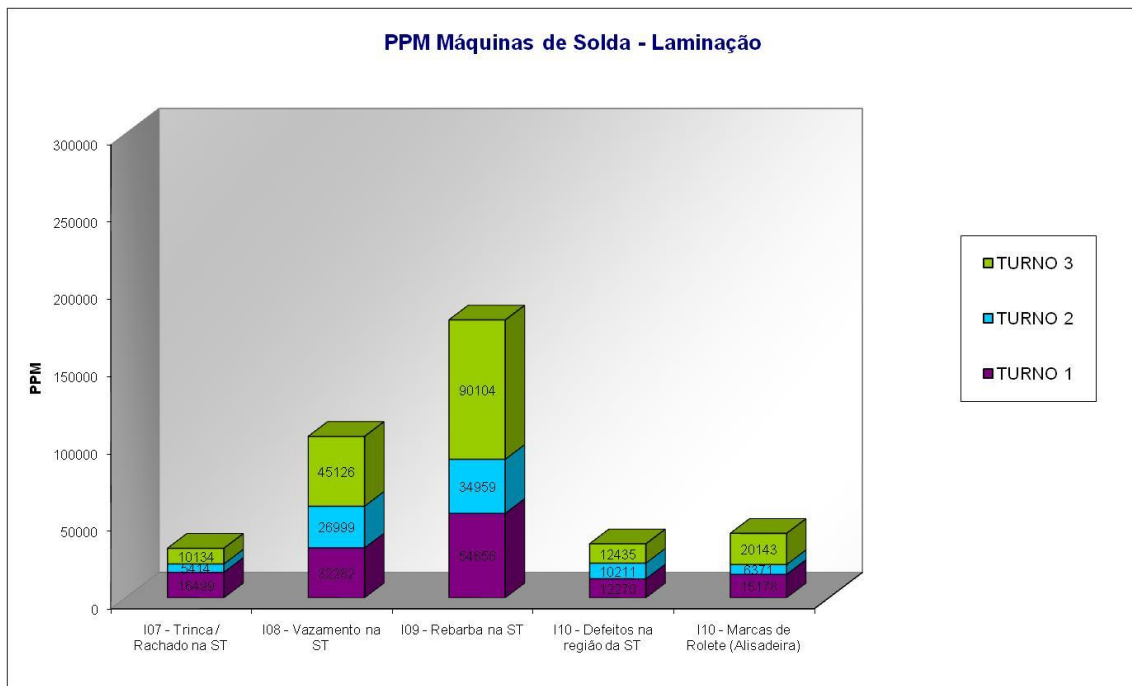


Gráfico 4.6 – PPM de retrabalho de cada defeito estratificado por turno

Essas folhas de verificação e a estratificação foram utilizadas pela equipe durante todo o período em que a equipe se reuniu para que fosse possível monitorar os resultados constantemente.

Em seguida a equipe construiu um gráfico de Pareto, ainda na etapa **P** do Ciclo PDCA, para que fossem identificados os principais defeitos que foram encontrados no período em questão (out/09 a abr/10). O Gráfico 4.7 apresenta o gráfico de Pareto construído pela equipe.

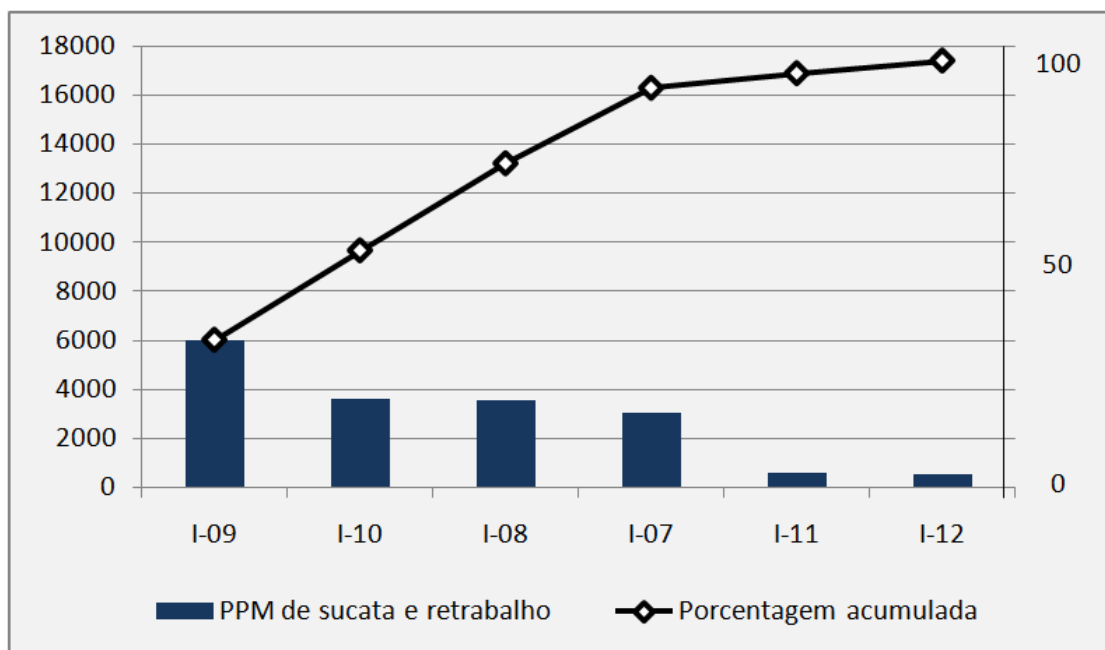


Gráfico 4.7 – Gráfico de Pareto para defeitos relacionados à Solda Topo (out/09 à abr/10)

A equipe passou então a construir gráficos de Pareto mensalmente para acompanhamento dos principais defeitos. Nesse caso, a etapa **C** do Ciclo PDCA. No mês de maio foi constatado que a principal defeito que contribuiu para o índice total de PPM de retrabalho e sucata foi o I-07 (trinca e rachado na solda topo). O Gráfico 4.8 apresenta o gráfico de Pareto construído pela equipe referente ao mês de maio.

Como as soluções para o problema I-07 não foram efetivas, a equipe voltou para etapa **P**, decidiu utilizar o Diagrama de Causa e Efeito para tentar encontrar a o que estava causando esse defeito, que nesse mês representou mais de um terço do total dos defeitos. O diagrama feito pela equipe está representado pela Figura 4.2.

Algumas possíveis causas foram levantadas e ações foram determinadas e realizadas para que essas causas fossem eliminadas.

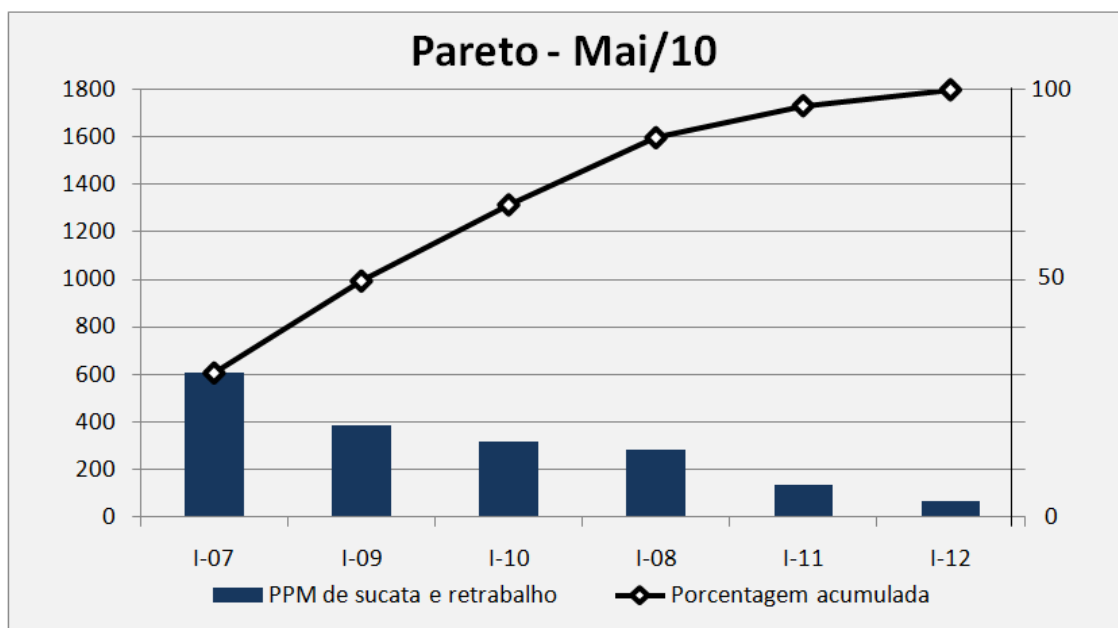


Gráfico 4.8 – Gráfico de Pareto para defeitos relacionados à Solda Topo (mai/10)

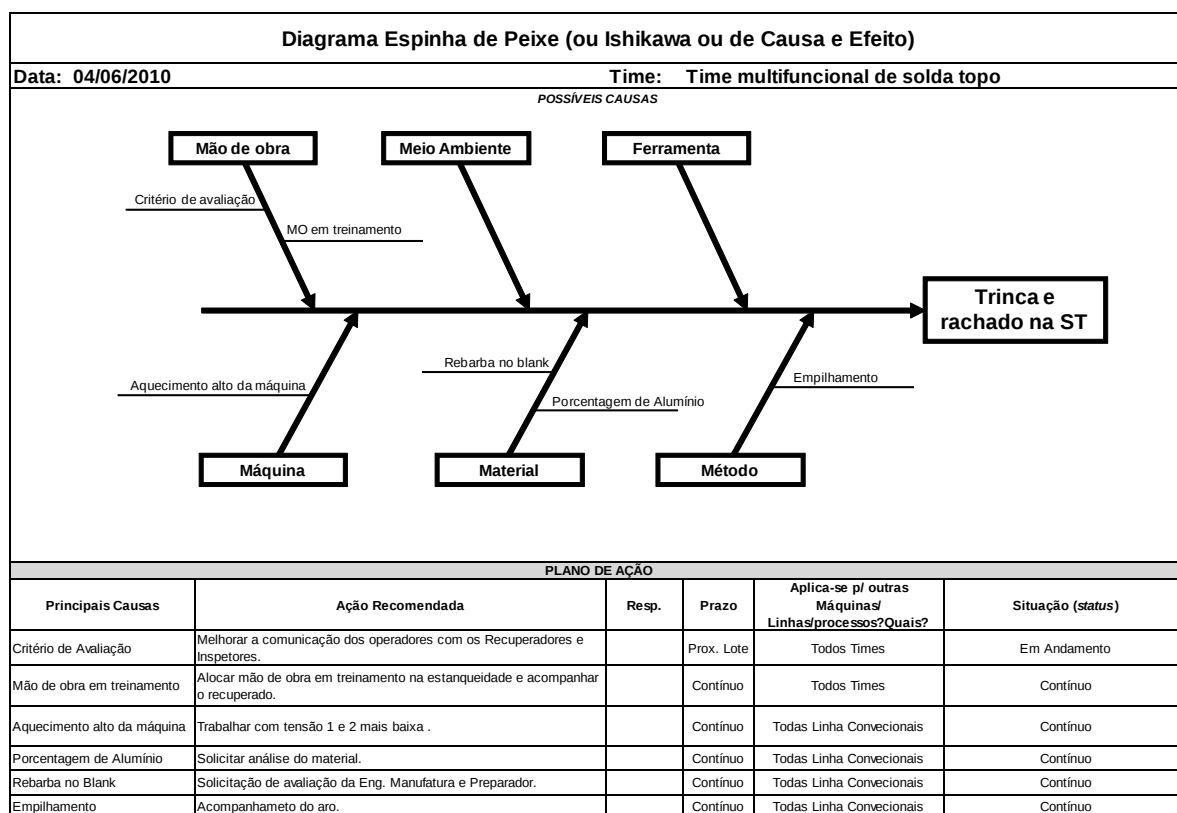


Figura 4.2 – Diagrama de Causa e Efeito para “Trinca e Rachado” (I-07) na Solda Topo.

Já no desempenho de maio a equipe conseguiu atingir a meta estabelecida para o indicador de PPM por defeitos na solda topo, e em junho conseguiu atingir a meta para o índice de PPM de trinca, rachado e vazamento na solda topo. Com os índices já em um patamar considerado bom, a equipe decidiu então a partir de setembro passar a adotar a utilização de gráficos de controle da média $\bar{x}$ para acompanhar a variação da média mensal os índices de PPM, etapa **C** do Ciclo PDCA.

A equipe passou a monitorar com os dados a partir de maio para defeitos da solda topo e a partir de junho para trinca, rachado e vazamento na solda topo. A equipe construiu o gráfico com auxílio de um software estatístico, o Minitab®, e os gráficos atualizados com os valores até outubro estão representados nos Gráficos 4.9 e 4.10.

A equipe não utilizou ainda o gráfico de amplitude R devido à baixa quantidade de dados disponíveis até o momento, o que torna fácil a visualização da variabilidade, porém em breve a equipe passará a utilizar os gráficos de R para monitorar a variabilidade do processo.

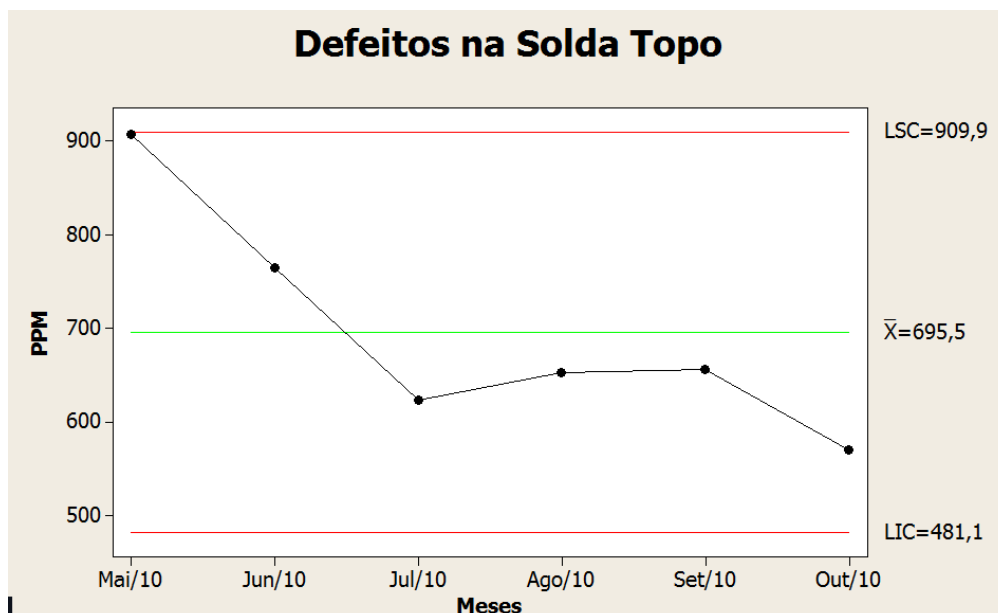


Gráfico 4.9 – Gráfico de controle da média $\bar{x}$ para defeitos na Solda Topo

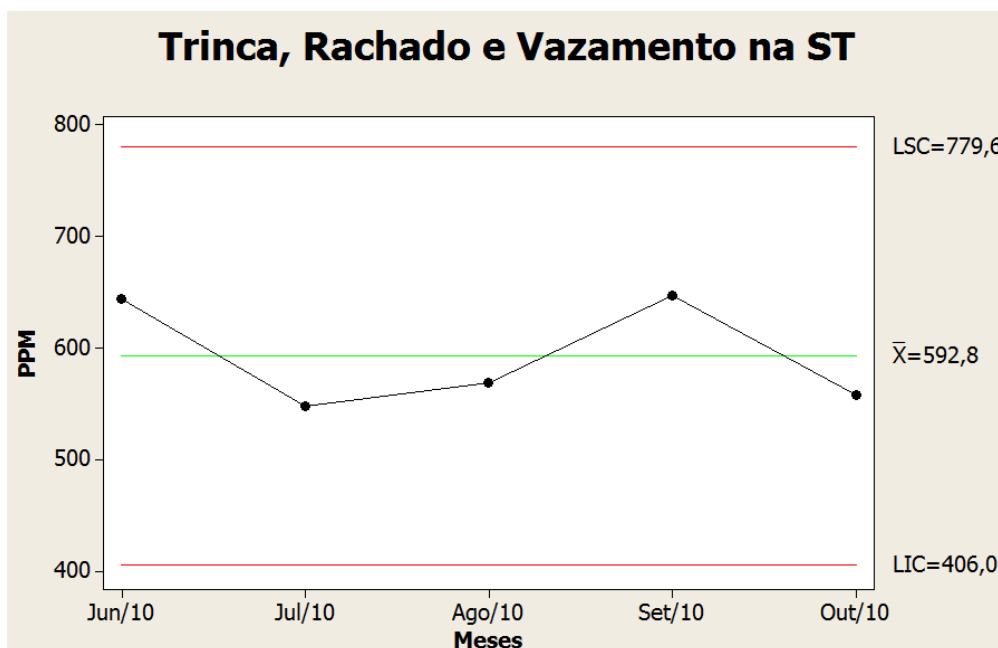


Gráfico 4.10 – Gráfico de controle da média $\bar{x}$ para defeitos de trinca, rachado e vazamento na Solda Topo

A equipe não chegou a utilizar duas das sete ferramentas básicas da qualidade, o Diagrama de Dispersão e o Histograma. Como visto no capítulo 4, o Diagrama de Dispersão é utilizado para avaliar a correlação de fatores, e nesse caso não houve a necessidade de se realizar essa avaliação já que algumas dúvidas levantadas nesse sentido já tinham a resposta fundamentada em dados históricos, como por exemplo, a influência da porcentagem de alumínio encontrada no aço com o índice de PPM de sucata e retrabalho, de acordo com estudos prévios, eles possuem forte correlação positiva. Já o Histograma não chegou a ser utilizado pois a quantidade de dados era muito pequena, o que diminuiria a eficiência do histograma, e foi utilizado o gráfico de controle para que fosse avaliado se o processo estava ou não em controle estatístico.

4.4 RESULTADOS OBTIDOS

Os resultados apresentados pela equipe foram muito rápidos e eficientes. Como pode-se verificar nos Gráficos 4.11 e 4.12, os índices abaixaram mais do que o planejado pela equipe. A média dos índices de PPM por defeitos na Solda Topo abaixaram de 1506,7 para 695,5, uma redução de 53,8%. A média dos índices de

PPM por trinca, rachado e vazamento na Solda Topo abaixaram de 934,4 para 615,8, uma redução de 34,1%. Já a média dos índices de PPM total de sucata e retrabalho por defeitos relacionados com a Solda Topo baixaram de 2441,1 para 1311,3, uma redução de 46,3%.

O programado pela equipe é encerrar as reuniões semanais no início de dezembro desse ano, porém o acompanhamento das melhorias implementadas continuará.

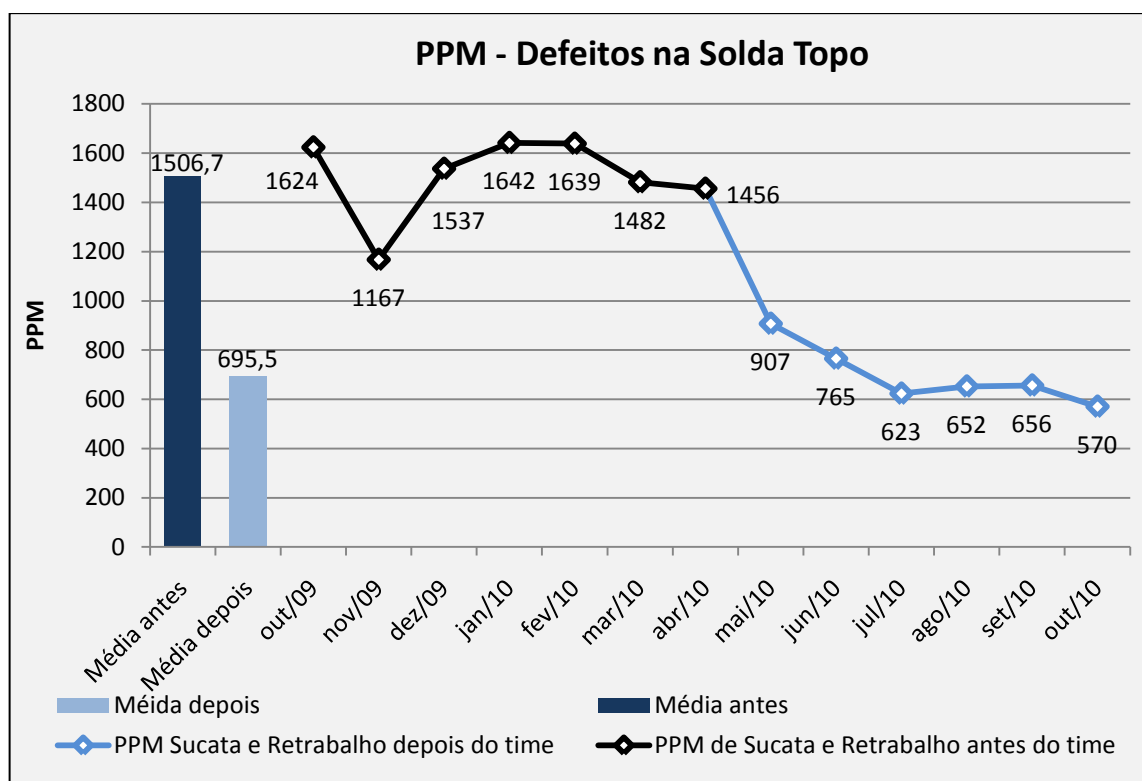


Gráfico 4.11 – Índices de PPM de defeitos na Solda Topo de out/09 à out/10

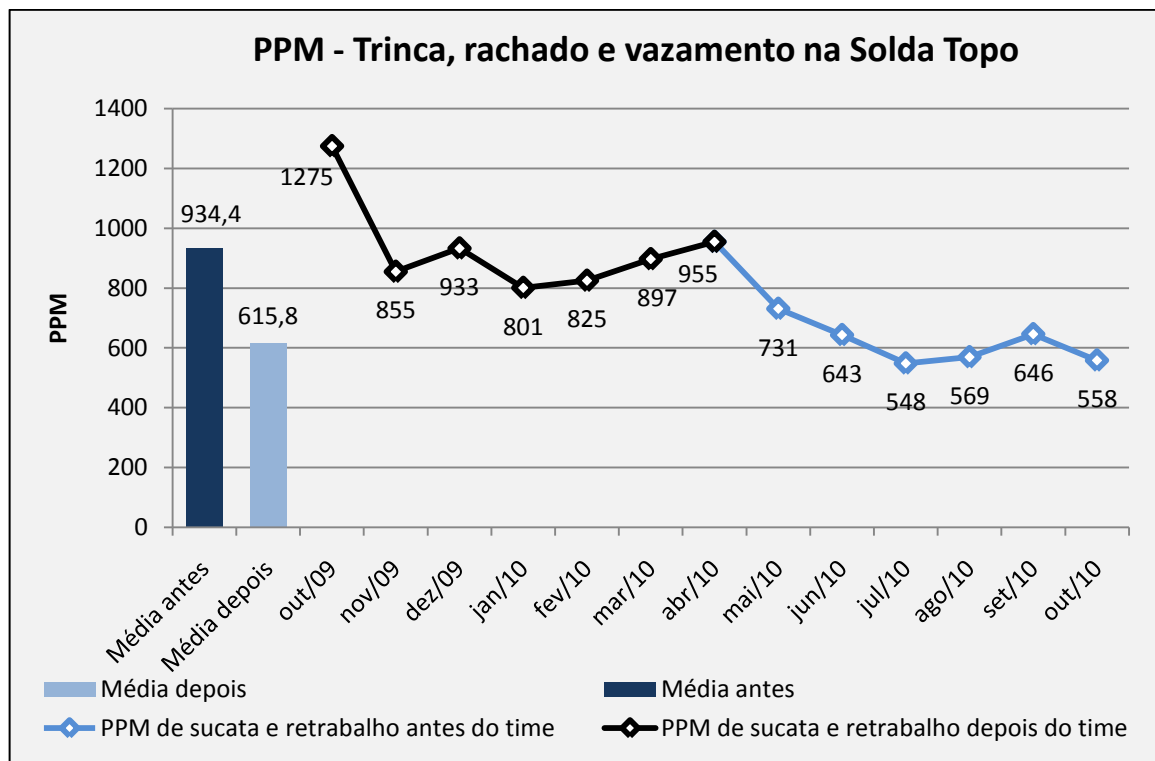


Gráfico 4.12 – Índices de PPM de Trinca, rachado e vazamento na Solda Topo de out/09 à out/10

5 CONCLUSÃO

Neste trabalho foi apresentada a importância de se melhorar continuamente os processos e produtos de uma organização, de uma forma global, para que os produtos tenham alta qualidade e possam ser competitivos no mercado.

O trabalho apresentou uma revisão bibliográfica onde ficou evidente essa importância da melhoria contínua e o meio de se atingir o melhoramento constante desejado. Ainda na revisão bibliográfica, foi apresentado o meio para que esse melhoramento seja facilitado, o uso de um método e ferramentas.

O método apresentado é o Ciclo PDCA (Planejar, Executar, Verificar e Agir) e as ferramentas são as Sete Ferramentas Básicas da Qualidade (Estratificação, Folha de Verificação, Gráfico de Pareto, Diagrama de Causa e Efeito, Histograma, Diagrama de Dispersão e Gráfico de Controle).

O Ciclo PDCA aponta etapas a serem seguidas para que se possa identificar possíveis problemas, priorizá-los, buscar soluções e padronizar os processos melhorados.

Em cada etapa do Ciclo PDCA alguns passos devem ser seguidos e existem ferramentas que ajudam nesta execução. Na revisão bibliográfica foram apresentadas em quais etapas do ciclo cada uma das Sete Ferramentas Básicas da Qualidade podem ser utilizadas.

Em seguida foram descritas detalhadamente cada uma das Sete Ferramentas Básicas da Qualidade e as suas aplicações. Foram apresentados os passos a serem seguidos e um exemplo de cada uma delas, para facilitar a sua utilização.

Esse método e essas ferramentas são elementos simples que permitem a utilização dos mesmos por quaisquer pessoas da organização, o que possibilita que a cultura da melhoria contínua seja implementada em todos os níveis organizacionais e operacionais. Apesar da simplicidade, eles são eficientes, permitindo que se atinja bons resultados.

Após a conceituação das Sete Ferramentas Básicas da Qualidade foi apresentada a empresa onde foi realizado o estudo e descrito o caso.

O caso concreto apresentou a utilização de cinco das sete ferramentas descritas neste trabalho. Apesar de não terem sido utilizadas todas as sete ferramentas, o estudo mostrou que elas podem ser muito úteis no gerenciamento da

melhoria contínua. Os resultados mostraram uma melhora significativa no desempenho, bem superior à meta estabelecida no início dos trabalhos da equipe.

Com isso pode-se concluir que a melhoria contínua é um processo essencial dentro de qualquer organização que requer comprometimento de todos, porém, não exige grandes conhecimentos técnicos para que possa ser realizada. Elementos simples e eficientes foram apresentados neste trabalho e demonstrando que é possível a todas as organizações sua aplicação obtendo ótimos resultados.

6 REFERÊNCIAS

AGOSTINETTO, J. S. **Sistematização do processo de desenvolvimento de produtos, melhoria contínua e desempenho: o caso de uma empresa de autopeças.** 2006. 121 p. Dissertação (Mestrado), Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.

AGUIAR, S. **Integração das Ferramentas da Qualidade ao PDCA e ao programa de Seis Sigma.** Nova Lima: INDG Tecnologia e Serviços Ltda, 2006.

BECKETT, A. J.; WAINWRIGHT, C. E. R.; BANCE, D. Implementing an industrial continuous improvement system: a knowledge management case study. **Industrial Management & Data Systems.** V. 100, n. 7, p. 330-338, 2000.

BRANDÃO JÚNIOR, C. **O pioneiro esquecido: Taylor e a gestão da Qualidade nas empresas.** Out. 2009. Disponível em: <<http://administradores.com.br/informe-se/producao-academica/o-pioneiro-esquecido-taylor-e-a-gestao-da-qualidade-nas-empresas/2337/download/>> Acesso em: 28 Jun. 2010.

CAMPOS, V. F. **Gerenciamento da Rotina do Trabalho do Dia-a-dia.** Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, Universidade Federal de Minas Gerais, 1994.

CARPINETTI, L. C. R. **Gestão da Qualidade: conceitos e técnicas.** São Paulo: Atlas, 2010.

CHIAVENATO, I. **Administração dos Novos Tempos.** Rio de Janeiro: Campus, 1999.

GONZALEZ, R. V. D. **Análise exploratória da prática da melhoria contínua em empresas fornecedoras do setor automobilístico e de bens de capital certificadas pela norma ISO 9001:2000.** 2006. 213 p. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2006.

ISHIKAWA, K. **Guide to Quality Control.** Tokyo: Asian Productivity Organization, 1982.

JAGER, B.; MINNIE, C.; JAGER, J.; WELGEMOED, M.; BESSANT, J.; FRANCIS, D. Enabling continuous improvement: a case study of implementation. **Journal of Manufacturing technology Management.** V. 15, n. 4, p. 315-324, 2004.

JURAN, J. M. **Juran na liderança pela qualidade.** São Paulo: Editora Pioneira, 1990.

MARTINS, M. A. H. **Metodologia da Pesquisa.** Dez. 2002. Disponível em: <<http://mariaalicehof5.vilabol.uol.com.br/>> Acesso em: 2 Dez. 2010.

MESQUITA, M.; ALLIPRANDINI, D. H. **Competências essenciais para melhoria contínua na produção: estudo de caso em empresas da indústria de autopeças**. Gestão & Produção, v.10 n.1, PP. 17-33, São Carlos, UFSCar, 2003.

MOURA, L. R. **Qualidade simplesmente total**: uma abordagem simples e prática da gestão da qualidade. Rio de Janeiro: Editora Qualitymark, 1997.

POIRIER, C.C.; HOUSER, W. F. **Business Partnering for Continuous Improvement**. San Francisco: Berrett-Koehler Publishers, 1993.

PONTE, J. P. **O estudo de caso na investigação em educação matemática**. Quadrante, 3(1), 3-18. 1994. Disponível em: <[http://www.educ.fc.ul.pt/docentes/jponte/docs-pt%5C94-Ponte\(Quadrante-Estudo%20caso\).pdf](http://www.educ.fc.ul.pt/docentes/jponte/docs-pt%5C94-Ponte(Quadrante-Estudo%20caso).pdf)> Acesso em: 2 Dez. 2010.

SLACK, N. et al. **Administração da produção**. São Paulo: Atlas, 1997.

VENTURA, M. M. **O Estudo de Caso como Modalidade de Pesquisa**. Revista da SOCERJ, Rio de Janeiro, v. 20, n. 05, art. 10, p. 383-386, 2007.

WERKEMA, M. C. C. **As Ferramentas da Qualidade no Gerenciamento de Processos**. Belo Horizonte: Editora de Desenvolvimento Gerencial, 1995.

_____. **Ferramentas estatísticas básicas para o gerenciamento de processos**. Belo Horizonte: Werkema Editora Ltda, 2006.

YIN, R. K. **Case Study Research: design and methods**. 1984. Tradução de: Prof. Ricardo Lopes Pinto. Adaptação de: Prof. Gilberto de Andrade Martins. Disponível em: <http://www.focca.com.br/cac/textocac/Estudo_Caso.htm> Acesso em: 2 Dez. 2010.